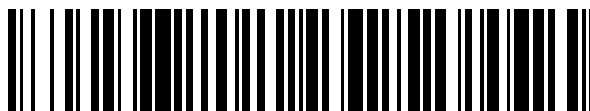


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 454**

51 Int. Cl.:

H04W 64/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11748577 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2647252**

54 Título: **Un método para la localización residencial de usuarios de teléfono móvil**

30 Prioridad:

30.11.2010 ES 201331767

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

27.03.2015

73 Titular/es:

**TELFÓNICA, S.A. (100.0%)
Gran Vía, 28
28013 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**FRÍAS MARTÍNEZ, VANESSA y
FRÍAS MARTÍNEZ, ENRIQUE**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 532 454 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

Un método para la localización residencial de usuarios de teléfono móvil

DESCRIPCIÓN

5 **Campo de la técnica**

La presente invención se refiere, en general, a un método para la localización residencial de usuarios de teléfono móvil, y más particularmente a un método que comprende analizar datos de llamadas de teléfono móvil de usuarios cuyas ubicaciones residenciales se conocen a priori, y aplicar el conocimiento obtenido de los mismos para determinar automáticamente la ubicación residencial de usuarios cuya ubicación residencial se desconoce.

Estado de la técnica anterior

15 La ubicación doméstica es de importancia crítica para los departamentos de marketing de los operadores de telefonía móvil puesto que se usa para ofrecer publicidad personalizada a una persona, por ejemplo anuncios que mientras se encuentra en casa pueden personalizarse de una manera diferente a cuando se envían anuncios mientras está de camino al trabajo. Los departamentos de marketing de las empresas de telecomunicaciones desean conseguir una comprensión profunda de sus clientes con el fin de personalizar sus servicios según su ubicación residencial, su nivel socioeconómico, su género o su edad.

Sin embargo, la información de ubicación residencial sólo está disponible para usuarios que tienen un contrato con el operador, lo que en algunos casos puede ser tan sólo un 5% de la base de clientes total. Por tanto, se necesita un método para obtener la ubicación residencial de los clientes para los que no está disponible esta información.

25 Se han usado ampliamente rastros de teléfono móvil para modelar y entender los patrones de movilidad de los usuarios [1, 2, 3]. Un trabajo reciente de González et al [3] siguió el rastro de la trayectoria seguida por 100.000 usuarios a lo largo de un periodo de 6 meses. Los resultados mostraron un alto grado de correlación temporal y espacial que podría ser de ayuda para una predicción de la trayectoria. Un trabajo similar fue llevado a cabo por Bayir et al. [1] usando más de 350.000 horas de datos de registro de teléfono móvil para modelar trayectorias de usuarios de teléfono móvil típicas. Para el experimento, los usuarios facilitaron información específica relacionada con sus ubicaciones domésticas y laborales. Los autores encontraron que los usuarios pasaban, en promedio, más de un 67% de su tiempo entre casa y trabajo, y demostraron que son muy predecibles patrones frecuentes.

35 Aunque se ha dedicado mucho trabajo para entender los patrones de movilidad y su predictibilidad, en lo que respecta al conocimiento de los presentes inventores, no existen esfuerzos previos documentados para identificar automáticamente la ubicación residencial de un individuo basándose en su huella de comportamiento de teléfono móvil.

40 Aunque no existen algoritmos para identificar automáticamente la ubicación residencial de un individuo basándose en sus rastros de uso de teléfono móvil, las empresas de telecomunicaciones han abordado hasta el momento el problema predefiniendo manualmente un conjunto de reglas según el comportamiento social local típico, es decir, casa se define como la ubicación desde la que los usuarios realizan llamadas de teléfono móvil a partir de un cierto momento por la noche durante ciertos días de la semana. Sin embargo, estas soluciones manuales son ad hoc y es necesario modificarlas caso por caso, lo que las convierte en tediosas y no científicas, y especialmente nada prácticas para empresas como Telefónica con clientes por diversos países y continentes, y por tanto con diferentes husos horarios.

Descripción de la invención

50 Es necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que cubra las carencias encontradas en el mismo, particularmente en relación con la falta de métodos para identificar automáticamente la ubicación residencial de usuarios de teléfono móvil.

55 Con este fin, la presente invención proporciona un método para la localización residencial de usuarios de teléfono móvil, que comprende definir la ubicación residencial de uno o más usuarios según su actividad de teléfono móvil durante un patrón de tiempo que comprende al menos un periodo de tiempo específico.

60 De una manera característica, el método de la invención comprende llevar a cabo dicha localización residencial llevando a cabo automáticamente las siguientes etapas:

- a) determinar dicho patrón de tiempo, o patrón de llamada residencial, a partir de datos de llamadas de teléfono móvil de una pluralidad de usuarios cuyas ubicaciones residenciales se conocen a priori, tales como abonados/usuarios con contrato, y

b) aplicar dicho patrón de llamada residencial determinado a los datos de llamadas de teléfono móvil de cada uno de dichos uno o más usuarios cuya ubicación residencial se desconoce, tal como usuarios anónimos o clientes de prepago, con el fin de determinar su ubicación residencial como aquella en la que se ha realizado al menos una llamada con su teléfono móvil en dicho al menos un periodo específico incluido en dicho patrón de llamada residencial.

En una realización preferida, el método comprende obtener dichos datos de llamadas de teléfono móvil de dicha etapa a) y/o de dicha etapa b) a partir de registros de detalles de llamadas (CDR, *call detail records*) de los teléfonos móviles de dichos usuarios.

Dicho patrón de llamada residencial incluye generalmente una combinación de días de la semana y momentos del día en los que los usuarios realizan llamadas en sus respectivas ubicaciones residenciales.

El método comprende, según una realización, llevar a cabo dicha etapa a) mediante al menos una primera subetapa a1) de asociar, para cada uno de dicha pluralidad de usuarios, una identificación de zona geográfica conocida, tal como un código postal, representativa de dicha ubicación residencial conocida a priori, a al menos una torre celular que cubre dicha zona geográfica, con el fin de definir la ubicación residencial de dicha pluralidad de usuarios mediante las torres celulares que proporcionan cobertura a sus teléfonos móviles cuando se encuentran en sus ubicaciones residenciales, ya que, dado que las llamadas de teléfono móvil se geolocalizan mediante una torre celular, también es necesario especificar la ubicación residencial para dichos usuarios en ese formato.

Por tanto, esta primera subetapa a1) proporcionará una etiqueta para cada cliente con contrato por lo cual la etiqueta caracteriza la ubicación residencial del usuario en términos de la torre celular en lugar del código postal.

Ventajosamente, tras dicha primera subetapa a1), el método comprende llevar a cabo una segunda subetapa a2) que comprende determinar la huella de comportamiento de cada uno de dicha pluralidad de usuarios a partir de su uso del teléfono móvil y asignar, a partir de la huella de comportamiento determinada, una torre celular que representa su ubicación residencial.

Con el fin de encontrar un patrón de llamada residencial óptimo que maximice el porcentaje de usuarios para los que la torre celular asignada como ubicación residencial sea correcta, dicha segunda subetapa a2) comprende además aplicar una técnica de optimización a los datos de un conjunto de entrenamiento que incluye datos relativos a cada uno de dicha pluralidad de usuarios con ubicaciones conocidas, que se refieren al menos a su identificación, sus llamadas de teléfono móvil y la torre celular asignada a los mismos.

Dicha subetapa a2) intenta encontrar la mejor combinación de días de la semana y momentos del día que caracteriza el patrón de llamada a partir de ubicaciones residenciales para dicho conjunto de entrenamiento.

En una realización, el método comprende usar uno o más algoritmos genéticos [4] como dicha técnica de optimización.

El patrón de llamada residencial así obtenido como la solución del procesamiento del conjunto de datos de llamadas según dichas subetapas a1) y a2) se usa entonces para identificar sistemáticamente la ubicación residencial de todos los demás clientes de prepago de los que se carece de cualquier información sobre su ubicación residencial aproximada, es decir para realizar dicha etapa b).

Según una realización, dicha etapa b) comprende determinar la ubicación residencial de cada uno de dichos uno o más usuarios con ubicaciones desconocidas aplicando dicho patrón de llamada residencial óptimo a sus datos de llamadas de teléfono móvil y obtener la torre celular o las torres celulares que dichos datos indican como que se han usado para realizar dicha al menos una llamada.

La presente invención proporciona por tanto un nuevo método para identificar automáticamente la ubicación residencial de un abonado de teléfono móvil basándose únicamente, de manera preferible, en su recopilación de CDR. Este enfoque elimina las soluciones manuales que se han usado hasta el momento por las empresas de telecomunicaciones y permite el cálculo automático sin intervención humana.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características anteriores, y otras, se entenderán de manera más completa a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, con referencia a los dibujos adjuntos, que deben considerarse de manera ilustrativa y no limitativa, en los que:

La figura 1 es un diagrama de flujo que muestra las etapas llevadas a cabo para realizar la subetapa a1) del método de la invención, para asociar códigos postales a torres celulares;

La figura 2 muestra diferentes diagramas usados para una realización de la subetapa a1) del método de la invención, mediante las siguientes tres vistas: (a) un diagrama de zonas de código postal para una ciudad; (b) diagramas de Voronoi que muestran las zonas de cobertura para la misma ciudad y (c) el solapamiento del mapa de códigos postales con los diagramas de Voronoi;

La figura 3 muestra un mapeo numérico entre códigos postales y diagramas de Voronoi, particularmente: (a) una representación numérica del mapa de códigos postales mostrado en la figura 2a, (b) una representación numérica de las zonas cubiertas por los diagramas de Voronoi mostrados en la figura 2b y (c) el resultado de un algoritmo de línea de barrido aplicado a dichas representaciones numéricas para el código postal 0001 tal como se muestran en la figura 2;

La figura 4 muestra, por medio de un diagrama de flujo, un algoritmo de línea de barrido usado para calcular las intersecciones entre cada polígono de Voronoi y cada zona de código postal, según la subetapa a1);

La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra las etapas generales de una realización de la etapa a) del método de la invención, llevadas a cabo para realizar la identificación del patrón de llamada residencial a partir de los CDR del conjunto de entrenamiento de usuarios cuyas ubicaciones se conocen a priori, o usuarios con contrato;

La figura 6 muestra la estructura de un registro de detalles de llamadas (CDR) para los usuarios con contrato cuyas ubicaciones se conocen a priori, incluyendo dicho CDR por tanto el código postal del correspondiente usuario con contrato;

La figura 7 muestra la estructura de un cromosoma del algoritmo genético usado para la optimización de la subetapa a2) del método de la invención, en una realización;

La figura 8 muestra diferentes curvas que representan la calibración de la función de adecuación usada para evaluar los cromosomas del algoritmo genético, para diferentes valores ponderados de precisión y cobertura; y

La figura 9 es un diagrama de flujo que describe en detalle la evaluación de los cromosomas del cuadro 2 de la figura 5, particularmente llevada a cabo mediante la función de adecuación cuyo proceso de calibración se representa mediante la figura 8.

Descripción detallada de varias realizaciones

Como se indicó anteriormente, la etapa a) del método de la invención consiste en dos partes principales: (i) calcular la correspondencia entre los códigos postales de ubicación residencial y las torres celulares, es decir la subetapa a1) anterior, y (ii) solucionar el problema de optimización para identificar el patrón de llamada residencial usando algoritmos genéticos (AG), es decir la subetapa a2) anterior. A continuación se describen en detalle dichas partes principales de la etapa a) en una realización, con referencia a las figuras adjuntas.

I. Mapeo entre códigos postales y torres celulares

Como se comentó anteriormente, la ubicación residencial de usuarios de teléfono móvil con contrato se conoce a priori. Específicamente, la ubicación residencial se proporciona como un código postal. Puesto que las llamadas realizadas o recibidas por los usuarios se sitúan en torres celulares, la red sólo permite identificar como ubicación residencial una torre celular (o un conjunto de torres celulares). Por tanto, en primer lugar es necesario mapear la correspondencia geográfica entre los códigos postales y las torres celulares. Con la transformación en cuestión, es posible asignar un conjunto específico de BTS (Base Transceiver Stations, estaciones de transceptor base) o torres celulares al código postal en el que el individuo dice vivir. La cobertura de las torres celulares dentro de una zona geográfica se aproxima mediante el diagrama de Voronoi (mapa de polígonos de Voronoi) de esa zona [5].

El algoritmo para llevar a cabo esta fase se muestra en la figura 1. Aunque la realización ilustrada menciona 'mapa de la ciudad', el método puede usarse para cualquier zona geográfica desde de menor tamaño (barrios) hasta unidades mayores tales como estados o países, siempre que estén disponibles los mapas necesarios. A continuación se describen las diferentes etapas del diagrama de la figura 1:

(1A) Ubicaciones de torres celulares. Estas ubicaciones se obtienen a través de una base de datos CT que contiene la ubicación geográfica (latitud, longitud) de las torres celulares en diferentes zonas geográficas.

(1B) Mapas de códigos postales. Estos mapas se obtienen de una base de datos ZC que contiene mapas de códigos postales para diferentes zonas geográficas (los mapas de códigos postales son mapas que representan la cobertura geográfica de cada código. Véase [6]).

(1C) Esta etapa comprende recuperar el mapa de códigos postales para una ciudad X en estudio.

(2) Para una ciudad X, en esta etapa, se recupera la ubicación geográfica de todas sus torres celulares a partir de la base de datos CT, y se calcula su diagrama de Voronoi (véanse las figuras 2(a) y 2(b)).

(3A) El método asocial, en esta etapa, a cada zona de código postal en el mapa de códigos postales una representación numérica. Con este propósito, cada píxel dentro de la misma zona de código postal se representa como el mismo número (véase la figura 3a).

(3B) El método asocia a cada polígono de Voronoi en el mapa de Voronoi una representación numérica. Con este propósito, cada píxel dentro del mismo polígono de Voronoi se representa como el mismo número (véase la figura 3b).

(4) Para una ciudad X, y usando las representaciones numéricas de su mapa de códigos postales y su mapa de Voronoi, se aplica un algoritmo de línea de barrido para calcular las intersecciones entre cada polígono de Voronoi y cada zona de código postal (véase la figura 2c, detalles adicionales se explican a continuación y en la figura 4).

5 (5) Esta etapa comprende, para cada uno de los clientes en la base de datos de clientes (es decir en la indicada como “CDR de clientes con contrato”), añadir junto al código postal que representa la ubicación residencial del usuario, los porcentajes de zona de código postal cubierta por cada torre celular, y las torres celulares que cubren esa zona.

10 El algoritmo de línea de barrido se representa en detalle en la figura 4 y calcula, para cada código postal, las zonas de Voronoi incluidas dentro de los límites geográficos del código postal y los correspondientes porcentajes de cobertura. El método comprende tratar de asociar cada código postal con las torres celulares (BTS) cuyos diagramas de Voronoi están parcialmente (o totalmente) incluidos en la zona geográfica encerrada por el código postal. Con este enfoque, cada código postal zci puede representarse como $zci = p*cta+m*ctb+...+r*ctd$, donde p, m, \dots, r representan los porcentajes de los diagramas de Voronoi de las torres celulares cta, ctb, \dots, ctd que están cubiertos por un determinado código postal zci . El resultado final asociará una lista de torres celulares a cada código postal, es decir, $zci = \{cta, ctb, \dots, ctd\}$.

20 Por ejemplo, como puede observarse en la figura 3c, el código postal 0003 puede representarse como la lista de torres celulares que cubren su zona geográfica, es decir, $zc0003 = 0,5ct4 + 0,3ct2 + 0,2ct5$. Por tanto, según el formalismo indicado, un usuario con un código postal 0003 asociado a su ubicación residencial, tendrá ésta ahora etiquetada como $\{ct2, ct4, ct5\}$. El algoritmo de línea de barrido consiste en las siguientes etapas (véase la figura 4):

25 (1) Procesar zonas de código postal introducidas codificadas numéricamente del mapa de códigos postales para la ciudad X y, para cada zona de código postal dentro de la representación numérica del mapa de códigos postales, ir al cuadro (2).

30 (2) Procesar el mapa de Voronoi introducido codificado numéricamente para la ciudad X y, para cada píxel dentro de la representación numérica del mapa de diagramas de Voronoi, ir al cuadro (3)

(3) Calcular el número de píxeles de cada polígono de Voronoi que se encuentra dentro de cada zona de código postal en el mapa.

35 (4) Asociar a cada código postal los porcentajes de zonas cubiertas por cada célula o torre celular. La codificación final se representa como:

$$zci \text{ as } zci = p*ct_a + m*ct_b + \dots + r*ct_d$$

Donde p, m y r son el porcentaje de los polígonos de Voronoi (de diferentes torres celulares) cubiertos por el *código postal i*. Esta fórmula es una representación de las torres celulares que corresponden a la ubicación residencial de unos usuarios específicos.

40 II. Identificación del patrón de llamada para el conjunto de entrenamiento

45 El problema de la ubicación residencial se ha formalizado, en el método de la invención, como un problema de clasificación que asigna a cada usuario una BTS que representa su ubicación residencial. La identificación del patrón de llamada que asigna usuarios a las BTS residenciales se formaliza como un problema de optimización en el que un algoritmo genético (AG) se centra en hallar la combinación de días de la semana y momentos del día que mejor caracterizan el patrón de llamada residencial usando el conjunto de entrenamiento.

50 El conjunto de entrenamiento consiste en los usuarios de los que se conocen su ubicación residencial (código postal) y llamadas de teléfono móvil (CDR). La ubicación residencial de los usuarios en el conjunto de entrenamiento se transforma de códigos postales a listas de torres celulares usando el algoritmo de línea de barrido descrito anteriormente (véase la figura 6 para la estructura de CDR). El problema de optimización se soluciona usando algoritmos genéticos.

55 Una vez que, mediante el método presentado por el presente documento, se obtiene el patrón de llamada que mejor calcula la ubicación residencial a partir de CDR, éste puede usarse para determinar la ubicación residencial de abonados de los que no se conoce esta información (véase la sección III).

60 La figura 5 muestra las etapas realizadas mediante el método para identificar el patrón de llamada que mejor caracteriza el conjunto de entrenamiento (clientes con contrato):

(1) El algoritmo genético genera uno o más cromosomas aleatorios (solución candidata). Véase la figura 7 para

una muestra de la estructura de cromosoma.

(2) El cromosoma se evalúa mediante una función de adecuación que calcula el número de usuarios para los que se calcula correctamente la ubicación residencial usando el cromosoma en evaluación. La evaluación de los cromosomas se realiza usando los registros de detalles de llamadas de cada abonado. Véase la figura 6 para una muestra de los registros recuperados a partir de la BD. Para detalles sobre la evaluación véase la figura 9 y la sección II.C.

(3) El método sigue evaluando cromosomas generados aleatoriamente hasta que se alcanza una estabilidad. La estabilidad se alcanza cuando la solución alcanza un listón de calidad configurado inicialmente por el usuario de este método. El listón de calidad mide la diferencia entre funciones de adecuación consecutivas. Cuando esa diferencia es menor que el valor fijado por el usuario, se detiene la ejecución.

(4) Tras alcanzar la estabilidad, la solución óptima hallada por el algoritmo genético contiene los valores que mejor caracterizan el patrón de llamada residencial, es decir el método de la invención comprende establecer los valores contenidos por el cromosoma para el que se ha alcanzado la estabilidad como aquéllos que pertenecen a dicho patrón de llamada residencial óptimo, incluyendo dichos valores el periodo de tiempo en el que los usuarios realizan llamadas de teléfono móvil desde su ubicación residencial y los días de la semana en los que los usuarios realizan normalmente llamadas de teléfono móvil desde su ubicación residencial.

Para entender completamente la ejecución del algoritmo genético (AG) a continuación se describen los cromosomas, la función de adecuación usada por el AG y el proceso de evaluación.

II.A Descripción de los cromosomas

Como se muestra en la figura 7, el cromosoma definido por una realización del método de la invención se compone de tres genes diferentes. Los primeros dos genes representan el momento de inicio y el momento de finalización, es decir, el intervalo que define el periodo de tiempo en el que los usuarios realizan llamadas de teléfono móvil desde su ubicación residencial. Cada variable de tiempo se compone de siete bits, lo que divide el día en fracciones de 11,25 minutos cada una. Finalmente, el tercer gen representa los días de la semana en los que los usuarios realizan normalmente llamadas de teléfono móvil desde su ubicación residencial. Cada bit de este campo representa un día de la semana, por ejemplo, 1000000 es domingo, 0100000 es lunes, y 1000001 comprende sábado y domingo.

II.B Descripción y autocalibración de la función de adecuación

Con el fin de evaluar la calidad global de cada cromosoma, se define una función de adecuación usando la cobertura y la precisión del patrón de llamada residencial descrito por la solución candidata.

La precisión se define como el porcentaje de usuarios para los que el patrón de llamada asigna correctamente como ubicación residencial una de las torres celulares en la lista de torres celulares del usuario asociada a su código postal.

La cobertura se define como el porcentaje de usuarios del conjunto de entrenamiento a los que se les ha asignado una torre celular (correcta o incorrecta) como ubicación residencial.

Finalmente, la función de adecuación se define como $adecuación = p *cobertura + q *precisión$ donde los valores de p y q son pesos asignados a cada una de las dos medidas dependiendo de la importancia que quiera darse a la precisión o la cobertura del algoritmo. Los valores óptimos para estos pesos se calculan sometiendo a prueba el rendimiento del algoritmo genético por diferentes intervalos.

El método de la invención es completamente automático y el algoritmo que implementa el método decide por sí mismo cuáles son los mejores valores de p y q según los requisitos de precisión y cobertura configurados inicialmente por el usuario del método. La figura 8 muestra cómo evoluciona la función de adecuación para diferentes valores de p y q. Los valores específicos para p y q en cada ejecución se seleccionan automáticamente por el método; esto es parte de su autocalibración.

III.C Evaluación

Cada individuo (solución candidata, es decir cromosoma aleatorio) se evalúa tal como sigue (véase la figura 9):

1. Calcular, para cada usuario con contrato, la lista de las torres celulares que cumplen con los requisitos establecidos por los valores de los genes del cromosoma. Si más de una torre celular cumple con los requisitos de la solución candidata, se selecciona la torre celular con el mayor promedio semanal de número de llamadas. Por ejemplo, si un individuo tiene los valores (22 : 11 : 00, 07 : 33 : 00, 1000001), se calcula, para cada usuario,

la torre celular que gestionó llamadas los sábados y domingos durante el intervalo de tiempo 22 : 11 : 00 - 07 : 33 : 00.

2. Para cada usuario, comprobar si la torre celular resultante está en la lista de torres celulares asociadas al usuario.
- 5 3. Si está en la lista, la clasificación de ubicación residencial se considera correcta, y se actualizan la cobertura y la precisión con una respuesta correcta.
4. Si no está en la lista, la respuesta se considera incorrecta y se actualizan la precisión y la cobertura de manera apropiada.
- 10 5. Si no se usó ninguna torre celular durante el periodo de tiempo especificado por la solución candidata, se considera que no hay respuesta, y se actualiza la cobertura pero no la precisión.
6. Calcular la función de adecuación final y proporcionar un valor.

III. Cómo usar el patrón de llamada para el conjunto de prueba

15 Una vez que se ha identificado un patrón de llamada residencial como la representación óptima para el conjunto de entrenamiento, dicho patrón se usa para identificar la ubicación doméstica de los abonados cuyas coordenadas geográficas residenciales se desconocen (usuarios en el conjunto de prueba), es decir para realizar la etapa b) del método de la invención.

20 El proceso es simple y consiste en ejecutar la etapa 1 en la figura 9, dada la solución candidata calculada, y considerada como óptima, y la base de datos con los CDR de todos los usuarios cuya ubicación residencial se desconoce.

25 De hecho, calculando simplemente la BTS (torres celulares) con el mayor número de llamadas de teléfono móvil durante los días de la semana y los momentos del día determinados por el cromosoma, puede determinarse la BTS que está más próxima a la ubicación residencial de cada abonado.

Ventajas de la invención:

30 El método de la invención representa un primer esfuerzo para identificar automáticamente la ubicación residencial de abonados basándose únicamente en sus registros de teléfono móvil. La principal ventaja de este método, y del algoritmo que se implementa en el mismo, es que calcula la ubicación residencial automáticamente, a diferencia de los enfoques anteriores que la calculaban a través de reglas predefinidas manualmente. Adicionalmente, elimina la necesidad de adaptar las reglas manuales para cada región, puesto que el cálculo puede ejecutarse automáticamente para cualquier región o país.

35 Un experto en la técnica puede introducir cambios y modificaciones en las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

40 Siglas y abreviaturas

CDR registros de detalles de llamadas

45 Los registros de datos de llamadas (CDR) de teléfono móvil se recopilan a partir de un operador de telecomunicaciones. Cada CDR contiene los números de teléfono móvil cifrados de la parte que llama y la parte que recibe la llamada, la fecha y el momento de la llamada, la duración de la llamada y la ubicación inicial y final de la parte que llama mientras realiza la llamada. La ubicación de la parte que llama se aproxima mediante la posición geográfica de la torre celular que gestionó la llamada.

50

Bibliografía

- 5 [1] M. Bayir, M. Demirbas y N.Eagle, "Discovering SpatioTemporal Mobility Profiles of Cellphone Users", WoW-MoM 2009.
- [2] S. Krygsman y Schmitz, "The use of cellular phone technology in activity and travel data collection", 24th Annual Southern African Transport Conference 2005
- 10 [3] M. Gonzalez, C. Hidalgo y A-L. Barabasi, "Understanding Individual Human Mobility Patterns", Nature, Volumen 453, junio de 2008.
- [4] H. Holland, "Adaptation in Natural and Artificial System", The University Michigan Press, 1975.
- 15 [5] M. I. Shamos y D. Hoey, "Closest Point Problems", en Proceedings 16th Annual IEEE Symposium on Foundation of Computer Science, 1975.
- [6] Zip Code Maps, <http://maps.huge.info/zip.htm>

REIVINDICACIONES

1. Un método para la localización residencial de usuarios de teléfono móvil, que comprende definir la ubicación residencial de al menos un usuario según la actividad de teléfono móvil del usuario durante un patrón de tiempo que comprende al menos un periodo de tiempo específico y determinar dicho patrón de tiempo, o patrón de llamada residencial, a partir de datos de llamadas de teléfono móvil de una pluralidad de usuarios cuyas ubicaciones residenciales se conocen a priori **caracterizado por que** para determinar la ubicación residencial de usuarios con residencia desconocida comprende llevar a cabo automáticamente las siguientes etapas:
- a) asociar, para cada uno de dicha pluralidad de usuarios con residencia desconocida, una identificación de zona geográfica conocida, que determina una huella de comportamiento de cada uno de dicha pluralidad de usuarios con residencia desconocida a partir de su uso de teléfono móvil y asignar, a partir de dicha huella de comportamiento determinada, una torre celular que representa su identificación de zona geográfica;
 - b) optimizar un dato de un conjunto de entrenamiento que incluye datos que se refieren a cada uno de dicha pluralidad de usuarios cuyas ubicaciones residenciales se conocen a priori para hallar un patrón de llamada residencial óptimo, usando al menos un algoritmo genético para realizar dicha optimización;
 - c) usar dicho algoritmo genético para generar al menos un cromosoma aleatorio, representativo de una solución candidata o patrón de llamada residencial candidata, y evaluar dicho al menos un cromosoma por una función de adecuación que calcula el número de usuarios para los que la ubicación residencial está ubicada correctamente usando el cromosoma bajo evaluación, y
 - d) determinar una ubicación residencial de dicho al menos un usuario cuya ubicación residencial se desconoce, aplicando dicho patrón de llamada residencial óptimo, y dicho patrón de llamada residencial candidato a los datos de llamadas de teléfono móvil en dicho al menos un periodo específico incluido en dicho patrón de llamada residencial dentro de dicha identificación de zona geográfica; y obtener la torre celular o torres celulares indicadas por dichos datos como que se han usado para realizar dicha al menos una llamada.
2. Un método según la reivindicación 1, que comprende obtener dichos datos de llamadas de teléfono móvil a partir de registros de detalles de llamadas de los teléfonos móviles de dichos usuarios.
3. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha identificación de zona geográfica conocida es un código postal.
4. Un método según la reivindicación 3, en el que dichos datos de un conjunto de entrenamiento que incluye datos relativos a cada uno de dicha pluralidad de usuarios que se refieren al menos a su identificación, sus llamadas de teléfono móvil y dicha torre celular asignada, con el fin de hallar un patrón de llamada residencial óptimo que maximiza el porcentaje de usuarios para los que la torre celular asignada como ubicación residencial es correcta.
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho patrón de llamada residencial incluye una combinación de días de la semana y momentos del día en los que los usuarios realizan las llamadas en sus respectivas ubicaciones residenciales.
6. Un método según la reivindicación 3, en el que dicha identificación de zona geográfica conocida en dicha etapa a) comprende llevar a cabo dicha asociación entre códigos postales y torres celulares mapeando la correspondencia geográfica entre ellos.
7. Un método según la reivindicación 6, en el que, con el fin de realizar dicho mapeo, el método comprende:
- aproximar la cobertura de las torres celulares dentro de cada zona geográfica mediante un diagrama de Voronoi, y asociar a cada polígono de Voronoi una representación numérica, en la que cada píxel dentro del mismo polígono de Voronoi se representa con el mismo número; y
 - asociar a cada zona de código postal en el mapa de códigos postales una representación numérica, en la que cada píxel dentro de la misma zona de código postal se representa como el mismo número.
8. Un método según la reivindicación 7, que comprende aplicar a dichas representaciones numéricas un algoritmo de línea de barrido para calcular las intersecciones entre cada polígono de Voronoi y cada zona de código postal.
9. Un método según la reivindicación 8, que comprende, para cada uno de dicha pluralidad de usuarios, añadir en una base de datos, junto al código postal que representa la ubicación residencial de cada usuario, los porcentajes de zona de código postal cubierta por cada torre celular, y las torres celulares que cubren esa zona.
10. Método según la reivindicación 9, que comprende representar cada código postal como $zci = p \cdot cta + m \cdot ctb + \dots + r \cdot ctd$, donde p, m, ..., r representan los porcentajes de los diagramas de Voronoi de las torres celulares cta, ctb, ..., ctd que están cubiertos por un determinado código postal zci.

11. Un método según la reivindicación 1, en el que la evaluación de dicho al menos un cromosoma se realiza usando los registros de detalles de llamadas de cada uno de dicha pluralidad de usuarios.
12. Un método según la reivindicación 11, que comprende generar aleatoriamente cromosomas y evaluarlos hasta alcanzar la estabilidad de dicha función de adecuación.
- 5
13. Un método según la reivindicación 12, que comprende configurar inicialmente un listón de calidad por parte de un usuario, y establecer que se alcanza la estabilidad cuando la solución alcanza dicho listón de calidad.
- 10
14. Un método según la reivindicación 13, que comprende establecer los valores contenidos por el cromosoma para el que se ha alcanzado la estabilidad como aquéllos que pertenecen a dicho patrón de llamada residencial óptimo, incluyendo dichos valores el periodo de tiempo en el que los usuarios realizan llamadas de teléfono móvil desde su ubicación residencial y los días de la semana en los que los usuarios realizan normalmente llamadas de teléfono móvil desde su ubicación residencial.
- 15
15. Un método según la reivindicación 14, que comprende definir dicha función de adecuación usando la cobertura y la precisión del patrón de llamada residencial candidato descrito por cada cromosoma, configurándose los requisitos de precisión y cobertura inicialmente por un usuario del método.

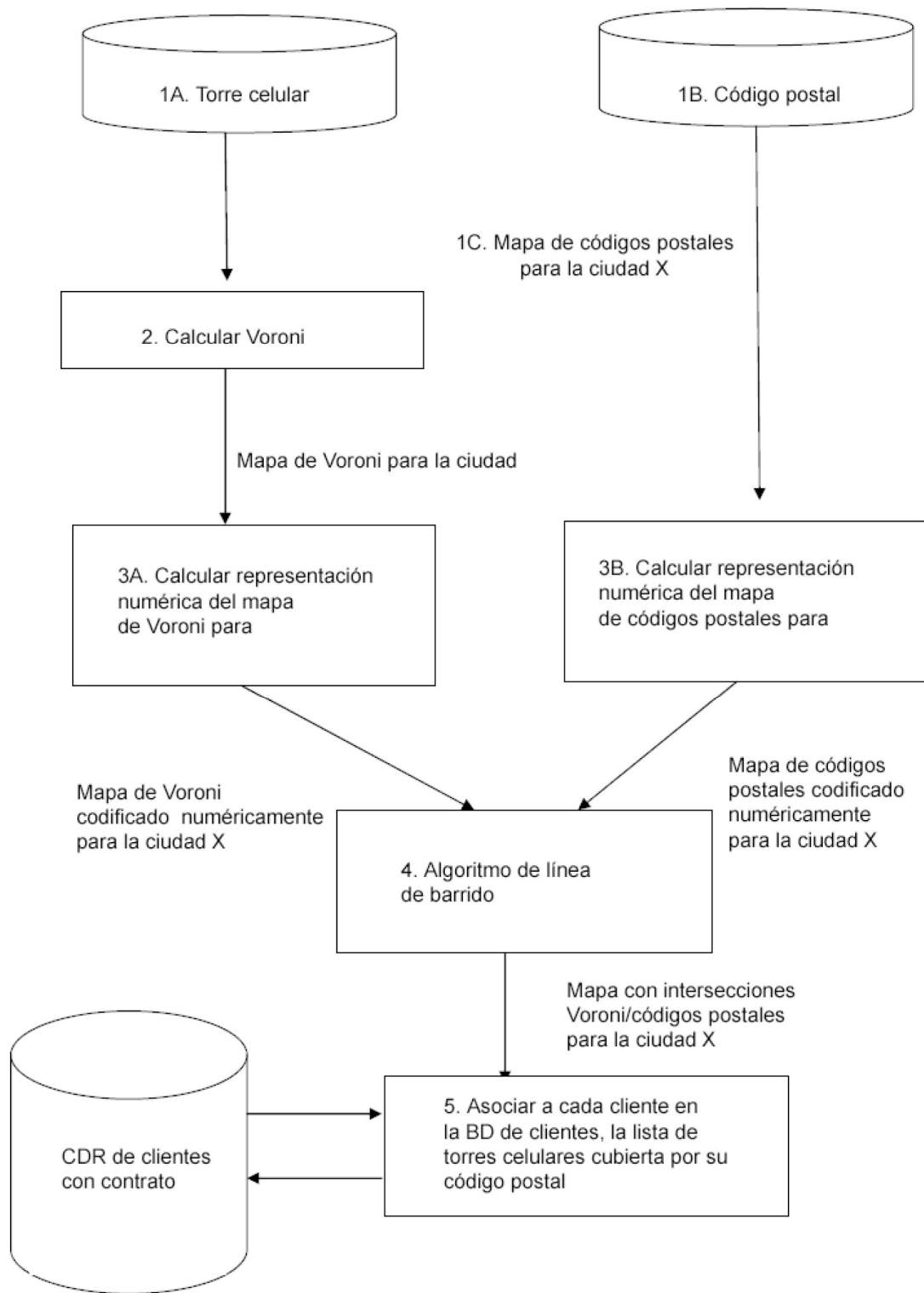


Figura 1

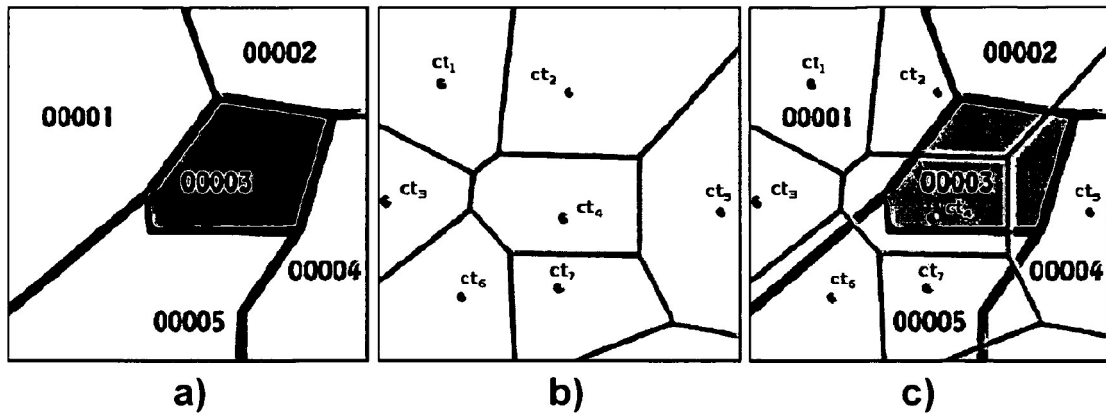


Figura 2

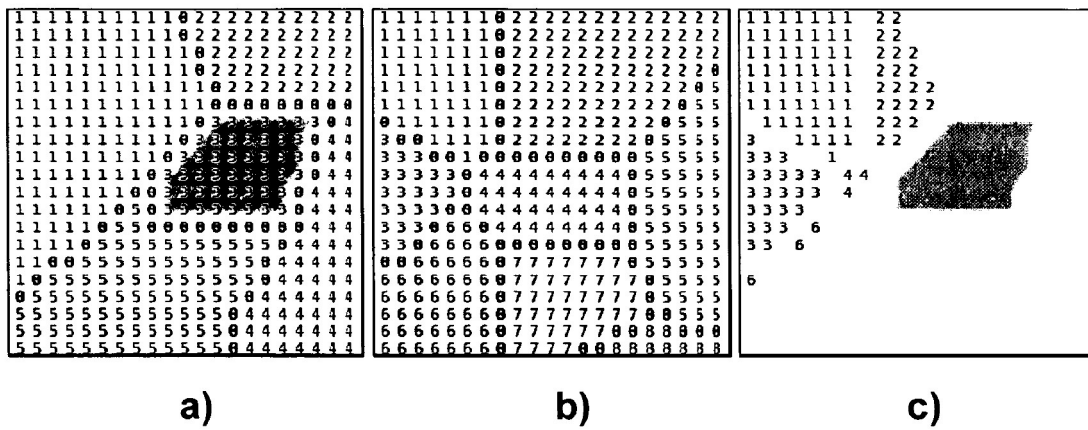


Figura 3

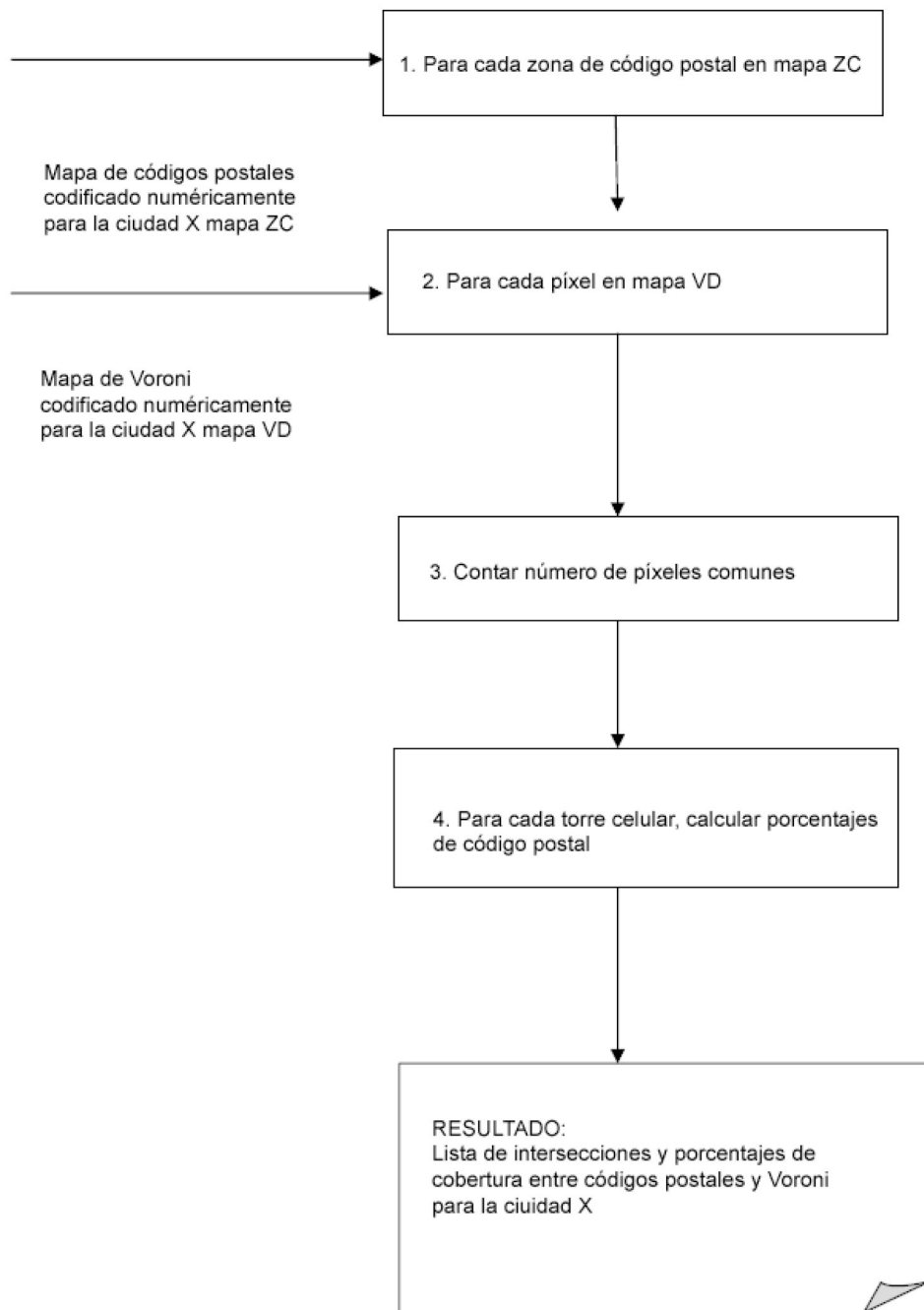


Figura 4

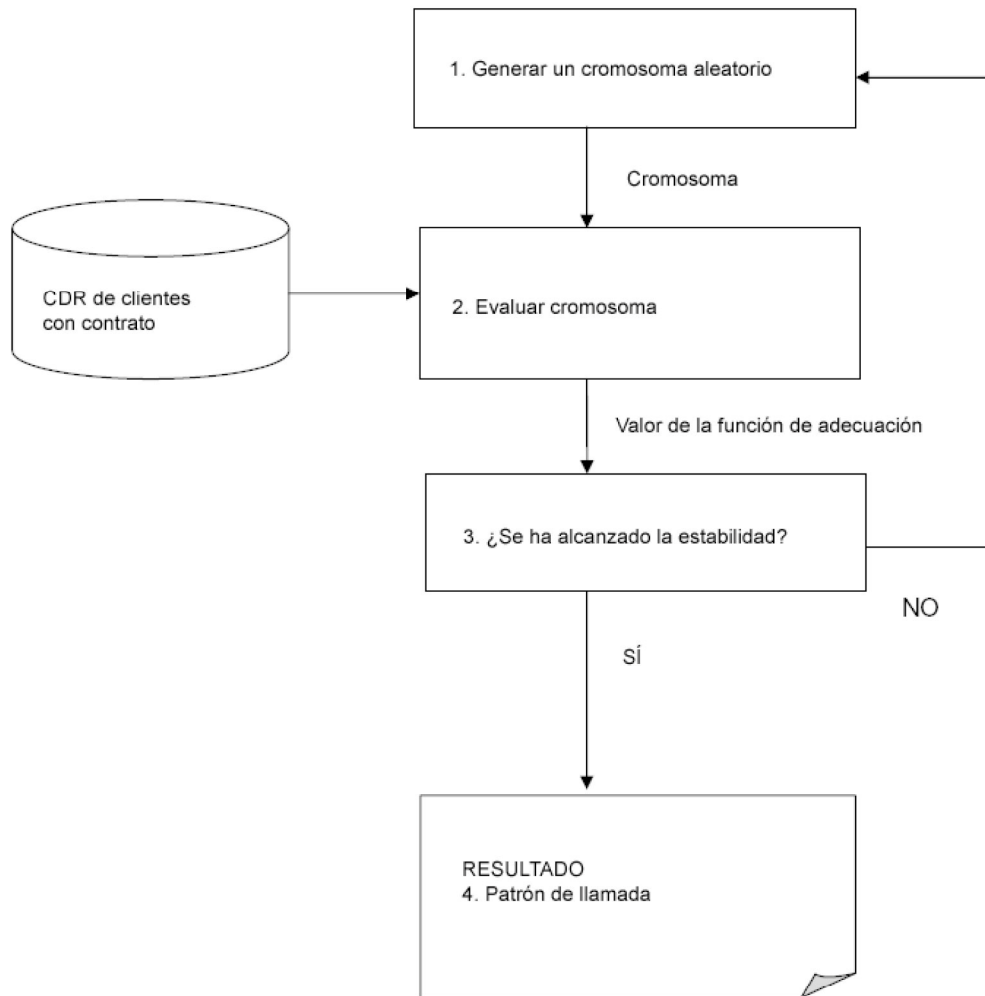


Figura 5

Número de la parte que llama	Número de la parte que recibe la llamada	Momento de inicio	Duración	Iniciar geoloc.	Finalizar geoloc.	Lista de códigos postales de torres celulares residenciales
------------------------------	--	-------------------	----------	-----------------	-------------------	---

Figura 6

Tiempo de inicio (7 bits) Tiempo de finalización (7 bits) Días de la semana (7 bits)

Figura 7

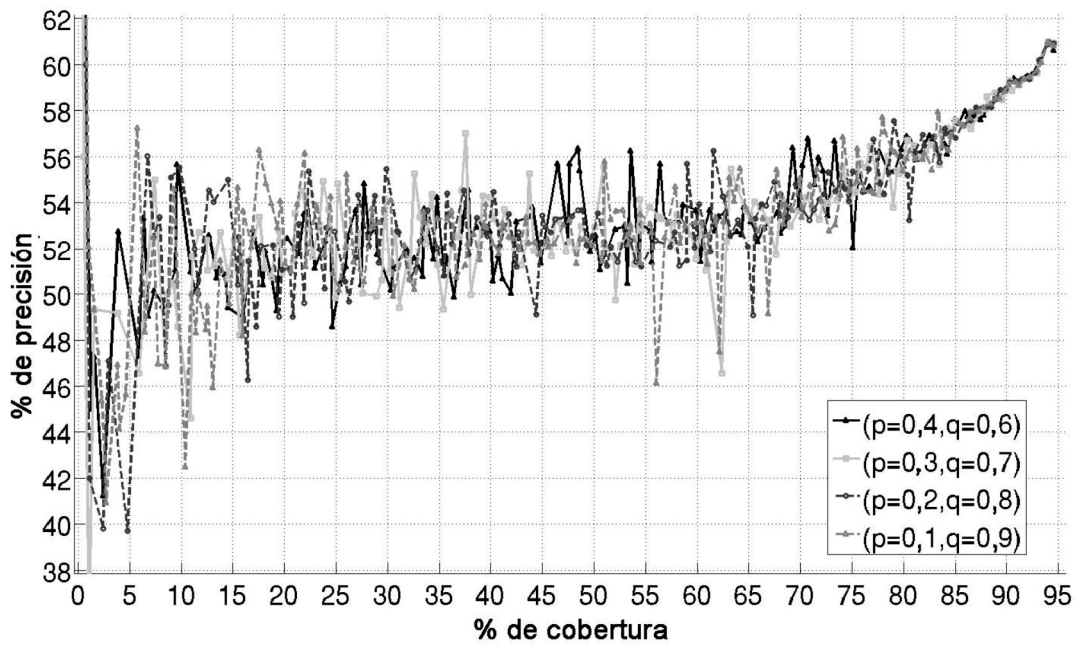


Figura 8

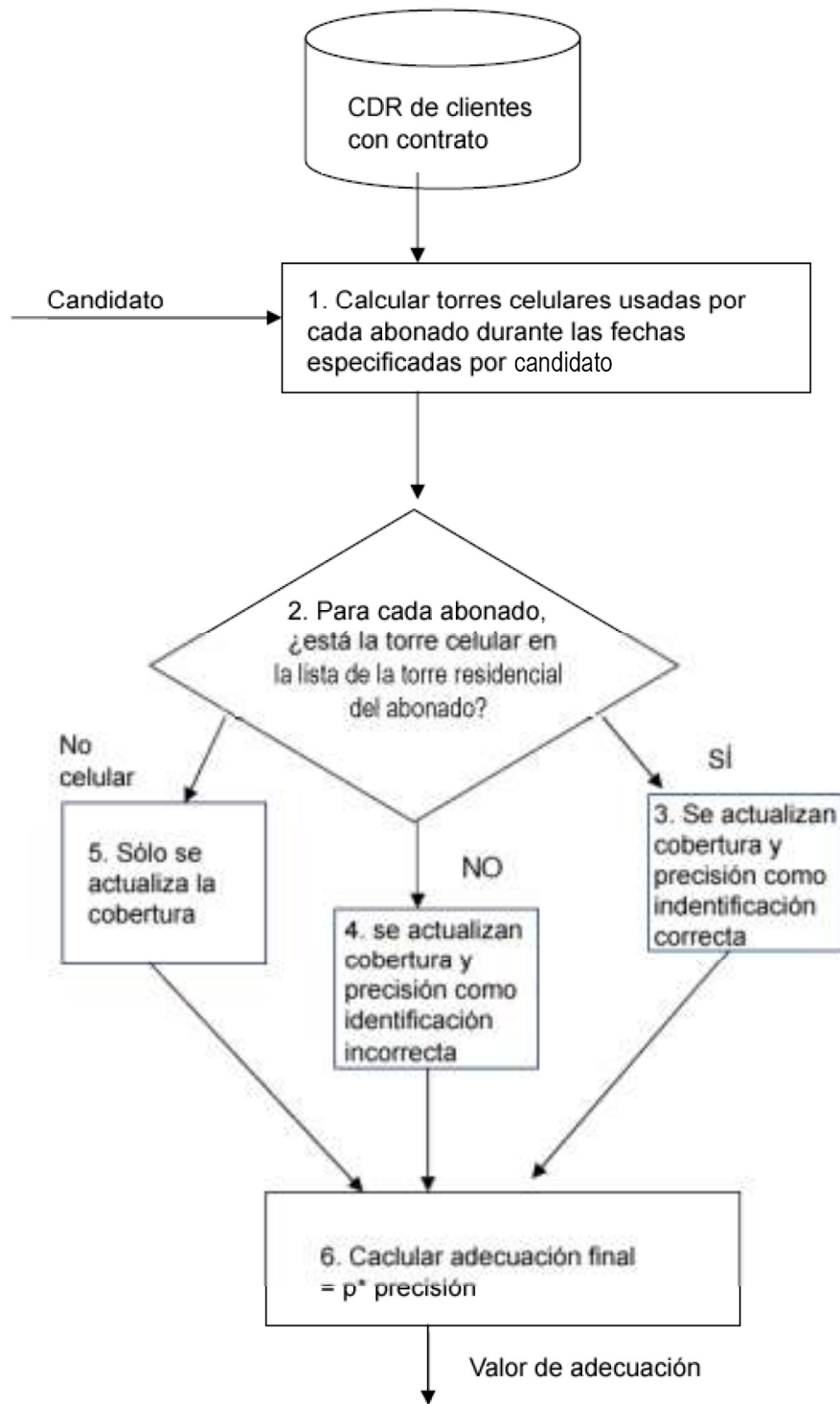


Figura 9