

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 688**

21 Número de solicitud: 201930810

51 Int. Cl.:

H04W 4/30

(2008.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

18.09.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.03.2020

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
(100.0%)**

**Ed. "La Milagrosa" Plaza Cronista Isidoro
Valverde, s/n
30202 CARTAGENA (Murcia) ES**

72 Inventor/es:

**CANO BAÑOS, María Dolores y
GUILLÉN PÉREZ, Antonio**

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **Aparatos, sistema y método para el conteo de personas en un entorno urbano**

57 Resumen:

Aparatos, sistema y método para el conteo de personas en un entorno urbano.

Sistema y procedimiento para el conteo de personas en un entorno urbano, donde el sistema comprende un subsistema de adquisición de datos con una pluralidad de aparatos capturadores distribuidos en dicho entorno urbano y capturan una señal WiFi emitida por dispositivos móviles que se ubican en dicho entorno; un subsistema de procesado de los datos y generación de información de conteo, categorización y localización con al menos un aparato capturador-procesador, que recibe datos de los aparatos capturadores; y un subsistema de toma de decisiones en base a la información obtenida con un aparato capturador-procesador o un aparato capturador-procesador-actuador, que envía los datos de forma inalámbrica a un servidor remoto; y donde a partir del uso de este sistema se consigue desarrollar un procedimiento con el que se puede conocer en tiempo real el estado de un entorno exterior y aplicar dicho conocimiento para la optimización de diferentes servicios.

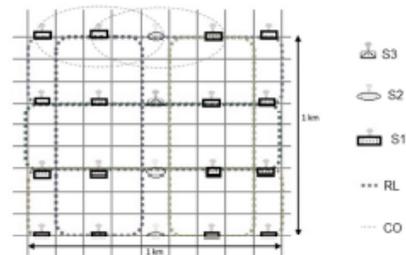


FIG.3

DESCRIPCIÓN

APARATOS, SISTEMA Y METODO PARA EL CONTEO DE PERSONAS EN UN ENTORNO URBANO

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a unos medios de conteo, caracterización y localización de personas en entornos exteriores como los urbanos, siendo el objetivo de esta invención el poder estimar con precisión el número de personas que se encuentran en dicho entorno, además de conseguirse una categorización de dichas personas, es decir, clasificarlas en función del comportamiento: estáticos o en movimiento.

La presente invención se encuadra dentro de los medios, sistemas y métodos de obtención de información en cuanto a las personas que se ubican en un entorno o lugar determinado, y donde esos datos permiten mejoras en la planificación de un entorno urbano inteligente y los sistemas de control de tráfico de dichos entornos urbanos, además de poder planificar otros servicios como los servicios de limpieza, de seguridad, y todo en función de la cantidad y categorización de personas que hay en el entorno urbano.

20

Estado de la técnica

Es conocido por el público en general la importancia de poder disponer de medios de contabilización de personas en un lugar determinado con cierta precisión. Si además de dicha contabilización, se pueden obtener características adicionales como perfiles de personas, por ejemplo, edad, estado de ánimo, comportamiento, u otros, también pueden resultar convenientes para propósitos como el de la seguridad y el control de multitudes, tareas de vigilancia, búsqueda o rescate; en el control y eficiencia energética para el ajuste de los sistemas de calefacción/aire acondicionado en interiores; en la planificación urbana y sistemas inteligentes de transporte para la obtención de patrones peatonales, flujos turísticos, planificación de transporte bajo demanda; en la mejora de la planificación de los servicios ofrecidos en áreas públicas como aeropuertos, hospitales, parques de atracciones, parques públicos, museos o bibliotecas; y en el marketing para el conocimiento de patrones de movimiento dentro de una tienda (seguimiento de personas) o centro comercial (seguimiento de multitudes), número de cajeros a pedido.

35

Hasta ahora, el conteo de personas se ha basado principalmente en el procesamiento de imágenes, en el uso de sensores, o en el uso de modelos históricos y predictivos.

- 5 Con respecto a los métodos de sensores, los entornos abiertos no siempre son adecuados para el despliegue de sensores, ya que la dependencia de pasarelas o puntos de control específicos con una ubicación exacta del sensor limita la precisión.

10 Respecto al procesado de imagen, hay una amplia bibliografía de trabajos en el ámbito de la detección de personas. Centrándonos en propuestas científicas que trabajan en el conteo de personas y no solo en su detección, la identificación de objetos como seres humanos en una imagen generalmente se puede hacer de dos maneras diferentes: detección de la forma humana o detección de la cabeza/cara. Mientras que la primera solo se puede aplicar en escenarios de baja densidad, la segunda técnica se puede usar en situaciones de mucha
15 gente. Esto se debe a que en una escena de multitud las cabezas son las partes más claras y más visibles. Las propuestas basadas en la detección de formas humanas usualmente emplean una plantilla humana predefinida. Normalmente es una forma gaussiana o trapezoidal que representa el ancho, la altura y el tamaño de una persona. Las técnicas comunes de procesamiento de imágenes son: la resta de fondo para extraer humanos del
20 fondo, la orientación de gradiente cuantificada para ubicar puntos de interés y la regresión, como los clasificadores *adaboost* (Refuerzo Adaptativo) para indicar el tipo de un objeto, por ejemplo, una persona. A pesar de la buena precisión que estos enfoques pueden lograr, también exhiben importantes limitaciones. Por ejemplo, pueden surgir problemas si el objeto persona/personas es similar al fondo y, por lo tanto, el fondo debería ser simple para una
25 mejor precisión. Además, podría ocurrir que el área del objeto persona sea demasiado pequeña para ser reconocida o que la distancia entre las personas y la cámara sea demasiado grande. Otro inconveniente puede aparecer si el grado de superposición de personas es tan alto que las personas en la parte posterior y frontal se confunden con una sola persona. Finalmente, también se pueden mencionar los problemas relacionados con los ángulos de
30 visión limitados (áreas ocultas u ocultas), los cambios de iluminación, los cambios en las condiciones climáticas, los problemas de privacidad, el mayor coste de implementación o las mayores necesidades informáticas o de computación.

35 Por otro lado, nuevos modelos predictivos basan su operación en una original ola de técnicas de conteo de personas: el uso de señales de radiofrecuencia (RF). En las comunicaciones,

los principales problemas que tienen las señales de RF son las fluctuaciones complejas y el efecto multicamino. Sin embargo, lo que puede parecer una desventaja en términos de una transmisión efectiva puede convertirse en un activo para otros servicios, como la estimación de multitudes y el conteo de personas. Recientemente, las técnicas basadas en la identificación de señales de RF y sus correspondientes modelos de estimación han ganado relevancia. Entre las ventajas de estas técnicas, se destaca que son capaces de operar en rangos más largos, a un costo menor, y tienen la capacidad de trabajar a través de paredes y obstáculos no conductores. Incluimos en esta categoría aquellos enfoques que emplean redes de sensores inalámbricos, Bluetooth, WiFi, celulares o cualquier otra tecnología inalámbrica. Los mecanismos basados en RF pueden usar información de la capa física como el indicador de intensidad de señal recibida (RSSI), información de estado del canal (CSI), indicador de calidad del canal (CQI) o respuesta de frecuencia del canal (CFR), entre otros. Muchos de estos indicadores se han utilizado ampliamente y con éxito en la localización inalámbrica en interiores. A su vez, la categoría basada en RF se puede dividir en dos subcategorías: sin dispositivo o basada en dispositivo. En los primeros enfoques sin dispositivos, las técnicas propuestas se basan en el hecho de que las personas dejan una firma, también llamada huella digital, en las señales transmitidas. Aquí surge el problema de que el cuerpo humano absorbe parte de la señal, se convierte en un obstáculo y una antena al mismo tiempo, lo que afecta a la LOS y también aumenta el efecto multicamino. En los últimos, algoritmos basados en dispositivos, las propuestas se centran en capturar/medir información de las señales recibidas generadas por los dispositivos de los usuarios. La presente invención se enmarca dentro de esta subcategoría, es decir, en las tecnologías que se basan en capturar información de señales generadas por dispositivos WiFi (como los teléfonos móviles).

A diferencia de otras propuestas, la presente invención tiene la ventaja de que no requiere la cooperación o participación por parte del portador del dispositivo móvil, como si es necesario por ejemplo en lo divulgado por *H. Li, et al., "Wi-Counter: Smartphone-Based People Counter Using Crowdsourced Wi-Fi Signal Data," Trans. Hum. Mach. Syst., vol. 45, no. 4, pp. 442–452, 2015.*

La presente invención también tiene la ventaja de que no necesita capturar todas las tramas WiFi) y sí se puede usar en tiempo real, como si es necesario en lo divulgado por *J. P. Conti, et al., "Dynamic crowd counting via 802.11 MAC layer," in IEEE International Symposium on Consumer Electronics, 2016, pp. 1–2.*, donde además no puede ser utilizado en tiempo real. Este último documento, al igual que el método divulgado por *R. Buchakchiev, "People density*

estimation using Wi-Fi infrastructure,” Aalborg University, 2016. basan su funcionamiento en únicamente capturar los niveles de potencia asociados a las tramas capturadas y “contar” las MACs diferentes recibidas por encima de dicho nivel, y ninguna de estas propuestas se ha hecho para entornos exteriores, siempre en entornos interiores, lo cual simplifica la metodología y no puede ser implementada para entornos urbanos.

Se conoce lo divulgado por *A. B. M. Musa et al., “Tracking unmodified smartphones using wi-fi monitors,” Proc. 10th ACM Conf. Embed. Netw. Sens. Syst. - SenSys '12, p. 281, 2012.* donde este método fuerza a los móviles a través de una vulnerabilidad (método invasivo) a generar más tramas y así facilitar la detección de estos. Esto hace que el objetivo de este método no sea el contar personas sino el seguimiento (tracking) de las mismas. A diferencia de esta divulgación, la presente invención no es invasiva, no altera en nada el funcionamiento normal de los móviles y tiene por objetivo la caracterización del peatón, no su seguimiento.

También se conocen ciertos trabajos, como por ejemplo lo divulgado por *Y. Fukuzaki, et al., “A pedestrian flow analysis system using Wi-Fi packet sensors to a real environment,” Proc. 2014 ACM Int. Jt. Conf. Pervasive Ubiquitous Comput. Adjun. Publ. - UbiComp '14 Adjun., 721–730 (2014)* sólo detectan y cuentan las MAC diferentes sin caracterizar al portador del móvil ni ubicarlo.

También se conoce lo divulgado en el documento WO2017098128 donde se describe un sistema y un método para la captura y procesado de tramas WIFI o Bluetooth emitidas por dispositivos a bordo de un vehículo, en este caso un autobús, pudiendo ser tratados por un servidor a distancia. Este documento permite jerarquizar los elementos del sistema, sin embargo, no es posible ser utilizado para la caracterización de personas y no es posible obtener un conteo preciso de las personas de un entorno exterior, es decir, ese documento señalado ni diferencia ni categoriza a las personas; por tanto, con esa tecnología no se sabe si la persona está andando, moviéndose dentro del autobús o está quieta; tan sólo cuenta la cantidad de gente dentro del vehículo. Sin embargo, en invención objeto de la presente memoria descriptiva, si se aporta esa característica: poder clasificar a la gente en función de si se está moviendo o si está parada o de dónde a dónde se mueve. Volviendo a la patente señalada, en ese documento sólo cuentan a la gente que está dentro de un autobús. En la presente invención se cuenta a peatones de la vía urbana, en espacio abierto, por lo que en la presente invención es necesario de una red de dispositivos que trabajen de forma conjunta. Por último, en dicha patente sólo se mide el nivel de potencia de la señal, mientras que en

presente invención se aplica toda una algoritmia basada en machine learning. Este mismo problema se presenta el documento divulgado por Zhulaing Xhu et al. "Pedestrian Monitoring System using WiFi Thecnology and RSSI Based Localization" International Journal of Wirelees and Mobile Networks, 20130831 donde los datos aproximados globales de peatones en un
5 área están orientados a la planificación de rutas de autobuses.

Relativo a métodos de conteo y localización, también es conocido lo divulgado por Antonio Guillen-Perez, et al. en "A Wifi-based method to count and locate pedestrians in urban traffic scenarios", IEEE Wireless and Mobile Computing, pp. 1-8, Limassol, Cyprus, 2018" y en
10 "Counting and locating people in outdoor environments: A comparative experimental study using WiFi-based passive methods", 3rd International Conference Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering, pp. 1-8, Rome, Italy, 2018." donde se presentan mecanismos a partir de algoritmos para conteo los cuales, en su global, funcionan de forma diferente al que se presenta en esta invención y donde no hay caracterización de
15 dichos peatones. En una comparación de estas divulgaciones con la presente invención, se puede decir que estos documentos podrían considerarse como una introducción muy preliminar de la presente invención, sin embargo, en ambas divulgaciones el método de medición se basaba en observar la variación de la potencia de los mensajes capturados para la clasificación y en la mayor potencia media capturada para la localización, sin sugerirse o
20 comentarse nada sobre la caracterización u otras funcionalidades que se consiguen obtener con la presente invención.

Habida cuenta de los antecedentes existentes en este campo de la técnica, no se conocen medios o métodos con los que se consiga el conteo preciso de los peatones en un entorno
25 externo, y que además de ese conteo se puedan obtener otros parámetros no contemplados en tecnologías conocidas como la categorización o ubicación de dichos peatones y viandantes a partir de medios informáticos. Por medio de la invención que a continuación se describe y detalla, se da solución a estos problemas técnicos, y se puede dar solución al problema técnico de la estimación precisa de forma casi instantánea del número de personas que se
30 encuentran en un entorno exterior, al igual que la obtención de otros datos que siendo procesados permiten la optimización de la planificación de un entorno urbano inteligente y de otros servicios, como son los sistemas de control de tráfico en dicho entorno urbano objeto de análisis.

Descripción de la invención

La presente invención consiste en un aparato, un sistema y un método con el que se puede estimar con una elevada precisión, de forma instantánea y anónima, el número de personas
5 en un entorno externo como puede ser una calle, categorizar dichas personas, discriminar su comportamiento como puede ser estar en movimiento o estar paradas, y ubicarlas correctamente en un lugar exacto de dicho entorno. Mediante el uso del sistema del presente invento se consigue conocer en tiempo real el estado de un entorno exterior en términos de peatones y aplicar dicho conocimiento a la mejora y optimización de diferentes servicios
10 relacionados con la planificación de un entorno urbano inteligente y los sistemas de control de tráfico de dichos entornos urbanos.

El invento tiene un primer objetivo, que es la definición de unos medios capaces de obtener información en tiempo real del estado de un entorno exterior en términos de peatones. Para
15 ello se dispone de un sistema que lo compone se divide en tres subsistemas: un subsistema de adquisición de datos (subsistema 1); un subsistema de procesamiento de los datos y generación de información de conteo, categorización y localización (subsistema 2); y un subsistema de toma de decisiones en base a la información obtenida (subsistema 3).

20 Además, la invención comprende un aparato captador incluido solamente el subsistema 1, mientras que se dispone de un aparato captador-procesador que incluye los subsistemas 2 y/o 3.

El subsistema de adquisición de datos está compuesto por un módulo que captura la señal
25 WiFi emitida por los dispositivos móviles (p.e. smartphones) de forma nativa sin que sea necesario que exista una conexión a un punto de acceso, ni instalar ninguna aplicación en el móvil. Es importante aclarar que los "dispositivos móviles de los viandantes" son dispositivos que hacen referencia a cualquier dispositivo electrónico portátil que incorpore módulos de comunicación WiFi y que esta WiFi esté activa (habilitada, no necesariamente enviando datos
30 ni conectada a ninguna red, simplemente encendida, en estado ON). Lo normal hoy en día es que sea un Smartphone (un teléfono móvil que lleve WiFi) pero en un futuro puede ser un wearable o cualquier otro dispositivo que incorpore tecnología WiFi.

Este subsistema debe disponer de una interfaz de comunicación WiFi. Una vez capturada la
35 señal se almacena la información contenida en ella correspondiente a los niveles más bajos

de la arquitectura de comunicación, de forma anónima y agregada. El identificador del módulo se añade a la información capturada. Este módulo ha de replicarse tantas veces como sea necesario en función de la aplicación que se le vaya a dar al sistema. Además, el módulo ha de tener capacidad de comunicación (preferiblemente inalámbrica, aunque podría ser cableada) con el subsistema de procesado de los datos y generación de información (aparato 5 capturador-procesador).

El subsistema de procesado de los datos y generación de información recopila los datos en bruto recogidos por el subsistema de adquisición de datos. Los datos se discriminan en primer 10 lugar en función del dispositivo WiFi que los generó (anonimizado). A continuación, se identifican todos los módulos del subsistema de adquisición de datos que han capturado información de un mismo dispositivo y para ese dispositivo identificado se obtienen diferentes estadísticos. El siguiente paso es el análisis temporal de comportamiento en base a un procedimiento de aprendizaje máquina que discrimina el comportamiento del peatón. Este 15 procedimiento se ha optimizado para poder ser ejecutado en dispositivos embebidos. La salida del subsistema es una caracterización del peatón en función de la salida del discriminador, por ejemplo, la densidad de peatones en una ubicación dada o el patrón de flujo de los peatones. Esto permite aumentar las posibilidades y funcionalidades del sistema, dado que por ejemplo se puede diferenciar entre estáticos – y en lugar de parada- o en 20 movimiento – y tipos de movimiento: corriendo o andando, de dónde a dónde, u otros.

El subsistema de toma de decisiones incluye un módulo que actúa sobre otro servicio u otro sistema (que puede denominarse sistema secundario) en base a la información proporcionada por el subsistema de procesado de los datos y generación de información. Según la 25 información obtenida, este subsistema, bien directamente por disponer de conexión directa o bien a través de una red de comunicación externa, podría modificar parámetros del sistema secundario si es pertinente.

Las ventajas de esta invención frente a otras técnicas son: una mayor precisión (rondamos el 30 99,8% de precisión – ningún trabajo previo muestra resultados de precisión en exterior porque no se ha clasificado y ubicado a los peatones), un bajo consumo energético, operación en tiempo real (p.e. el tiempo de ejecución rondaría los 0,11 s para un escenario con más de 700 viandantes), totalmente no intrusivo con los peatones (ni con los móviles) porque sólo se captura lo que el dispositivo móvil genera de forma normal, capaz de funcionar en entorno 35 outdoor al no basarse sólo en la medida de los niveles de potencia sino en estadísticos

calculados a partir de los datos capturados (el resto de métodos que se basa sólo en la medición del RSS o en su media o varianza no tiene grandes variaciones de nivel al tratarse de escenarios con menos efectos multicamino sobre la señal y por lo tanto obtienen peores resultados en términos de precisión, lo cual hace que la presente invención presente una
5 ventaja técnica respecto de esas tecnologías conocidas).

Entrando en el detalle de la invención, hay un primer objeto que consiste en la definición de un aparato para que pueda capturar información, y/o capturar y procesar la información, y/o actuar y enviar órdenes. La invención se basa en la utilización de una pluralidad de aparatos,
10 los cuales trabajan por grupos. En cada grupo hay varios aparatos con la funcionalidad de capturadores, al menos un aparato capturador-procesador, y al menos otro aparato capturador-procesador-actuador que permita enviar información a otros aparatos de funcionalidades semejantes o a un servidor remoto. Los capturadores-procesadores y los
15 capturadores-procesadores-actuadores tienen capacidad de comunicación con otros aparatos o con la nube a través de comunicación de larga distancia y bajo consumo (p.e. tipo LPWAN, comunicación de dispositivos IoT con bajo consumo a larga distancia).

Los aparatos capturadores comprenden:

- un módulo de adquisición que captura la señal WiFi emitida por unos dispositivos
20 móviles de forma nativa sin que sea necesario que exista una conexión a un punto de acceso, donde este módulo ha de replicarse tantas veces como sea necesario en función de la aplicación que se le vaya a dar al sistema;
- una interfaz de comunicación WiFi, donde se almacena la información obtenida de los dispositivos móviles, y que se refiere a los niveles más bajos de la arquitectura de
25 comunicación, de forma anónima y agregada;
- un identificador del módulo que se añade a la información capturada;
- un comunicador, que puede ser inalámbrico o cableado con el subsistema de procesado de los datos y generación de información (aparatos capturador-procesador).

30 Este dispositivo también puede reenviar los datos que otro capturador intenta hacer llegar al capturador-procesador, y que por no entrar dentro de su rango de cobertura, no alcanza.

Los aparatos capturador-procesador comprenden a su vez:

- un módulo discriminizador de la información recibida de forma anonimizada de cada
35 aparato capturador;

- un módulo identificador de los módulos del subsistema de adquisición de datos que han capturado información de un mismo dispositivo móvil y para ese dispositivo identificado se obtienen diferentes estadísticos;
- 5 - un módulo de análisis temporal, donde por medios informáticos se analiza el comportamiento en base a un procedimiento de aprendizaje máquina que discrimina el comportamiento del peatón; y donde se obtiene una caracterización del peatón en función de la salida del discriminador, por ejemplo, la densidad de peatones en una ubicación dada o el patrón de flujo de los peatones, o cualquier característica que se pueda extraer de la clasificación/diferenciación;
- 10 - un módulo comunicador inalámbrico para comunicarse con aparatos capturador-procesador-actuador del subsistema de toma de decisiones (S3) o con un servidor remoto.

Los aparatos capturador-procesador-actuador comprenden:

- 15 - un módulo actuador, que mediante medios informáticos toma decisiones en base a la información obtenida de los aparatos capturador-procesador, y
- un módulo comunicador inalámbrico que permite enviar información a otros aparatos de funcionalidades semejantes o a un servidor remoto

A partir de ahí, la invención en ese aparato semejante o servidor remoto permite por ejemplo visualizar esa información (el estado del sistema, de la zona de la ciudad donde se aplica el sistema) o monitorizar el comportamiento del sistema de forma remota. Por ejemplo, desde una empresa de transporte urbano se podría visualizar de forma remota el estado – en términos de personas- de las paradas de autobús, o un ayuntamiento podría saber si se está produciendo una concentración de personas en la vía, u otros.

25

La invención tiene un segundo objeto, que es la definición del sistema, que como se ha adelantado previamente lo componen toda una pluralidad de aparatos con esas diferentes funcionalidades, y donde el sistema se puede subdividir en tres subsistemas:

- un subsistema de adquisición de datos (S1);
- 30 - un subsistema de procesado de los datos y generación de información (S2) de conteo, categorización y localización; y
- un subsistema de toma de decisiones (S3) en base a la información obtenida.

En este sentido, los aparatos capturadores sólo se encuentran incluidos en el subsistema de adquisición de datos (S1); los aparatos capturadores-procesadores se incluyen en el

35

subsistema de procesado de los datos y generación de información (S2) de conteo, categorización y localización; y pueden incluirse en el subsistema de toma de decisiones (S3) en base a la información obtenida; y los aparatos se incluyen en el subsistema de toma de decisiones (S3). Mediante el uso de este sistema se consigue conocer en tiempo real el estado de un entorno exterior, como por ejemplo las vías urbanas, en términos de peatones y aplicar dicho conocimiento para la mejora u optimización de diferentes servicios, tal como se ha comentado con anterioridad.

Se ha de tener en cuenta que, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, el término “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas o elementos adicionales. Además, con el objeto de completar la descripción y de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se presenta unas figuras, en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente:

La Figura 1 represente un diagrama de flujo donde se describe la operación de un aparato capturador.

La Figura 2 representa un diagrama de flujo donde se describe la operación de un aparato capturador-procesador.

La Figura 3 representa de forma esquemática un posible escenario de despliegue del sistema y sus aparatos.

Descripción detallada de un modo de realización de la invención

Para la definición de un modo de realización de la invención, primeramente se parte de la descripción de la operatividad de un aparato capturador. En este sentido, tal como se observa en la Fig.1, todo parte de la captura de datos (C1) de tramas Probe con la petición de almacenado y con la identificación del módulo capturador; una comprobación del tiempo t (C2), de modo que si no ha finalizado dicho tiempo vuelve a la etapa inicial, y si ha finalizado se envía la información (C3) a un aparato capturador-procesador. Ese tiempo t es la frecuencia con la que el capturador le envía la información al capturador-procesador. Puede ser $t=5s$, que significa que junta las capturas durante 5s y luego las manda, o $t=30$ y luego las manda, y así sucesivamente.

Por su parte, tal como se observa en la Fig.2, la operatividad de un aparato capturador-procesador se basa en recibir la información previa desde un aparato capturador, donde en dicho aparato capturador ha habida una captura de datos (C1') según lo indicado previamente, y si, también de acuerdo a lo previamente descrito, tras una comprobación del tiempo t (C2') si ha finalizado dicho tiempo se envía la información al aparato capturador-procesado, donde hay una recepción (CP1) de la información de todos los aparatos capturadores de un grupo. Tras esta recepción hay un análisis de si todas las capturas han superado un límite de espera (CP2), de modo que si la respuesta es no vuelve a ese análisis, pero si la respuesta es que si ha superado el límite, dichas capturas se agrupan (CP3) y se analizan si el código de identificación es coincidente. Esto significa que un tiempo t' para que todos los capturadores envíen la información al capturador-procesador, por ejemplo, $t'=5$ s. Se pasará al siguiente paso del flujograma si se reciben los datos de todos los capturadores antes de que acaben esos 5 s o si vence ese temporizador de 5 s.

A partir de aquí se aplica por medios informáticos un *Random forest* - "Bosque Aleatorio" (CP4) que es un algoritmo previamente entrenado con los coeficientes de los polinomios de regresión y 5 árboles de decisión a cada agrupación obtenida del paso anterior. Una de las ventajas y diferenciaciones de la presente invención es que existe un entrenamiento offline (previo al despliegue de los aparatos del sistema), que permite entrenar el sistema, y que este aprenda, es decir, que es un paso previo a todo. Se hace mediante computación por ordenador, a partir de la descripción del entorno donde se va a instalar el sistema, por ejemplo, altura de edificios, anchura de calles, árboles o no, u otros.

A continuación, cada agrupación se clasifica (CP5) por medio de medios informáticos como movimiento o como estático. A partir de la suma de cada agrupación en movimiento más las estáticas se estima (CP6) el número de peatones. La estimación es el resultado de aplicar el algoritmo de Random Forest con las características dadas y tras el proceso de entrenamiento.

En este momento se analiza con medios informáticos (CP7), preferentemente el algoritmo Random Forest entrenado, si alguna de las agrupaciones coincide en la clasificación como movimiento, de tal forma que, si la respuesta es afirmativa, se determina que es un peatón en movimiento (CP8). Si la respuesta es negativa, se determina que el peatón es estático (CP9), y a continuación se aplica (CP10) por medios informáticos un Random forest con los coeficientes de los polinomios de regresión y 5 árboles de decisión a cada agrupación obtenida del paso anterior, y hay una determinación (CP11) de cada peatón ubicado en cada

aparato capturador, donde de nuevo es la salida del algoritmo tras haber sido entrenado, y en este caso lo que nos dice es la ubicación (dónde está parado ese peatón), antes nos decía si era un peatón en movimiento o parado. De tal forma que, en este momento, independientemente que originalmente se haya considerado previamente que es un peatón en movimiento (CP8) o estático (CP9), el paso final es tomar la decisión (CP12) de actuar y/o enviar la información a la nube/servidor y/o a un aparato capturador-procesador-actuador el cual a su vez se encargaría de enviar la información a la nube. En este sentido, la toma de decisión depende de la aplicación, por ejemplo, si es un servicio de autobuses, se puede decidir que si el número de gente que hay en las paradas supera un umbral, se aumente la frecuencia con la que pasan los autobuses de las líneas afectadas. El enviar información a la nube permite que los datos de salida, la cantidad de gente y su caracterización, puedan ser visualizados/monitorizados por alguien a distancia y analizar lo que está ocurriendo en tiempo real.

Para poder mostrar el despliegue y funcionamiento de la invención, en la Fig.3 se muestra un posible escenario de al menos 1 km², donde se distribuyen una pluralidad de aparatos capturadores, capturador-procesador y capturador-procesador-actuador; de modo que se pueden formar los subsistemas previamente indicados, es decir, subsistemas de adquisición de datos (S1); subsistemas de procesado de los datos y generación de información (S2); y subsistemas de toma de decisiones (S3), partiendo del hecho de que los aparatos capturadores sólo se encuentran incluidos en el subsistema de adquisición de datos (S1); los aparatos capturadores-procesadores se incluyen en el subsistema de procesado de los datos y generación de información (S2) de conteo, categorización y localización, pero que también pueden incluirse en el subsistema de toma de decisiones (S3) en base a la información obtenida; y los aparatos capturador-procesador-actuador se incluyen en el subsistema de toma de decisiones (S3). En este sentido también se representa unos ejemplos de cobertura (CO), y se muestra de forma esquemática unos recorridos de diferentes líneas de transporte público (autobuses) (RL). Mediante el uso de este sistema se consigue conocer en tiempo real el estado de un entorno exterior, como por ejemplo las vías urbanas, en términos de peatones y aplicar dicho conocimiento para la mejora u optimización de diferentes servicios como la gestión de las líneas de autobuses.

En este sentido, en un modo de realización preferente de la invención, podemos suponer un entorno urbano como el representado en la Fig.3 donde existe un sistema transporte público formado por una flota de 10 vehículos (p.e. autobuses) autónomos. Se puede modelar dicho

entorno urbano como una cuadrícula de 10 vías horizontales y 10 vías verticales cada una con una longitud de 2000 metros como aparece en la siguiente figura. Los 10 vehículos dan servicio a 5 líneas con recorrido diferente como muestra dicha figura. Cada 100 metros se ubicaría una parada.

5

En cada parada se instala un aparato capturador de un subsistema de adquisición de datos (S1).

10 Por cada vía se instala un aparato capturador-procesador de un subsistema de procesado de datos y generación de información (S2). Cada clúster o grupo estaría formado por el capturador-procesador y los capturadores de la misma vía.

Para el entorno urbano se instala un aparato capturador-procesador-actuador de un subsistema de toma de decisiones (S3).

15

Todos los subsistemas son capaces de comunicarse entre sí.

20 La frecuencia de paso de los autobuses es por defecto de 15 minutos pero configurable entre un mínimo de 10 minutos y un máximo de 30 minutos. El subsistema de adquisición de datos (S1) con sus aparatos capturadores comienza la captura de tráfico en el instante $t=0$ s durante un intervalo de tiempo t (por ejemplo 30 s). Transcurrido este tiempo se habrán capturado datos de todos los dispositivos WiFi (peatones) que hayan pasado por dentro del área de cobertura de los capturadores.

25 Estos datos se transfieren al capturador-procesador de un subsistema de procesado de datos y generación de información (S2) que los procesa y que obtiene en un tiempo muy reducido (del orden de milisegundos) el número de peatones que hay estáticos en cada parada, cuántos hay en movimiento y para éstos últimos, en qué sentido. Este proceso de obtención de datos y procesado de los mismos se repite durante un tiempo T configurable, por ejemplo, cada $T=5$
30 minutos (6 repeticiones de captura). Con la información obtenida, el aparato capturador-procesador-actuador que incorpora el subsistema de toma de decisiones (S3) alerta a la flota para aumentar la frecuencia de paso si se detectan un número de paradas x con un número de peatones mayores que P , puede adaptar el sistema para aumentar el número de vehículos en cada línea en tiempo real, o cualquier otra acción de mejora de la eficiencia del sistema de
35 transporte público. Como se ha adelantado, este sistema es especialmente útil en sistemas

de transporte público autónomos caracterizados por comunicación máquina a máquina y donde los propios sistemas son capaces de tomar decisiones para mejorar la eficiencia sin intervención humana, y donde los humanos podemos visualizar, monitorizar o incluso obligar a que se tenga que dar el visto bueno a las decisiones tomadas por el sistema, haciendo uso de ese servidor en la red.

5

10

REIVINDICACIONES

1. Sistema para el conteo de personas en un entorno urbano, que se caracteriza por que comprende:
 - 5 - un subsistema de adquisición de datos (S1), que comprende una pluralidad de aparatos capturadores distribuidos en dicho entorno urbano y capturan una señal WiFi emitida por dispositivos móviles que se ubican en dicho entorno;
 - un subsistema de procesado de los datos y generación de información (S2) de conteo, categorización y localización; que comprende al menos un aparato capturador-
10 procesador, que recibe datos de los aparatos capturadores; y
 - un subsistema de toma de decisiones (S3) en base a la información obtenida, que comprende un aparato capturador-procesador o un aparato capturador-procesador-actuador, que envía los datos de forma inalámbrica a un servidor remoto.

- 15 2. Sistema para el conteo de personas en un entorno urbano, según la reivindicación 1, donde cada aparato capturador comprende:
 - un módulo de adquisición que captura la señal WiFi emitida por unos dispositivos móviles;
 - una interfaz de comunicación WiFi, donde se almacena la información obtenida de los
20 dispositivos móviles de forma anónima y agregada;
 - un identificador del módulo que se añade a la información capturada;
 - un módulo comunicador con el subsistema de procesado de los datos y generación de información (S2).

- 25 3. Sistema para el conteo de personas en un entorno urbano, según la reivindicación 2, donde el módulo comunicador es inalámbrico.

4. Sistema para el conteo de personas en un entorno urbano, según la reivindicación 1, donde cada aparato capturador-procesador comprende:
 - 30 - un módulo discriminizador de la información recibida de forma anonimizada de cada aparato capturador;
 - un módulo identificador de los módulos del subsistema de adquisición de datos que han capturado información de un mismo dispositivo móvil y para ese dispositivo identificado se obtienen diferentes estadísticos;
 - 35 - un módulo de análisis temporal, donde por medios informáticos se analiza el

comportamiento en base a un procedimiento de aprendizaje máquina que discrimina el comportamiento del peatón; y donde se obtiene una caracterización del peatón en función de la salida del discriminador;

- un módulo comunicador inalámbrico para comunicarse con aparatos subsistema de toma de decisiones (S3) en base a la información obtenida o un servidor remoto.

5. Sistema para el conteo de personas en un entorno urbano, según la reivindicación 1, donde cada aparato capturador-procesador-actuador comprende:

- un módulo actuador, que mediante medios informáticos toma decisiones en base a la información obtenida de los aparatos capturador-procesador, y
- un módulo comunicador inalámbrico de envío de información de forma inalámbrica a un servidor remoto.

6. Procedimiento para el conteo de personas en un entorno urbano que se lleva a cabo con un sistema de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, que comprende las etapas de:

- i. captura de datos a partir de una señal WiFi emitida por dispositivos móviles que se ubican en dicho entorno por medio de un aparato capturador y asignación de un código de identificación;
- ii. comprobación de un tiempo predefinido, de modo que si la respuesta es:
 - a. negativa, vuelve a la etapa inicial, y
 - b. positiva, se envía la información a un aparato capturador-procesador;
- iii. recepción por parte de un aparato capturador-procesador de de la información de todos los aparatos capturadores de un grupo;
- iv. análisis de si todas las capturas han superado un límite de espera predefinido, de modo que si la respuesta es:
 - a. negativa, vuelve a ese análisis, y
 - b. positiva, se prosigue el procedimiento;
- v. agrupamiento de dichas capturas y se analizan si el código de identificación es coincidente;
- vi. aplicación por medios informáticos de un *Random forest* (Bosque Aleatorio) que es un algoritmo informático con los coeficientes de los polinomios de regresión y 5 árboles de decisión a cada agrupación obtenida del paso anterior;
- vii. clasificación de cada agrupación por medio de medios informáticos como movimiento o como estático;
- viii. estimación del número de peatones a partir de la suma de cada agrupación en

movimiento más las estáticas;

ix. análisis con medios informáticos si alguna de las agrupaciones coincide en la clasificación como movimiento, de tal forma que si la respuesta es:

a. afirmativa, se determina que es un peatón en movimiento,

b. negativa, se determina que el peatón es estático y a continuación se aplica por medios informáticos un *Random forest* con los coeficientes de los polinomios de regresión y 5 árboles de decisión a cada agrupación obtenida del paso anterior, y posteriormente hay una determinación de cada peatón ubicado en cada aparato capturador;

x. una vez considerado que un peatón está en movimiento o es estático, finalmente, se toma la decisión de actuar y/o enviar la información a un servidor remoto.

7. Procedimiento, según la reivindicación 6, donde la etapa x) se ejecuta desde un aparato capturador-procesador o desde un aparato-procesador-actuador.

8. Procedimiento, según la reivindicación 6, donde el *Random forest* es un algoritmo que ha sido entrenado previo al despliegue de los aparatos del sistema.

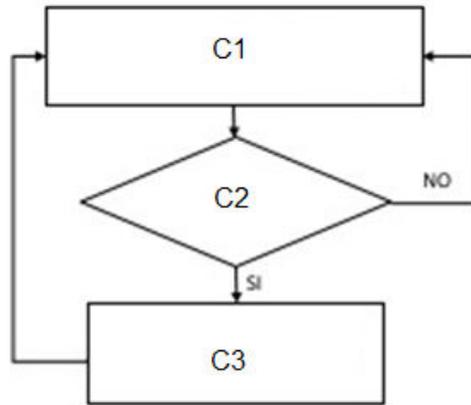


FIG.1

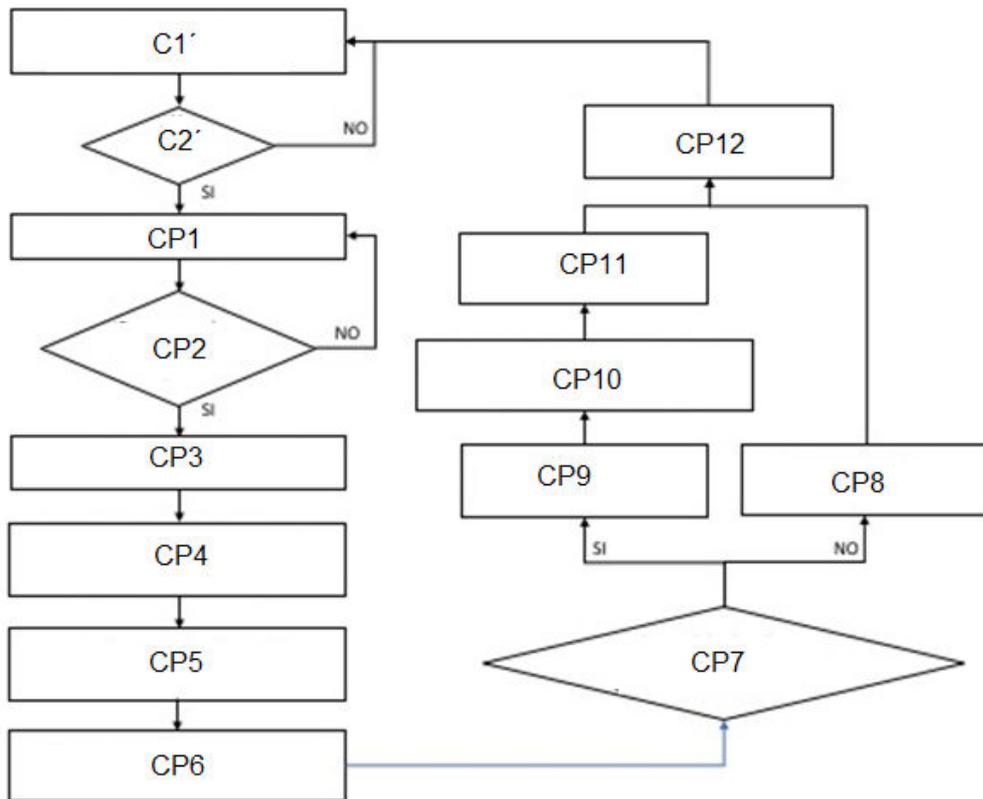


FIG.2



- ②① N.º solicitud: 201930810
②② Fecha de presentación de la solicitud: 18.09.2019
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H04W4/30** (2018.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	GUILLEN-PEREZ A et al. Counting and locating people in outdoor environments: a comparative experimental study using WiFi-based passive methods. ITM Web of Conferences 2019 EDP Sciences France. , 30/11/2018, Vol. 24, Páginas 01010 (9 pp.), ISSN 2271-2097 (print), <DOI: doi:10.1051/itmconf/20192401010>. Todo el documento.	1-8
X	KALATIAN ARASH et al. Mobility Mode Detection Using WiFi Signals. 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), 20180916 IEEE. , 16/09/2018, Páginas 1 - 7, <DOI: doi:10.1109/ISC2.2018.8656903>. Secciones I. Introduction, III. Data	1-8
X	BR 102018001411 A2 (ADRIANO FAVARO et al.) 06/08/2019, párrafos [00025 - 00027]; párrafos [00030 - 00031]; párrafo [00033]; párrafo [00035]; párrafos [00041 - 00044]; párrafos [00046 - 00047]; párrafos [00049 - 00052];	1-8
X	GUILLEN-PEREZ ANTONIO et al. A WiFi-based method to count and locate pedestrians in urban traffic scenarios. 2018 14th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 20181015 IEEE. , 15/10/2018, Páginas 123 - 130, <DOI: doi:10.1109/WiMOB.2018.8589170>. todo el documento.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
17.03.2020

Examinador
M. L. Alvarez Moreno

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04W

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, Inspec