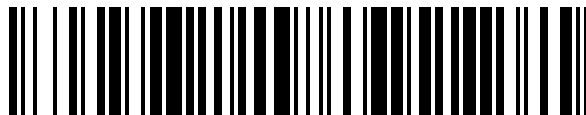


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 286 330**

21 Número de solicitud: 202131560

51 Int. Cl.:

G06Q 50/30

(2012.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

29.10.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.02.2022

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT D'ALACANT / UNIVERSIDAD DE
ALICANTE (100.0%)**

**Edificio Torre de Control. Crta. San Vicente del
Raspeig, s/n**

03690 SAN VICENTE DEL RASPEIG (Alicante) ES

72 Inventor/es:

GILART IGLESIAS, Virgilio;

MORA MORA, Higinio;

GARCÍA BARBA, Javier y

ARAGONÉS POMARES, Luis

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MEDIOS DE TRANSPORTE ABIERTOS**

ES 1 286 330 U

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MEDIOS DE TRANSPORTE ABIERTOS

5

Objeto de la invención

La presente invención está referida a un sistema para el transporte de viajeros en sistemas no cerrados, de tal forma que no exista control completo de entrada-salida para cada viajero y desplazamiento, pudiéndose emplear en el transporte por ferrocarril -especialmente en
10 líneas de cercanías y media distancia-, metro, tranvía y autobús urbano e interurbano, incluyendo el transporte discrecional de público.

Estado de la técnica

15

La estimación del flujo de tráfico es necesaria para la predicción del tráfico y su optimización. La estimación, el cálculo y la obtención de las matrices origen-destino (MOD) es uno de los problemas clásicos de la ingeniería de transporte. Los elementos de estas matrices contienen la demanda de tráfico de ciertos orígenes (filas) a ciertos destinos (columnas).

20

La determinación y obtención de las matrices origen-destino en el análisis y estudio de transporte de viajeros es el aspecto fundamental que permite una correcta definición de las necesidades humanas, materiales y económicas en cualquier sistema de transporte de viajeros.

25

Actualmente, el componente de origen se puede obtener fácilmente en aquellos transportes para los que es necesario adquirir un billete de entrada -por ejemplo, un autobús-. Sin embargo, en algunos medios de transporte, la entrada no está asociada necesariamente a un origen, tal y como puede ser el caso del metro, donde la compra del billete otorga el
30 acceso al sistema de transporte en su conjunto, pero puede no corresponder con el origen de cada desplazamiento realizado por el viajero por la red de transporte.

En cuanto al componente destino, su conocimiento no es posible sin articular un control de salida del medio de transporte. Si bien en algunos medios -como, por ejemplo, el metro- se
35 puede introducir un control de salida, en la mayoría de los casos esta opción simplemente no es posible.

Inicialmente, la obtención de estas matrices de desplazamiento se ha basado en encuestas personales de subida-bajada a usuarios de los distintos modos de transporte, las llamadas «encuestas a bordo», si bien el empleo de esta técnica de análisis para obtener una
5 estimación de la movilidad resulta imposible, considerando que en España hubo, según datos del INE de 2018, 6.500 millones de viajeros en medios de transporte sin posibilidad de definir el destino. Debido a esto, desde la década de 1970 y debido al creciente uso del transporte público, muchos investigadores han intentado estimar la matriz de origen-destino usando el número de pasajeros como principal fuente de información [1].

10 Posteriormente, la estimación de las matrices origen-destino se ha basado en procedimientos del tipo «Interactive Proportional Fitting» o «Automated Passenger Count», pero siempre ha sido necesario llevar a cabo encuestas a pie de transporte para poder calibrar las estimaciones realizadas.

15 En la actualidad, la proliferación de dispositivos móviles conectados en manos de los usuarios ha permitido estudios para el análisis de la movilidad de los viajeros en entornos fundamentalmente urbanos, pero sin la implementación de aplicaciones que permitan la obtención de las matrices origen-destino y basadas en datos proporcionados por algunas de
20 las empresas de telefonía con origen en el posicionamiento de las antenas repetidoras de señal, por lo que el ámbito de representatividad de los trabajos se reduce a la implantación de la empresa que cede los datos entre la totalidad de los usuarios de telefonía móvil.

El cálculo y obtención de la matriz origen-destino es un área de interés para muchos
25 investigadores, que han propuesto distintos métodos. Khabarov y Tesselkin [2] proponen un método para estimar matrices origen-destino usando Modelos de Markov, generando un grafo de transporte con una serie de subconjuntos que representan los vértices de origen y vértices de destino. Puede usarse en la práctica para estimar MOD observando los flujos de tráfico. Obviamente es necesaria esta observación. Lin y Ku [3] presentan un método para
30 resolver el problema de calcular el patrón de optimización de paradas de un tren mediante algoritmos genéticos.

Estos métodos necesitan datos históricos para ser efectivos. Hay otros métodos para estimar la matriz origen-destino basados en contar el tráfico o contar el número de pasajeros que
35 sube o baja. Tanaka, Kimata y Arai [4] proponen un algoritmo para estimar la matriz basándose en datos de entrada-salida, sin embargo, no menciona el método que se usa para

contar a los pasajeros. Michau et al [1] hacen uso tanto del número de pasajeros como de las trayectorias/enlaces del viaje para estimar lo que llaman una matriz origen-destino enlazada. Para conocer las trayectorias, emplean tecnologías Bluetooth y GPS, y mencionan que el Bluetooth es la tecnología con mayor tasa de penetración para detectar a los
5 vehículos.

Los trabajos mencionados se enfocan en el algoritmo matemático, pero no mencionan algo interesante para las compañías de transporte, que son los sistemas de recolección de datos automáticos que utilizan (ADC, «Automatic Data Collector»). Con la estimación de la matriz
10 origen-destino a partir de ADC, las encuestas a bordo pasarían a convertirse en herramientas de validación y calibración del modelo. Alex Cui [5] describe los beneficios que se obtienen con esta solución.

Así pues, en primer lugar, el coste de obtener una matriz OD se reduce significativamente debido al equipamiento, ya que los ADC suelen comprarse para otros usos. Los ADC suelen registrar eventos del vehículo y transacciones. En segundo lugar, la matriz resultante se basará en una muestra de datos mucho más grande, ya que la muestra basada en las encuestas suele ser limitada debido a su alto coste. Con una muestra mayor habrá menos error si el sistema funciona correctamente. Además, usando ADC se obtienen datos mucho
15 más manejables, que se podrán usar en distintas aplicaciones.

Gracias a ADC, el proceso es mucho más automatizable, y se conseguirá más velocidad y frecuencia de actualización de los datos. Esto conllevará una actualización más frecuente de la matriz. Usando sólo encuestas a bordo, las matrices se actualizan cada mucho tiempo, se
25 estima que cada 5-10 años. Con los ADC, existirán datos más frecuentemente, por lo que se podrá estimar la matriz varias veces al año. En la práctica, es poco probable que se quiera una matriz origen-destino calculada más de una vez al mes.

Finalmente, el proceso puede combinarse con otras encuestas para obtener una imagen
30 más clara del comportamiento de los viajeros. La ventaja de estas encuestas es que entran más en detalle y son más flexibles. Cuando, mediante la matriz calculada, se identifiquen áreas de interés, se podrá realizar una encuesta por esa zona para obtener más detalles. De esta forma se evitan encuestas «a ciegas» o innecesarias.

En el estado de la técnica se identifican distintos tipos de ADC. El AFC («Automated Fare Collection») es un dispositivo que se encarga de las transacciones de los tiques, coste
35

humano y tiempo en cobros. Los AFC pueden ser de entrada o de entrada-salida. El problema con los AFC de sólo entrada es que se desconoce cuándo sale el pasajero del vehículo, por lo que hay que inferirlo con otros métodos.

5 El AVL («Automated Vehicle Location») provee la localización del vehículo por distintos medios, como GPS, radio en puntos clave, combinaciones de odómetro y giroscopio, etc. Conocer la localización de los vehículos es crucial a la hora de estimar matrices de origen-destino. Los AVL pueden estar conectados de forma inalámbrica a una central, transmitiendo información de su localización en tiempo real, o simplemente almacena los datos hasta que
10 se recolectan por la noche en el garaje. Si bien es cierto que la transmisión en tiempo real puede tener aplicaciones muy interesantes, la estimación de la MOD es un proceso offline de minado de datos, por lo que cualquier método podría ser usado.

Los APC («Automated Passenger Counter») son dispositivos que cuentan los pasajeros que
15 suben y bajan en cada parada, guardando la parada y la fecha y hora. Se puede usar una secuencia de infrarrojos alineados para saber si algo ha cruzado y en qué dirección. También se pueden usar placas de presión, sensores de infrarrojos pasivos para detectar pasajeros basándose en la diferencia de temperatura de su cuerpo con el entorno, o incluso cámaras que implementan un programa o programas de reconocimiento facial, reconocimiento de
20 patrón cabeza-hombros u otros métodos de tratamiento de imágenes.

En el estado de la técnica se describe distintos trabajos basados en el uso de los ADC y sus distintos tipos. Zhao, Rahbee y Wilson [6] se centran en investigar los AFC, que comentan que puede ser usado para contar a los pasajeros a parte de realizar los cobros de los tiques.
25 En concreto combina AFC y AVL, para poder saber cuántas personas han subido al vehículo y en qué parada (algunos AFC no registran ninguna información que ayuda a la localización como pudieran ser identificadores de parada). Sin embargo, este trabajo está limitado en cuanto a la eficacia de los AFC de sólo entrada. La solución que se toma es inferir la salida de los pasajeros.

30 En Wang, Du, Rong y Lin [7] se estudia el uso de las tarjetas inteligentes en autobuses y vehículos sobre raíles. En este documento se analizan los datos que se registran en los sistemas AFC para estimar patrones de comportamiento de los pasajeros. Para realizar estas estimaciones se necesita saber la localización del vehículo, ya que los AFC no guardan esta
35 información. En el caso de los autobuses, se indica que los AFC instalados son sólo de entrada. Al enfocarse tanto en las tarjetas inteligentes, no se tiene en cuenta a los pasajeros

que pagan en metálico.

Se puede observar que AFC no es suficiente para saber si los pasajeros suben o bajan del vehículo, además de que, si el usuario paga en metálico, se vuelve prácticamente invisible al sistema. Por ello, hay trabajos recientes que proponen métodos basados en el uso de los APC. Ji, Mishalani y McCord [8] hacen hincapié en el hecho de que prácticamente todas las compañías de transporte realizan una gran inversión en encuestas a bordo. Esas encuestas necesitan un empleado, necesitan tiempo y son costosas. Por ello el tamaño de la muestra es relativamente pequeño, y esto se traduce en errores en las estimaciones de OD (origen-destino).

El método IPF [9] es el método más fácil de implementar, por ser computacionalmente eficiente y por obtener resultados muy parecidos a otros métodos de estimación OD.

Este tipo de aplicaciones de estimación de OD se implementaron cuando el conteo de pasajeros era relativamente costoso, por lo que los métodos usados simplemente usaban muestras de los «primeros momentos del día» para estimar el OD de un día completo (esto se hacía en el IPF también). Por ello presentan problemas si se introducen grandes muestras de flujos de pasajeros.

Recientemente, algunas compañías han implementado sistemas APC. Estos sistemas han demostrado poder recolectar mucha más información de manera más precisa. Ji, Mishalani y McCord [8] demuestran que su método (HEM) es mucho más eficiente que usar sólo el método IPF basado en encuestas a bordo. Por tanto, se podrían ahorrar costes si no se hicieran estas encuestas y se invirtieran en sistemas automáticos para contar pasajeros. Sin embargo, también se menciona que hay limitaciones en los sistemas APC actuales, y es que no identifican de forma única a los pasajeros (como si hacían las tarjetas inteligentes [7]), por lo que no se podrían detectar situaciones de transbordo o escala de pasajeros.

El uso de sensores en el núcleo urbano es el paso esencial para innovar en campos como la movilidad, accesibilidad y energía. Este despliegue masivo del llamado *Internet de las cosas* contribuiría al desarrollo de las *Ciudades Inteligentes*, que es una solución a muchos problemas urbanos de gran complejidad. R Pérez-del Hoyo, MD Andújar-Montoya, H Mora y V Gilart-Iglesias [10] proponen el concepto de *Smart City 3.0* como solución a los problemas inesperados que se encuentran en los entornos urbanos.

El uso de sensores para solucionar problemas de actualidad no se centra sólo en el

transporte. Por ejemplo, en el campo de la accesibilidad urbana, se han propuesto e implementado soluciones que hacen uso de tecnologías GPS y RFID para poder rastrear a las personas y determinar si hay problemas de accesibilidad como se describe en [11], [12], [13], [14] y [15]. En estos trabajos se describe el uso del sensor GPS de los móviles de los participantes para obtener su posición, y lo complementan con antenas y receptores RFID para aumentar la cobertura en interiores, donde puede fallar el GPS. Otro campo que contemplar es el de la salud, donde se pueden usar los sensores para obtener datos biométricos y predecir posibles riesgos de las personas [16].

Todos estos trabajos tienen en común que necesitan un componente centralizado donde se procese toda la información. Este componente típicamente es un sistema de computación en la nube que debe ser capaz de procesar una gran cantidad de datos sin latencias, incluso en tiempo real. Hay trabajos que se centran en resolver el problema relacionado con varios sensores con distintas especificaciones, capacidad de cómputo y latencia de red. En este entorno heterogéneo se proponen modelos y marcos de trabajo basados en la computación en la nube [17,18].

Respecto al uso de los sensores de los dispositivos móviles, ha habido muchas publicaciones al respecto, y es un área que va evolucionando conforme los fabricantes van introduciendo nuevas tecnologías a sus productos. Por ejemplo, en el trabajo de Reddy et al [19] se hace uso de los distintos sensores de un teléfono móvil. En este artículo se implementa un sistema para poder determinar el modo de movimiento de una persona (caminar, andar, en coche, en bicicleta, entre otros). Para ello se investiga el uso de distintos sensores como son Bluetooth, Wi-Fi, GSM, GPS y el acelerómetro. Se descarta Bluetooth, ya que los *beacons* son estáticos y sólo se contemplan en interiores y en exteriores no servirían para determinar el movimiento de una persona. Se determina que la combinación del GPS y el acelerómetro es la mejor forma de solucionar este problema, siempre que se esté en exteriores para recibir una buena señal GPS.

Otros trabajos se enfocan en resolver problemas relacionados con el flujo del transporte [20,21]. El propósito del trabajo de Vincent Aguilera et al [20] es conseguir medir el nivel de calidad del servicio (QoS) en un autobús. Esto es, determinar si los pasajeros tienen suficiente sitio para sentarse, calcular el nivel de saturación del vehículo, discernir si el vehículo lleva retraso o no va a una velocidad adecuada, entre otros. Determinan que la comodidad de un pasajero depende del nivel de ocupación del vehículo, el tiempo de cada viaje y/o los flujos de origen-destino en determinados momentos del día (en hora punta se

llenará el vehículo y los pasajeros no se sentirán cómodos). En este trabajo, los autores indican que, si bien los AFC/APC pueden ayudar a resolver este problema mediante el conteo de pasajeros, los dispositivos comerciales están limitados por diseño. Así que proponen un método novedoso en el que, mediante las señales GSM de un dispositivo móvil, se pueda medir la calidad de servicio de un sistema de transporte. Con la ayuda de una operadora de telefonía móvil, se enfocaron en rastrear ciertos eventos GSM para un tramo por donde pasa un sistema a raíles por vías subterráneas. En esta metodología cada antena telefónica tiene asignada un código de área («*Location Area*»). El dispositivo móvil va conectándose a las antenas telefónicas más cercanas. Si detecta que ha cambiado el código de área, es que está en otra zona, y manda cierto evento LAU (también el móvil cada cierto tiempo va mandando eventos LAU de otro tipo). De esta forma, se puede deducir qué pasajeros van en el vehículo si en cierto tiempo cambian de una zona a otra (por ejemplo, pasan de conectarse a una antena telefónica exterior a una antena subterránea). Con este método se saben, además de las entradas y las salidas, las trayectorias de los pasajeros.

Si bien es un trabajo novedoso, se aprecian ciertas limitaciones, ya que depende de la infraestructura de la compañía telefónica, además de que la muestra que obtienen sólo es de la compañía citada en el trabajo. También es dependiente del número de antenas que existan en la zona para obtener una muestra más precisa. Además, la muestra puede no ser correcta, ya que las antenas telefónicas no están aisladas ni están dedicadas sólo a este propósito, porque pueden detectar a gente fuera del vehículo que, por ejemplo, esté descendiendo al subterráneo.

Demissie et al [21] investigan el uso de los datos de los teléfonos móviles para inferir la demanda de pasajeros en países en vías de desarrollo. En estos países no se ha regulado del todo el transporte público, y existe el llamado «paratrásito», una serie de diferentes servicios de transporte que, aunque tenga medios de cobro impuestos por el gobierno, deciden sus horarios, rutas y vehículos. El conjunto de datos de teléfonos móviles fue cedido por SONATEL y Orange de sus antenas telefónicas.

Con esta información, es posible saber más o menos donde vive cada usuario (sabiendo la antena telefónica a la que estaba conectada su móvil desde las 22:00 hasta las 7:00). También conocen cinco destinos preferidos de cada usuario, basándose en las cinco antenas telefónicas a las que se conectaba más frecuentemente (excluyendo la antena telefónica «de su vivienda»). De esta forma pudieron ver la demanda de viaje de los usuarios. Hay que señalar que sólo se tuvieron en cuenta los clientes de SONATEL.

Más recientemente se encuentran trabajos para implementar APC en entornos cerrados. Parthornratt, Burapanonte y Gunjarueg [22] investigan el uso de un sistema embebido como puede ser la Raspberry Pi con una cámara, para poder cuantificar el interés de los
 5 compradores en una tienda. Este trabajo se basa en el área de visión por computador, y lo que se realiza es detectar la cara del comprador (con un proceso de reconocimiento facial) mientras se ha acercado a cierto producto. A parte de medir el interés de la persona, se reconoce de forma única su cara para poder contar a los compradores de toda la tienda. En este aspecto es donde se aprecia que falla el reconocimiento facial, y es que pierde mucha
 10 precisión si el cliente está muy lejos de la cámara. A 90 cm de distancia, se tiene una precisión del 30%.

En ninguna de las anteriores propuestas se plantea el uso de dispositivos SDR para trabajar con las comunicaciones de telefonía móvil, y técnicamente es posible ya que se tratan de
 15 señales de radio. Rahman e Islam [23] demuestran el uso de SDR para crear una pequeña red de telefonía móvil abierta, totalmente gratuita para el usuario final, con un alcance de 78 metros y a un precio asequible.

Por tanto, a la vista de las distintas problemáticas mencionadas en el estado de la técnica, es necesario un sistema que, basado en APC, sea un sistema embebido, que emplee las
 20 tecnologías de comunicación de los teléfonos móviles actuales. En concreto, sería deseable el empleo de redes GSM, WI-FI y BT (Bluetooth). Es deseable que el sistema APC identifique a los pasajeros de forma única en un entorno cerrado, como puede ser un autobús, limitando el área de trabajo. Además, es deseable que se pueda elegir la tecnología de comunicación
 25 a sondear y se evite la intervención o interacción del pasajero, sin interrumpir las comunicaciones del dispositivo sondeado, de manera inocua, y sin necesidad de integrarse con los sistemas de legado del transporte público. Estos objetivos se alcanzan con el sistema de las reivindicaciones que acompañan a la presente memoria descriptiva.

30 **Explicación de la invención**

Es un objeto de la presente invención un sistema para la obtención de una matriz origen-destino de medios de transporte abiertos configurados para permitir en todo momento
 35 estimar el flujo de subida y bajada de los diferentes transportes donde se despliegue, sin intervención del usuario ni configuración previa, ni de operarios del medio. Más concretamente, el objeto de la invención es proporcionar un sistema que permita la obtención

de la matriz origen-destino en diferentes transportes. Es decir, se centra en un sistema para la identificación de conteo y trazabilidad de los usuarios que suben y bajan de cada una de las diferentes paradas durante el trayecto de un medio de transporte colectivo. Este objeto se alcanza con el sistema de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen otras realizaciones particulares y/o preferidas de la invención.

En general, el sistema de la invención comprende un conjunto de dispositivos móviles, de uso personal, que portan los usuarios del transporte equipados con diferentes medios integrados de transmisión inalámbrica (i.e. típicamente, los teléfonos móviles de los usuarios). Además, la invención implementa un conjunto de dispositivos, cada uno de ellos ubicado en el vehículo de transporte a monitorizar, equipados con medios de comunicación inalámbrica preparados para recibir una señal. Dichos dispositivos incorporan los medios de hardware y software necesario para el análisis de la señal y la información llegada desde los dispositivos móviles de los usuarios, y es capaz de registrar la información, posicionar e identificar si el dispositivo de usuario se encuentra dentro del vehículo. Además, dichos dispositivos están configurados para transmitir la información a un conjunto de dispositivos de gestión a través de la red de comunicaciones como Internet.

La invención también comprende uno o más dispositivos de gestión conectados a la red de comunicación a través de internet y/o de una red móvil, estando dichos dispositivos de gestión equipados con medios de recepción de los datos transmitidos por los dispositivos ubicados en los vehículos de transporte y con medios de procesamiento para la generación de una matriz origen-destino configurada para: (a) la confiabilidad en la entrega de los mensajes procedentes de los sensores distribuidos (2) al sistema central de gestión, aunque sea un envío de forma masiva; (b) la garantía de procesamiento de información masiva referente a la ubicación de los diferentes usuarios de las unidades de transporte; (c) la detección dinámica de paradas reales de cada unidad de transporte y los usuarios que suben y bajan de cada una de ellas; (d) la capacidad de detectar y corregir falsos positivos de viajeros y posibles paradas; y (e) el aprovisionamiento de la información de valor agregado sobre la matriz origen-destino a diferentes consumidores a través de la red de comunicación permitiendo múltiples filtros, formatos y contenidos.

El sistema de la invención, además, implementa un procedimiento de confiabilidad de las marcas de tiempos de todos los relojes implicados en el sistema basado en la coordinación de los mismo mediante un sistema central o, en caso de fallo, mediante el uso de marcas de tiempo relativas a la última coordinación.

Se consigue con ello un sistema que proporciona un medio efectivo y versátil para el control del uso de los diferentes medios de transporte público o privado que abre la posibilidad a una gestión mucho más eficiente del mismo. La implantación del sistema resulta de bajo
 5 coste y reutilizable, y permite una monitorización en tiempo real por parte de los gestores del uso del transporte sin intervención del usuario, de forma anónima y sin intrusión, indicando dónde suben y bajan los usuarios, qué cantidad de usuarios suben y bajan en cada parada, que uso se hace de cada ruta. El sistema incluye el hardware y software necesario para identificar patrones de comportamiento que permita tomar decisiones a los gestores del
 10 transporte.

Además, por medio de la presente invención se consigue: (a) calcular una matriz origen-destino de forma dinámica; y (b) optimizar las rutas de transporte en función de la matriz origen-destino calculada de forma dinámica; y esto hace que, por ejemplo, se puede
 15 determinar el precio del billete del viaje según criterios dinámicos de desplazamiento del viajero.

A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones, la palabra «comprende» y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los
 20 expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la invención y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración y no se pretende que restrinjan la presente invención. Además, la invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de
 30 dicha invención, que se ilustra como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 representa esquemáticamente el sistema para la obtención de una matriz origen-destino de medios de transporte abierto objeto de la presente invención; la Figura 2 es una representación esquemática del sistema centralizado de gestión; y la Figura 3 es una
 35 representación esquemática del sensor distribuido que forma parte del sistema de optimización objeto de la presente invención.

En las figuras anteriores se han empleado las siguientes referencias numéricas:

Dispositivos móviles de usuario (1)

5 Sensor distribuido (2)

Primera antena o antenas (2.1)

Procesador (2.2)

Módulo receptor GPS (2.3)

Memoria (2.4)

10 Módulo o elemento software generador de mensajes (2.5)

Módulo o elemento software optimizador de mensajes (2.6)

Módulo o elemento software de envío de mensajes (2.7)

Módulo o elemento software de sincronización de tiempo (2.8)

Una segunda antena o antenas (2.9)

15 Sistema centralizado de gestión (3)

Módulo o elemento software para la configuración (3.1)

Módulo de recepción de mensajes, o elemento hardware y software configurado para la recepción y envío de mensajes (3.2)

Elemento o módulo de almacenamiento de información masiva (3.3)

20 Elemento o módulo de procesamiento de la matriz origen-destino (3.4)

Elemento o módulo optimizador de la matriz origen-destino (3.5)

Elemento o sistema de información estructurado (3.6)

Interfaz o módulo de aprovisionamiento de servicios (3.7)

Vehículos de transporte (4)

25 Red de área local (5)

Red de comunicación amplia (6)

Explicación de un modo detallado de realización de la invención y ejemplos

30 Tal y como se puede observar en la figura 1 adjunta, de forma no limitativa, el sistema de la invención comprende en una zona de influencia una pluralidad de dispositivos móviles (1) portados por los usuarios que están configurados para emitir señales a través de diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica, a través de una red de comunicaciones área local (5). Estas tecnologías son, de forma no limitativa, GSM, Bluetooth o WIFI.

35

Cada vehículo de transporte (4) comprende un sensor distribuido (2) instalado en él. Cada

sensor distribuido (2) comprende al menos una primera antena (2.1) configurada para realizar un sondeo en busca de la señal de los diferentes dispositivos móviles (1) de usuario. El sensor distribuido (2), a su vez, está compuesto típicamente por un conjunto de elementos de hardware y software configurados para la recepción de la información obtenida por las antenas (2.1), el análisis de dicha información, su almacenamiento y el envío a un sistema centralizado de gestión (3) a través de la red de comunicaciones de área amplia (6) usando otra antena para tal fin (2.9), siendo esta red de comunicaciones, por ejemplo, Internet.

El sensor distribuido (2), además de las antenas (2.1) de tecnología inalámbrica para la detección de los dispositivos móviles (1) de usuario y para el envío de la información al sistema centralizado de gestión (3) o servidor, de forma no limitativa, comprende al menos un procesador (2.2), un módulo receptor GPS (2.3), una memoria (2.4) y un programa o programas (2.5 a 2.8) -módulos software- que contienen una pluralidad de instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador (2.2) hacen que el sensor distribuido (2) ejecute una pluralidad de tareas, tal y como se describen en detalle a continuación. Así pues, el procesador (2.2) es un elemento encargado de controlar el propio sensor (2), activar las antenas (2.1 y 2.9) y aplicar las configuraciones recibidas desde el sistema centralizado de gestión (3) para el control y configuración del resto de componentes del sensor distribuido (2). Para el experto en la materia resulta evidente que la distribución entre módulos hardware y software es intercambiable -algún módulo hardware puede ser implementado como software y viceversa- sin que esta distribución pueda considerarse como limitativa.

El módulo receptor GPS (2.3) está configurado para adquirir la posición del vehículo cada cierto tiempo y almacenarlo en la memoria (2.4) del dispositivo para su posterior envío al sistema centralizado de gestión (3). La memoria (2.4), por tanto, está configurada para almacenar tanto las trazas GPS obtenidas en cada intervalo de tiempo, como los mensajes que se hayan generado por las antenas (2.1).

El módulo o componente software generador de mensajes (2.5) está configurado para asociar las trazas GPS con las trazas de información de las antenas (2.1) generando un mensaje, que se compone de un identificador único del dispositivo móvil (1) junto a una marca temporal, la latitud y longitud GPS. Los mensajes generados serán almacenados en la memoria (2.4) antes de ser enviado al sistema centralizado de gestión (3).

El módulo o componente software optimizador de mensajes (2.6) está configurado para limpiar y eliminar mensajes innecesarios, por ejemplo, mensajes que contengan el mismo

identificador y una diferencia de tiempo de milisegundos.

El módulo o componente software de envío de mensajes (2.7) está configurado para el envío de los mensajes pendientes, y una vez haya confirmado que han llegado al destino, los
5 eliminará del sistema de almacenamiento local.

El módulo o componente software de sincronización de tiempo (2.8) está configurado para la sincronización del reloj local del sensor y del cálculo del tiempo relativo desde la última coordinación, para evitar inconsistencias por caídas de la red.

10 El sistema centralizado de gestión (3) -en una realización no limitativa, un servidor- está configurado para recibir toda la información proveniente de los sensores distribuidos (2) de cada uno de los vehículos (4), procesar dicha información y almacenarla. El sistema centralizado de gestión (3), por tanto, está configurado para calcular una matriz origen-destino de forma dinámica, así como proveer las funcionalidades necesarias para la
15 optimización de rutas, identificación de necesidades del transporte y mejorar la eficiencia en la gestión de este. Para ello, el sistema centralizado de gestión (3) comprende una pluralidad de elementos de software y hardware con unas determinadas funcionalidades, tal y como se describe a continuación.

20 El sistema de gestión (3) comprende un módulo o elemento software para la configuración (3.1) de los diferentes sensores distribuidos (2) ubicados en los diferentes vehículos de transporte (4). Dichos elementos permiten la configuración del comportamiento de todos los elementos que componen los sensores (2) como las antenas activas (2.1) o los protocolos
25 de comunicación.

El sistema de gestión (3) comprende un módulo o elemento hardware y software configurado para la recepción y envío de mensajes (3.2) desde y hacia los sensores distribuidos (2) ubicados en los vehículos (4). Dicha comunicación se realizará a través de la red de
30 comunicaciones mediante tecnología inalámbrica de radiofrecuencia, tal como GSM o 4/5G BT o WIFI, pero no sólo.

El sistema de gestión (3) comprende un módulo o elemento de almacenamiento de información masiva (3.3) encargado de almacenar la información proveniente de los
35 diferentes sensores distribuidos en los vehículos y que es obtenida a través del elemento configurado para la recepción y envío de mensajes (3.2).

El sistema de gestión (3) comprende un módulo o elemento de procesamiento de la matriz origen-destino (3.4) encargado de calcular cada cierto tiempo (preconfigurado en el sistema (3)) la matriz origen-destino para cada uno de los vehículos (4) durante sus rutas. El elemento de procesamiento (3.4) está configurado para procesar los mensajes pendientes almacenados en el sistema de información masiva (3.3) actualizando los datos de cada uno de los vehículos (4) que serán almacenados en un sistema de información estructurado (3.6). De esta forma se obtendrán los datos de los usuarios que han subido y bajado en cada una de las paradas.

El sistema de gestión (3) comprende un módulo o elemento optimizador de la matriz origen-destino (3.5), que se ejecutará cada cierto tiempo, previamente configurado, para cada unidad de transporte. A partir de los dispositivos de usuario (1) detectados en cada subida y bajada del vehículo, podrá descubrir falsos positivos (por ejemplo, una detección de un usuario que subió en la parada 1 a las 12:30 y no se sabe más de él) actualizando la información de la matriz origen-destino almacenada en el sistema de información estructurado (3.6).

Finalmente, el sistema de gestión (3) integrará un elemento software de aprovisionamiento de servicios de negocio encargado de la exposición de los datos estructurados y enriquecidos del sistema para que puedan ofrecerse a través de interfaces Web de usuario o cualquier otro tipo de interfaz (3.7).

Tal y como se ha indicado a lo largo de la presente memoria descriptiva, el sistema de la invención está basado en una pluralidad de elementos que integran una red de comunicación área local (5) que conecta al grupo de usuarios, representados por sus dispositivos móviles (1) de los medios de transporte (4) con un conjunto de sensores distribuidos (2) ubicados en los diferentes medio de transporte (4), y con uno o más servidores centralizados y/o bases de datos a través de internet y/o una conexión móvil.

Por otro lado, el sistema de la invención comprende los siguientes procesos: (a) parametrización del sistema a través del sistema centralizado de gestión (3); (b) un proceso de medición del comportamiento de los usuarios, mediante la lectura de los dispositivos móviles (1) a través de los sensores distribuidos (2); (c) recepción y procesado en el sistema de gestión (3) de la información leída por los sensores distribuidos (2) y obtención de una matriz origen-destino; y (d) presentación de la información de la matriz origen-destino a los

usuarios a través del sistema de gestión (3); y donde además, comprende un módulo de coordinación de tiempo configurado para que los distintos elementos del sistema (1,2,3) estén sincronizados.

5 En aras de comprender mejor el funcionamiento del sistema, a continuación, se detallan cada uno de los procesos implementados por la invención. Así pues, en primer lugar, se parametriza y configura el sistema a través del sistema centralizado de gestión (3) mediante un conjunto de interfaces de usuario Web. La parametrización y configuración permite crear y gestionar organizaciones de transportes, crear y gestionar sus flotas de vehículos, generar y gestionar rutas de los vehículos, gestionar las paradas de las rutas, así como configurar los sensores distribuidos ubicados en cada uno de los vehículos existentes.

15 El proceso de parametrización, a su vez, comprende: (a) en primer lugar, se ofrece una interfaz de usuario donde se crean las organizaciones de responsables de los vehículos de transporte; (b) posteriormente, se deben crear las flotas de vehículos de la organización mediante las unidades de transporte; (c) más tarde se crean las rutas mediante software a través de una interfaz de usuario Web mediante mapas cartográficos. En ellas se establece la propia ruta, pudiendo establecer puntos de paso intermedio, identificar las paradas o reordenarlas; (d) después se deben asociar las unidades de transporte (4) a los sensores distribuidos (2) y a las rutas creadas; y donde todas las etapas o subprocesos (a)-(d) se realizan mediante servicios software ubicados en el sistema centralizado de gestión (3) a través de interfaces Web, que posteriormente guardan la información en el sistema de almacenamiento (3.3) del sistema centralizado (3); y donde además, se permite la configuración de los sensores distribuidos (2) ubicados en cada vehículo (4).

25 Las opciones que permite el sistema centralizado (3) son las siguientes: (i) la activación/desactivación del sensor distribuido seleccionado; (ii) la activación/desactivación de cada antena (2.1) y protocolo del sensor distribuido (2); (iii) configuración de los parámetros de comportamiento de cada antena (2.1) y protocolos activos del sensor distribuido (2) como son, de forma no limitativa, al menos, el periodo de monitorización o el alcance de señal; (iv) la activación/desactivación del sistema GPS (2.3) del sensor distribuido (2); (v) la configuración del sistema GPS (2.3) del sensor distribuido (2) como, por ejemplo, el periodo de muestreo y/o el rango de distancia para tomar tramas recogidas como desechables; (vi) la configuración del sistema de coordinación de tiempo de cada uno de los sensores distribuidos (2); y donde todas las configuraciones descritas en (i-vi) son almacenadas en el sistema de almacenamiento (3.3) para saber la configuración actual y

prevenir posibles caídas del sistema centralizado (3) pero son transmitidas a los sensores distribuidos (2) a través de la red de comunicaciones (5).

Una vez configurado el sistema, cada sensor distribuido (2) activo de cada vehículo (4) comienza a funcionar según el comportamiento establecido. Cuando un sensor distribuido (2) de un vehículo (4) está activo, el sensor (2) se encuentra en modo escucha obteniendo la información de los dispositivos de usuario (1) que se transmiten por el aire a través de las diferentes antenas (2.1) conectadas y que se encuentren en su radio de acción. Cada sensor (2) está diseñado y configurado para que la zona de acción sea lo más cercana posible al vehículo (4). El sensor (2) está diseñado para trabajar con diversos protocolos como por ejemplo Wifi o Bluetooth de modo que en algunos casos y en función de la tecnología funcionará en modo pasivo o de escucha, en modo activo o ambos modos.

De manera paralela al funcionamiento anterior de las antenas (2.1), el proceso de monitorización GPS irá obteniendo la posición GPS que se irá registrando en el sistema de almacenamiento local o memoria (2.4). Previamente a su almacenamiento, el mensaje recibido se procesa a través del módulo de posicionamiento o receptor GPS (2.3) obteniendo la longitud y latitud y estableciendo la marca de tiempo en la que fue obtenida la posición.

Por un motivo de optimización, una vez obtenida la posición actual se compara con la última posición registrada en la memoria (2.4) del sensor (2). Estas dos posiciones se comparan y se determina si se considera una nueva posición o si, por el contrario, se considera que no ha habido modificación suficiente como para modificarla. Esta distancia mínima que establece el cambio de posición fue configurada en el proceso de parametrización y configuración del sensor distribuido (2).

Cada vez que se envíe un mensaje con información de los pasajeros que suben y bajan, se enviará la posición registrada de la ubicación actual del vehículo (4) en el momento de la captura de dicha información, de subida y bajada.

Terminado el proceso de lectura del comportamiento de los usuarios, mediante la lectura de los dispositivos móviles (1) a través de los sensores distribuidos (2) comienza la etapa de recepción y procesado en el sistema de gestión (3) de la información leída por los sensores distribuidos (2) y obtención de una matriz origen-destino, de tal forma que la información leída por los sensores (2) se envía al sistema centralizado (3) que ejecuta las etapas o subprocesos que se describen a continuación.

Los mensajes con la información proveniente de los sensores distribuidos (2) en los vehículos (4) es enviada a través de un sistema asíncrono de mensajería confiable y escalable. Éste garantiza la entrega de los mensajes desde dichos sensores (2). Dichos mensajes son almacenados de forma persistente y segura hasta que puedan ser procesados. Esto es debido al elevado y masivo número de mensajes que podría llegar y colapsar el sistema si se fueran procesando en tiempo real. Cuando son almacenados, el sistema centralizado (3) envía una confirmación de recepción del mensaje para que sea eliminado de la memoria (2.4) y no ocupe espacio en el sensor distribuido (2) correspondiente.

Posteriormente, a través de un módulo clasificador, incluido en el módulo de recepción de mensajes (3.2), un cliente suscrito al sistema de mensajería se encarga de almacenar la información no estructurada en una base de datos optimizada para la lectura y para realizar consultas de información masivas (3.3) procedente desde los diferentes sensores distribuidos (2) y mejorar el rendimiento de las consultas que se realizarán desde los módulos de procesamiento. La información almacenada se realizará de forma jerárquica por cada unidad de transporte, ruta, temporalidad y otras jerarquías que se consideren necesarias. Dicha comunicación entre el módulo clasificador y la base de datos no relacional se realizará a través de un protocolo de comunicación como puede ser TCP/IP pero no sólo, a través de una intranet o internet. El módulo de recepción de mensajes (3.2) está compuesto por el módulo clasificador. Es una funcionalidad de ese elemento.

Posteriormente, el módulo de procesamiento de la matriz origen-destino (3.4) a través de tareas programadas que se ejecutan cada cierto tiempo para cada unidad de transporte consultará los mensajes recibidos para identificar, de forma dinámica, las paradas que realiza cada unidad de transporte y las subidas de viajeros en cada una de ellas. Tanto el sistema de información estructurado (3.6) como las tareas programadas en el módulo de procesamiento de mensajes pueden encontrarse distribuidas y comunicarse entre ellas mediante protocolos de comunicación tipo TCP/IP, sobre intranet o internet, pero no excluye otras formas de comunicación. Este enfoque permite que en un futuro se pueda escalar la solución a un servicio con varias instancias en distintas máquinas.

A partir de la información registrada de cada unidad de transporte, de la ruta y paradas planificada de esa unidad, se realiza un proceso en el módulo de procesamiento de la matriz origen-destino (3.4) que de forma dinámica identifique la ubicación y hora de cada parada y

los ciudadanos que han subido en cada una de ellas. Para realizar este proceso se realiza un procesamiento de mensajes de pasajeros por lotes: recibe el lote de información que obtiene de la base de datos NoSQL que integra el módulo clasificador sobre los usuarios que suben y bajan en cada parada de una unidad de transporte concreta.

5

A partir de esta información, se analizará cada mensaje, realizando las siguientes comprobaciones: (a) para cada identificador de pasajero, se intenta obtener el par de dispositivos de subida y bajada en el sistema de información estructurado (3.6); (b) si lo que se obtiene es el par de subida y bajada completo y se bajó en relativamente poco tiempo, entonces esa bajada es un falso positivo y se eliminará. Se actualizarán los valores de la subida de ese dispositivo, ya que está claro que aún no han bajado. Para ello se actualizan los valores de última vez visto, latitud y longitud; (c) si en el sistema de información estructurado (3.6) sólo obtenemos la subida, se actualizará esa subida con los nuevos valores que ofrece el mensaje (tiempo, latitud, longitud); (d) si en la base de datos no se encuentra una subida para ese dispositivo, habrá que crearla. Para ello, antes se comprueba si en ese intervalo de tiempo y posición existe una parada de rastreo. Si existe, se reutiliza, si no, habrá que crear una parada de rastreo para ese dispositivo de subida; y (d) una vez se tenga una parada de rastreo asignada, se puede crear el dispositivo de subida, y se terminará el procesamiento para ese mensaje.

10

15

20

A través del módulo optimizador de la matriz origen-destino (3.5) se eliminan los posibles falsos positivos de subida de pasajeros y se determinan en qué parada se bajó cada uno de los pasajeros

25

Primeramente, el módulo optimizador de la matriz origen-destino (3.5) accede a el sistema de información estructurado (3.6) para a cada trayecto de una unidad de transporte activa y obtiene todos los dispositivos de usuario que se han identificado como subidas al transporte pero que no han bajado. Si no ha habido más información del usuario que la primera vez que se detectó su subida o la diferencia entre ambas lecturas se considera insuficiente para recorrer varias paradas, quiere decir que se trata de una falso positivo, y que posiblemente fuera una persona que pasaba cerca de la unidad de transporte. En ese momento el módulo optimizador de la matriz origen-destino (3.5) realiza un borrado sobre el sistema de información estructurado (3.6) de ese registro. Esto se puede realizar gracias a que se guarda la información sobre la primera vez que se registró a un usuario en una parada, lo que implicaba una subida a la unidad de transporte, y el estado de la última vez que ese pasajero fue detectado por el sensor distribuido (2) de la unidad de transporte.

30

35

Por otro lado, el módulo optimizador de la matriz origen-destino (3.5) accede a la base de datos relacional (3.6) a través de la red de comunicaciones para obtener todos los dispositivos de unidades de transporte que estén asociados a un estado de subida en una parada, pero no tengan asociados un registro de bajada. En el caso de no tener información en varias lecturas de los sensores distribuidos (2) sobre un dispositivo, se recoge la última lectura y se busca la parada más próxima que realizó esa unidad de transporte. Además, se comprueba si el tiempo desde la parada de subida hasta la de bajada concuerda con el tiempo medio calculado en teoría para ir de una parada a otra. Ese registro se guarda en el sistema de información estructurado (3.6) como estado de subida.

Finalmente, el sistema puede calcular los tiempos medios de trayecto entre paradas para luego comprobar si un usuario ha bajado en una parada o en otra.

Por último, a partir de toda la información recogida y almacenada en el sistema de información estructurado (3.6), el módulo de aprovisionamiento de servicios o interfaz (3.7) ofrece los servicios y las interfaces de usuarios necesarias para presentar la información sobre la información de la matriz origen-destino según multitud de filtros como por ejemplo: por unidad de transporte, por rutas, por paradas, por zonas, por fechas o por trayectos.

El sistema incluye un módulo de coordinación de tiempo que posibilita que todos los elementos que conforman el sistema estén completamente sincronizados en todo momento. Esta funcionalidad se encuentra distribuida entre los diferentes sistemas, estableciendo en todos los elementos un cliente de tiempo que cada cierto tiempo se conecta a un servidor de tiempo central. En caso de no conectar al servidor de tiempo central se podría conectar a servidores secundarios que estarían sincronizados con el primario. Si aun así no es posible, cada dispositivo se lo puede solicitar al servicio central de gestión (3). Si no hay conexión, finalmente el control de tiempo se llevará de forma autónoma mediante una marca de tiempo relativa desde la última vez que se coordinaron los relojes.

Referencias

[1] G. Michau et al., "A Primal-Dual Algorithm for Link Dependent Origin Destination Matrix Estimation," in IEEE Transactions on Signal and Information Processing over Networks, vol.

3, no. 1, pp. 104-113, March 2017. doi: 10.1109/TSIPN.2016.2623094.

[2] V. Khabarov and A. Tesselkin, "Method for estimating origin-destination matrices using Markov models," 2016 11th International Forum on Strategic Technology (IFOST),
5 Novosibirsk, 2016, pp. 389-393.

[3] Lin, D.-Y. and Ku, Y.-H. (2014), Using Genetic Algorithms to Optimize Stopping Patterns for Passenger Rail Transportation. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 29: 264–278. doi: 10.1111/mice.12020.

[4] M. Tanaka, T. Kimata and T. Arai, "Estimation of Passenger Origin-Destination Matrices and Efficiency Evaluation of Public Transportation," 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), Kumamoto, 2016, pp. 1146-1150.

[5] Cui, Alex & Institute of Technology. Dept. of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts. (2007). Bus passenger Origin-Destination Matrix estimation using Automated Data Collection systems.

[6] Zhao, J., Rahbee, A. and Wilson, N. H. M. (2007), Estimating a Rail Passenger Trip Origin-Destination Matrix Using Automatic Data Collection Systems. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22: 376–387. doi:10.1111/j.1467-8667.2007.00494.x.

[7] Y. Wang, B. Du, Q. Rong and X. Lin, "Travel Patterns Analysis of Urban Residents Using Automated Fare Collection System," in *Chinese Journal of Electronics*, vol. 25, no. 1, pp. 40-47, 1 2016.

[8] Yuxiong Ji, Rabi G. Mishalani, Mark R. McCord, Transit passenger origin–destination flow estimation: Efficiently combining onboard survey and large automatic passenger count datasets, In *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 58, Part B, 2015, Pages 178-192.

[9] Ben-Akiva, Moshe & P. Macke, Peter & Ser Hsu, Poh. (1985). Alternative methods to estimate route-level trip tables and expand on-board surveys. *Transportation Research Record*. 1037. 1-11.

[10] R Pérez-delHoyo, MD Andújar-Montoya, H Mora, V Gilart-Iglesias, Unexpected

consequences in the operation of urban environments, *Kybernetes*, 2018.doi: 10.1108/K-02-2018-0096.

[11] V Gilart-Iglesias, H Mora, R Pérez-delHoyo, C García-Mayor, A computational method based on radio frequency technologies for the analysis of accessibility of disabled people in sustainable cities, *Sustainability* 7 (11), 14935-14963, 2015.

[12] H Mora-Mora, V Gilart-Iglesias, D Gil, A Sirvent-Llamas, A computational architecture based on RFID sensors for traceability in smart cities, *Sensors*, 15 (6), 13591-13626, 2015.

[13] Higinio Mora, V Gilart-Iglesias, Raquel Pérez-delHoyo, María Dolores Andújar-Montoya, HJ Compañ Gabucio, Interactive cloud system for the analysis of accessibility in smart cities, *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics* 11 (3), 447-458, 2016.

[14] R. PÉREZ-DELHOYO, C. GARCÍA-MAYOR, H. MORA, V. GILART-IGLESIAS & M.D. ANDÚJAR-MONTOYA, Improving urban accessibility: a methodology for urban dynamics analysis in smart, sustainable and inclusive cities, *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 12 (3): 357 - 367, 2017.

[15] H Mora, V Gilart-Iglesias, R Pérez-del Hoyo, M Andújar-Montoya, A comprehensive system for monitoring urban accessibility in smart cities, *Sensors* 17 (8), 1834, 2017.

[16] H Mora, D Gil, RM Terol, J Azorín, J Szymanski, An IoT-Based Computational Framework for Healthcare Monitoring in Mobile Environments, *Sensors* 17 (10), 2302, 2017.

[17] H Mora, JF Colom, D Gil, A Jimeno-Morenilla, Distributed computational model for shared processing on Cyber-Physical System environments, *Computer Communications* 111, 68-83, 2017.

[18] H Mora Mora, D Gil, JF Colom López, MT Signes Pont, Flexible framework for real-time embedded systems based on mobile cloud computing paradigm, *Mobile information systems*. 2015.

[19] Reddy, S., Mun, M., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Srivastava, M. 2010. Using mobile phones to determine transportation modes. *ACM Trans. Sensor Netw.* 6, 2, Article 13 (February 2010).

[20] Vincent Aguiléra, Sylvain Allio, Vincent Benezech, François Combes, Chloé Million, Using cell phone data to measure quality of service and passenger flows of Paris transit system, In Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 43, Part 2, 2014, Pages 198-211.

[21] M. G. Demissie, S. Phithakkitnukoon, T. Sukhvibul, F. Antunes, R. Gomes and C. Bento, "Inferring Passenger Travel Demand to Improve Urban Mobility in Developing Countries Using Cell Phone Data: A Case Study of Senegal," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 17, no. 9, pp. 2466-2478, Sept. 2016.

[22] T. Parthornratt, N. Burapanonte and W. Gunjarueg, "People identification and counting system using raspberry Pi (AU-PiCC: Raspberry Pi customer counter)," 2016 International Conference on Electronics, Information, and Communications (ICEIC), Da Nang, 2016, pp. 1-5.

[23] M. H. Rahman and M. M. Islam, "An empirical approach to autonomous GSM BTS based on OSS and OSH," 2016 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT), Dhaka, 2016, pp. 1-5.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema de optimización de la gestión de medios de transporte abiertos (4) que comprende una pluralidad de dispositivos móviles (1) portados por los usuarios que están
5 configurados para emitir señales a través de diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica en una red de comunicaciones de área local (5) y que se caracteriza porque cada medio de transporte (4) comprende un sensor distribuido (2) instalado en él; y donde cada sensor distribuido (2) comprende al menos un procesador (2.2) y al menos una antena (2.1) configurada para realizar un sondeo en busca de la señal de los diferentes dispositivos
10 móviles (1) de usuario y enviar la información recopilada de cada dispositivo móvil (1) a un sistema centralizado de gestión (3) que calcula una matriz origen-destino de forma dinámica y optimiza las rutas de transporte en función de la matriz origen-destino.
- 2.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 donde el sensor distribuido (2) comprende
15 un módulo receptor GPS (2.3) que está configurado para adquirir la posición del vehículo cada cierto tiempo y almacenarlo en una memoria (2.4) del sensor distribuido (2) para su posterior envío al sistema centralizado de gestión (3), de tal forma que la memoria (2.4) está configurada para almacenar tanto las trazas GPS obtenidas en cada intervalo de tiempo, como los mensajes que se hayan generado por las antenas (2.1).
- 20 3.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 donde el sensor distribuido (2) comprende un módulo generador de mensajes (2.5) que está configurado para asociar las trazas GPS con las trazas de información de las antenas (2.1) generando un mensaje, que se compone de un identificador único del dispositivo móvil (1) junto a una
25 marca temporal, la latitud y longitud GPS; y donde los mensajes generados se almacenan en la memoria (2.4) antes de ser enviados al sistema centralizado de gestión (3).
- 4.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde el sensor distribuido (2) comprende un módulo optimizador de mensajes (2.6) que está configurado
30 para limpiar y eliminar mensajes que contengan el mismo identificador y una diferencia de tiempo de milisegundos.
- 5.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 donde el sensor distribuido (2) comprende un módulo de envío de mensajes (2.7) que está configurado para
35 el envío de los mensajes pendientes, y una vez haya confirmado que han llegado al destino, eliminar dichos mensajes enviados de la memoria (2.4).

6.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 donde el sensor distribuido (2) comprende un módulo de sincronización de tiempo (2.8) que está configurado para la sincronización del reloj local del sensor distribuido (2) y del cálculo del tiempo relativo desde la última coordinación.

7.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el sistema centralizado de gestión (3) es un servidor configurado para recibir toda la información proveniente de los sensores distribuidos (2) de cada uno de los vehículos (4), procesar dicha información y almacenarla.

8.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el sistema centralizado de gestión (3) comprende un elemento software para la configuración (3.1) de los diferentes sensores distribuidos (2) ubicados en los diferentes vehículos de transporte (4); y donde dicho elemento habilita la configuración del comportamiento de todos los elementos que componen los sensores (2) como las antenas (2.1 y 2.9) activas o los protocolos de comunicación.

9.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el sistema centralizado de gestión (3) comprende un elemento configurado para la recepción y envío de mensajes (3.2) desde y hacia los sensores distribuidos (2) ubicados en los vehículos (4), donde dicha comunicación se realizará a través de la red de comunicaciones mediante tecnología inalámbrica de radiofrecuencia.

10.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 9 donde el sistema centralizado de gestión (3) comprende un elemento de almacenamiento de información masiva (3.3) configurado para almacenar en un sistema de información estructurado (3.6) la información proveniente de los diferentes sensores distribuidos (2) en los vehículos (4) y que es obtenida a través del elemento configurado para la recepción y envío de mensajes (3.2).

11.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el sistema centralizado de gestión (3) comprende un elemento de procesamiento de la matriz origen-destino (3.4) encargado de calcular cada cierto tiempo la matriz origen-destino para cada uno de los vehículos (4) durante sus rutas, de tal forma que el elemento de procesamiento (3.4) está configurado para procesar los mensajes pendientes almacenados en el sistema de información masiva (3.3) actualizando los datos de cada uno de los

vehículos (4).

12.- El sistema de acuerdo con la reivindicación 11 donde el sistema de gestión (3) comprende un elemento optimizador de la matriz origen-destino (3.5), que se ejecuta cada
5 cierto tiempo, previamente configurado, para cada unidad de transporte (4) y donde a partir de los dispositivos de usuario (1) detectados en cada subida y bajada del vehículo (4) está configurado para detectar falsos positivos.

13.- El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el
10 sistema centralizado de gestión (3) integra un elemento software de aprovisionamiento de servicios de negocio configurado para la exposición de los datos estructurados y enriquecidos del sistema para que puedan ofrecerse a través de un interfaz (3.7).

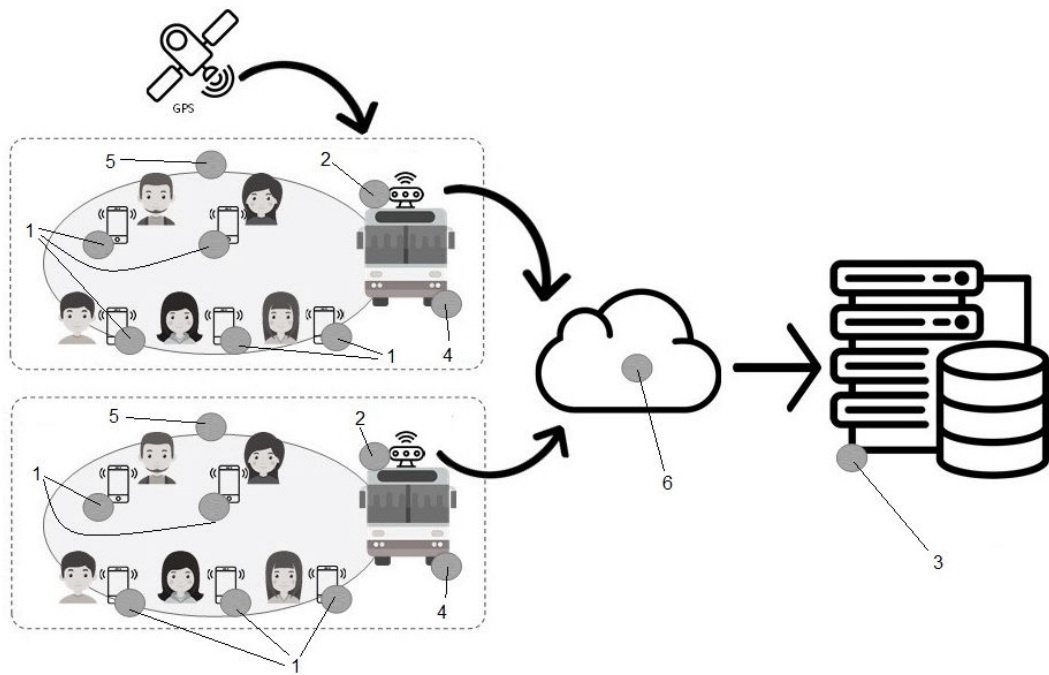


FIG.1

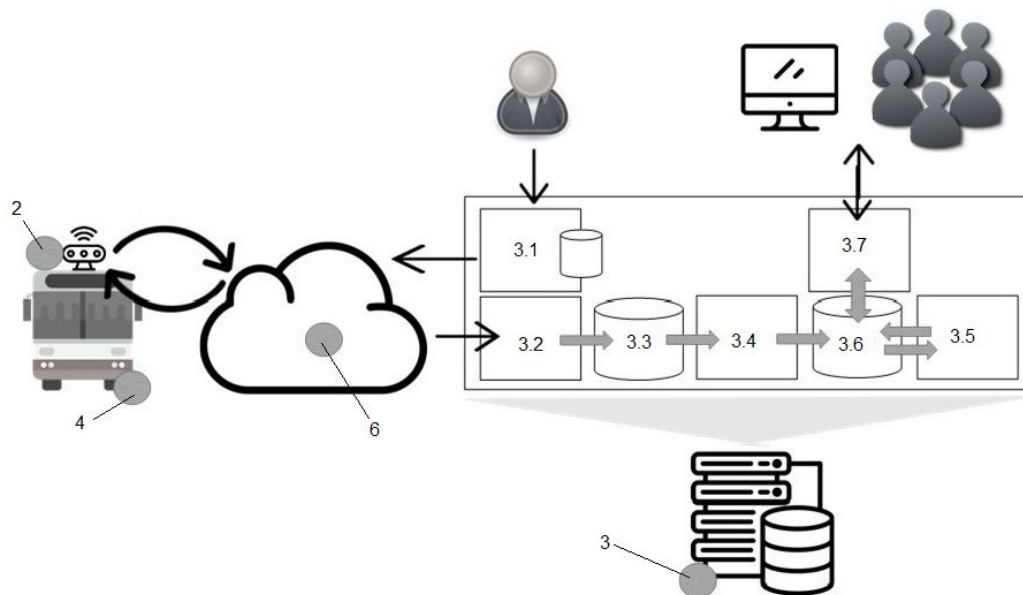


FIG.2

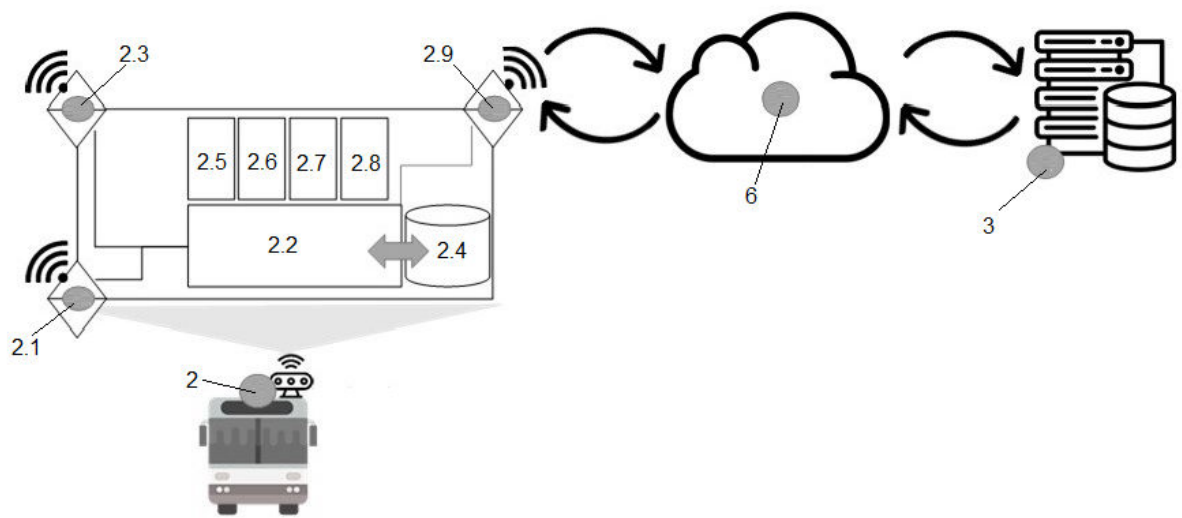


FIG. 3