

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 406 260**

51 Int. Cl.:

G06F 17/30 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2011** **E 11150485 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013** **EP 2474921**

54 Título: **Procedimiento y sistema para recomendar información contextual sobre una red de comunicación móvil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2013

73 Titular/es:

DEUTSCHE TELEKOM AG (100.0%)
Friedrich-Ebert-Allee 140
53113 Bonn, DE

72 Inventor/es:

LIU, CHI y
HUI, PAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 406 260 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para recomendar información contextual sobre una red de comunicación móvil

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema de recomendación de información contextual sobre una red de comunicación móvil, es decir una gestión de red eficaz para sensibilidad participativa dependiente del contexto.

Antecedentes de la invención

10 Hay numerosas publicaciones relacionadas con la presente invención. A cada una de estas publicaciones relacionadas se le asigna un número de referencia para simplificar la cita en la descripción. Al final de esta sección se da una relación de estos números asignados.

15 Los avances continuos en las tecnologías de transistores y de sensibilidad hacen a los teléfonos móviles tradicionales mucho más atractivos que ser solamente un dispositivo de comunicación, gracias a la integración satisfactoria de capacidades de sensibilidad complejas que incluyen WiFi, Bluetooth, GPS, audio, vídeo, sensores de luz, acelerómetros y así sucesivamente. El teléfono móvil ya no es únicamente un dispositivo de comunicación, sino también una potente unidad de sensibilidad de entorno que puede controlar el contexto del ambiente del usuario, tanto discretamente como en tiempo real. Para hacer uso de tales potentes capacidades de sensibilidad, surgen una variedad de aplicaciones de usuario. Por ejemplo, detectar e informar de las condiciones de superficie de carreteras usando teléfonos inteligentes en los vehículos [1], [2], que facilita redes sociales más eficaces entre extraños en una proximidad física e intercambiar información de usuario entre dos teléfonos [3], etc.

20 Más interesante es que el desarrollo reciente en [4] ha propuesto que usuarios de teléfonos inteligentes puedan generar y compartir multimedia geo-etiquetada denominada Microblogs, que últimamente motiva el trabajo de los presentes inventores como el escenario de aplicación representativo considerado en la presente invención. Como se muestra en la Figura 1, cualquier usuario de teléfono inteligente o el interrogador puede enviar una solicitud, por ejemplo, solicitar la aparición de evento en un sitio turístico, a otros usuarios de teléfonos inteligentes en la proximidad del sitio de interés a través de la red de comunicación existente tal como 3G. A continuación, los usuarios en las proximidades pueden decidir participar o no en la tarea de sensibilidad, por ejemplo mediante al tomar una imagen o grabar un clip de voz, etc. El operador de red realizará la fusión de información enriquecido con entradas a partir de otros sensores físicos en teléfonos inteligentes, y realimentará la pieza final de información multimedia integrada, si fuera satisfactoriamente, al interrogador recibiendo una tarifa de servicio. Los participantes recibirían algún *crédito* desde el operador de red como una recompensa [5]. Sin embargo, conseguir sensibilidad participativa dependiente del contexto de este tipo entre usuarios de teléfonos inteligentes impone nuevos desafíos como sigue.

35 En primer lugar está cómo prolongar la vida útil del dispositivo. Aunque la información contextual del usuario lleva más color a la personalización de aplicación, sin embargo, la capacidad de batería limitada de los dispositivos móviles es un gran obstáculo para la detección de contexto. Capturar continuamente esta información contextual en teléfonos inteligentes consume una enorme cantidad de energía, por no hablar de la coexistencia de otras aplicaciones convencionales como SMS/MMS y llamadas telefónicas que aún serían dominantes. Por lo tanto, el consumo de energía excesivo se puede convertir en un principal obstáculo para la aceptación más amplia de las aplicaciones o servicios móviles dependientes del contexto, sin importar cuán útiles puedan ser.

40 Hay numerosas maneras para reducir el consumo de energía para teléfonos inteligentes. La manera más sencilla es apagar sensores innecesarios así como seleccionar cuidadosamente un estado de consumo de energía del sensor, pero *cuándo* y *dónde* realizar esto es bastante desafiante puesto que tiene un impacto significativo en la calidad de información global, QoI, entregada al interrogador. Otra manera de ahorrar energía es usar los sensores de recolección de energía, que han resultado no ser fiables debido a variaciones ambientales, tal como si un nodo está en el sol y otro está en la sombra.

50 En segundo lugar es cómo garantizar el nivel de QoI entregada al interrogador. Las tareas se asocian normalmente con ciertas necesidades de información, caracterizadas por numerosos atributos de calidad, tales como precisión y latencia [6]. La QoI se relaciona con la capacidad de juzgar si la información disponible es *apta-para-uso* para un fin particular [7], [8], y se ha estudiado escasamente incluso en redes de sensor tradicionales. La garantía de la QoI en la propuesta de los presentes inventores se compone adicionalmente mediante la reserva de energía limitada para cada teléfono inteligente, es decir, para conseguir el alto nivel de QoI, los usuarios de teléfonos inteligentes tenderán a participar en más tareas, dejando menos reserva de energía para otras aplicaciones; sin embargo, si ninguno de ellos decide participar, incluso si la energía se mantiene en gran medida, el nivel de QoI no se soportará más. Por lo tanto, relacionar los requisitos de QoI con cuestiones de energía es de gran importancia, pero desafortunadamente ha habido una menor exposición en la investigación anterior y es fundamental para la presente invención.

55 En tercer lugar están la naturaleza distribuida y los impactos de los comportamientos humanos de uso de teléfonos inteligentes como sensores inalámbricos para sensibilidad participativa. A diferencia de sensores inalámbricos

tradicionales donde el nodo de destino o alguno potente podría poder controlar completamente sus ciclos de trabajo (o el enfoque "centralizado"), una característica importante de la sensibilidad del teléfono inteligente es que nadie puede controlar el dispositivo del usuario individual, excepto el propietario. Sin embargo, por otro lado, se podrían influenciar los comportamientos de los usuarios en sensibilidad participativa en gran medida mediante algunos incentivos definidos, o los *créditos* en la propuesta de los presentes inventores, proporcionados como la recompensa de participación. Por ejemplo, se podría usar el crédito como un vale para acceder a servicios futuros. Por otro lado, cualquier algoritmo o protocolo integrado en teléfonos inteligentes podría únicamente aconsejar la recomendación de la acción participativa, sin embargo, los usuarios pueden estar en desacuerdo con esto. Por lo tanto, la presente invención concluye que el enfoque centralizado no es factible y la presente invención por lo tanto considera únicamente el marco de gestión de energía distribuida con impactos humanos en la presente invención.

El documento WO 2010/051827 (publicado el 14/05/2010) describe un sistema de adquisición de datos que obtiene datos proactivamente asociados con un punto de interés para comunicación con un aparato de navegación.

Publicaciones relacionadas

[1] J. Eriksson, L. Girod, B. Hull, R. Newton, S. Madden y H. Balakrishnan, "The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring," en ACM MobiSys'08, Breckenridge, CO, Estados Unidos, 2008, págs. 29-39.

[2] P. Mohan, V. N. Padmanabhan y R. Ramjee, "Nericell: rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones," en ACM SenSys'08, Raleigh, NC, Estados Unidos, 2008, págs. 323-336.

[3] Z. Yang, B. Zhang, J. Dai, A. Champion, D. Xuan y D. Li, "E-smalltalker: A distributed mobile system for social networking in physical proximity," en IEEE ICDCS'10, Genoa, Italia, junio 2010.

[4] S. Gaonkar, J. Li, R. R. Choudhury, L. Cox y A. Schmidt, "Microblog: sharing and querying content through mobile phones and social participation," en ACM MobiSys'08, Breckenridge, CO, Estados Unidos, 2008, págs. 174-186.

[5] J. Lee y B. Hoh, "Sell your experiences: A market mechanism based incentive for participatory sensing," en IEEE PerCom'10, 2010.

[6] C. Bisdikian, L. M. Kaplan, M. B. Srivastava, D. J. Thomley, D. Verma y R. I. Young, "Building principles for a quality of information specification for sensor information," en FUSION julio, 2009.

[7] R. Y. Wang y D. M. Strong, "Beyond accuracy: what data quality means to data consumers," J. Manage. Inf. Syst., vol. 12, Nº 4, págs. 5-33, 1996.

[8] M. Johnson y K. Chang, "Quality of information for data fusion in net centric publish and subscribe architectures," en FUSION'05, julio 2005.

[9] M. B. Kjaergaard, J. Langdal, T. Godsk y T. Toftkjaer, "Entracked: energy-efficient robust position tracking for mobile devices," en ACM MobiSys'09, Krak'ow, Polonia, 2009, págs. 221-234.

[10] H. Lu, W. Pan, N. D. Lane, T. Choudhury y A. T. Campbell, "Soundsense: scalable sound sensing for people-centric applications on mobile phones," en ACM MobiSys'09, Krak'ow, Polonia, 2009, págs. 165-178.

[11] G. Wemer-Allen, S. Dawson-Haggerty y M. Welsh, "Lance: optimizing high-resolution signal collection in wireless sensor networks," en ACM SenSys'08, Raleigh, NC, Estados Unidos, 2008, págs. 169-182.

[12] Y. Wang, J. Lin, M. Annavaram, Q. A. Jacobson, J. Hong, B. Krishnamachari y N. Sadeh, "A framework of energy efficient mobile sensing for automatic user state recognition," en ACM MobiSys'09, Krak'ow, Polonia, 2009, págs. 179-192.

[13] F. R. Dogar, P. Steenkiste y K. Papagiannaki, "Catnap: Exploiting high bandwidth wireless interfaces interfaces to save energy for mobile devices," en ACM MobiSys'10, San Francisco, CA, Estados Unidos, 2010.

[14] G. W. Challen, J. Waterman y M. Welsh, "Idea: Integrated distributed energy awareness for wireless sensor networks," en ACM MobiSys'10, San Francisco, CA, Estados Unidos, 2010.

[15] C. H. Liu, C. Bisdikian, J. W. Branch y K. K. Leung, "Qoi-aware wireless sensor network management for dynamic multi-task operations," en IEEE SECON'10, Boston, MA, Estados Unidos, 2010.

[16] R. Iyer y L. Kleinrock, "Qos control for sensor networks," en IEEE ICC'03, Junio 2003, págs. 517-521.

[17] M. Tsetlin, "Finite automata and modeling the simplest forms of behavior," Ph.D. dissertation, V.A. Steklov Mathematical Institute, 1964.

[18] B. Tung y L. Kleinrock, "Distributed control methods," en 2ª Int'l Sym. on High Perf Dist. Comp., julio 1993, págs. 206 -215.

[19] L. Zhao, C. Xu, Y. Xu y X. Li, "Energy-aware qos control for wireless sensor network," en 1ª IEEE Conf. on Industrial Electronics and App., mayo 2006, págs. 1-6.

[20] S. I. Nayer y H. H. Ali, "A dynamic energy-aware algorithm for self-optimizing wireless sensor networks," Springer Lecture Notes in Computer Science: Self-Organizing Systems, vol. 5343, págs. 262-268, 2008.

[21] F. Wang y J. Liu, "Duty-cycle-aware broadcast in wireless sensor networks," en IEEE INFOCOM'09, abril 2009, págs. 468 -476.

[22] T. Kim, N. Park, P. K. Chong, J. Sung y D. Kim, "Distributed low power scheduling in wireless sensor networks," en IEEE ISWPC'07, febrero, 2007.

[23] Y. Zhou y M. Medidi, "Sleep-based topology control for wakeup scheduling in wireless sensor networks," en IEEE SECON'07, junio 2007, págs. 304-313.

Sumario de la invención

Como se ha descrito anteriormente, la sensibilidad participativa cada vez es más popular con la emergencia de las recientes tecnologías de sensibilidad integradas en los teléfonos inteligentes para recuperar información dependiente del contexto para usuarios. Sin embargo, la sensibilidad participativa dependiente del contexto impone nuevos desafíos para gestión de red eficaz en i) el mantenimiento del suministro de energía, ii) el soporte de los requisitos de QoI, y iii) la generación de máximos ingresos para el operador de red, pero con una escasa exposición de la investigación.

La presente invención trata los desafíos anteriormente mencionados proponiendo un esquema de gestión de red energéticamente eficaz dependiente de QoI para sensibilidad participativa usando teléfonos inteligentes, y aborda el problema global para el lado de la red de comunicación y del usuario de teléfono inteligente individual, respectivamente. En particular, la presente invención proporciona las siguientes tres contribuciones. En primer lugar, dividir el problema de gestión de red global en dos subproblemas: para el operador de red y para usuarios de teléfonos inteligentes individuales. Para el primero, la presente invención tiene en cuenta los aspectos monetarios de que los operadores de red para maximizar los ingresos o minimizar los costes que pagan a los participantes, para minimizar las adaptaciones de plan de precios potenciales, y para proporcionar QoI satisfactoria para el interrogador. El procedimiento completo se modela a continuación en un problema de optimización obligada, y la presente invención cuantifica el beneficio QoI que las tareas reciben en relación con el nivel de QoI que solicitan como el *índice de satisfacción QoI*. Para el segundo, la presente invención propone un esquema de gestión de energía dependiente de QoI para decidir de manera distribuida tanto el estado de consumo de energía como el tipo de información contextual para contribuir por participantes. Específicamente, usando el marco matemático del Juego de Gur, la presente invención modela el grado de crédito y satisfacciones QoI para cada usuario como la *recompensa*, y la presente invención modela el consumo de energía que corresponde al tipo de información contextual contribuida como el castigo. En otras palabras, la presente invención propone una estructura de pago novedosa que tiene en cuenta la QoI, la expectativa de crédito y el consumo de energía. La presente invención evalúa el esquema propuesto bajo un escenario de detección de aparición de eventos, donde el esquema propuesto garantiza satisfactoriamente menos del 7 % de interrupción de detección, ahorra 80 % de la reserva de energía si se compara con la solución del límite inferior, y consigue la subóptima con únicamente 4 % de penalización si se compara con la solución óptima.

La presente invención tiene como objetivo proporcionar un sistema y un procedimiento para resolver el problema anteriormente mencionado.

La presente invención proporciona un procedimiento como en la reivindicación 1, de procesamiento de información contextual sobre una red de comunicación móvil que tiene una unidad de procesamiento de datos, en la que el procedimiento comprende las etapas de: a) enviar una consulta que incluye requisitos de información mediante un primer dispositivo móvil a la unidad de procesamiento de datos, en el que el requisito de información comprende al menos un atributo de requisito de información, b) reenviar la consulta a una pluralidad de segundos dispositivos móviles mediante la unidad de procesamiento de datos, en el que se identifica la pluralidad de segundos dispositivos móviles de acuerdo con el requisito de información de la consulta, c) decidir sobre la participación por la pluralidad de segundos dispositivos móviles usando el Juego de Gur, recomendar propiedad de información de la información contextual mediante cada uno de los segundos dispositivos de comunicación móvil respectivamente, y generar una respuesta para la consulta desde cada uno de los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles usando el Juego de Gur, en el que la respuesta es la información contextual recomendada y comprende la propiedad de información que tiene al menos un atributo de información, d) acumular una pluralidad de respuestas desde los participantes de la pluralidad de los segundos dispositivos móviles usando el algoritmo de fusión y calcular una calidad de nivel de satisfacción de información basado en el nivel de información requerido mediante la unidad de procesamiento de datos, e) activar una nueva ronda de iteración entre los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles usando el Juego de Gur, f) enviar la información contextual recomendada fusionada al primer dispositivo móvil mediante la unidad de procesamiento de datos.

En la etapa c), tras recibir la solicitud de consulta, cada uno de los segundos dispositivos móviles ejecuta el Juego de Gur integrado para emitir la acción de participación para la consulta donde la acción se denomina como la "propiedad de información recomendada de la información contextual", como vídeo y clips de voz. En otras palabras, el autómata basado en el Juego de Gur generará una respuesta en cada dispositivo móvil.

El procedimiento se distribuye completamente entre segundos dispositivos móviles, es decir, no hay entidad central controlada para decidir la acción de participación de cada uno de los segundos dispositivos móviles. Sin embargo, el Juego de Gur integrado en cada dispositivo puede recomendar la acción en cada etapa de iteración desde c) hasta e), y no únicamente se puede generar la respuesta calificada para contestar la consulta, sino la respuesta también puede ser "óptima". Por medio de la optimización, significa seleccionar el *subconjunto* óptimo de los segundos dispositivos móviles para ahorrar la batería del teléfono ya que el mantenimiento de la batería es importante para los dispositivos móviles. Para ser más claros, el Juego de Gur propuesto no es únicamente un recomendador de acción, sino también un ahorrador de energía.

El algoritmo de fusión de información que se ejecuta en el operador de red puede agregar todas las respuestas o piezas de información contextual desde los segundos dispositivos móviles para generar una respuesta integrada o la pieza final. Por ejemplo, se podría integrar la voz en las respuestas de vídeo y se podrían integrar las respuestas de texto en la respuesta de imagen.

- 5 Debe observarse que el índice de satisfacción QoI, calculado en la etapa d) no se necesita reenviar al primer dispositivo móvil, es decir, el procedimiento iterativo es completamente transparente para el primer dispositivo móvil que no se necesita involucrar en la iteración. Otro problema a resolver en la técnica anterior es el número de iteraciones requeridas. La presente invención presenta este número en cada segundo dispositivo móvil. El número puede ser normalmente, por ejemplo, predeterminado a partir de los ensayos. Después de preestablecer el número de iteraciones desde c) hasta e), el resultado se puede optimizar adicionalmente.

De acuerdo con un aspecto adicional, la presente invención proporciona un sistema como en la reivindicación 8, de recomendación de información contextual sobre una red de comunicación móvil, que comprende una unidad de procesamiento de datos en la red de comunicación móvil, en el que el sistema comprende adicionalmente: un primer dispositivo móvil que se adapta para enviar una consulta que incluye requisito de información a la unidad de procesamiento de datos, en el que el requisito de información comprende al menos un atributo de requisito de información; una pluralidad de segundos dispositivos móviles que se adaptan para recibir la consulta desde la unidad de procesamiento de datos, en el que se identifica la pluralidad de los segundos dispositivos móviles de acuerdo con el requisito de información de la consulta; en el que se proporciona cada uno de la pluralidad de segundos dispositivos móviles con un autómata que usa el Juego de Gur para decidir una participación de la recomendación de la información contextual que comprende propiedad de información respectivamente, en el que se adapta cada uno de los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles para generar una respuesta para la consulta, en el que la respuesta es la información contextual recomendada y comprende la propiedad de información que tiene al menos un atributo de información; en el que se adapta la unidad de procesamiento de datos para acumular una pluralidad de respuestas desde los participantes de la pluralidad de los segundos dispositivos móviles, para calcular una calidad de nivel de satisfacción de información entre la pluralidad de respuestas basada en el requisito de información de la consulta, y para crear índices de satisfacción de información relacionando cada uno el nivel de satisfacción de información de la respuesta respectiva usando el algoritmo de fusión; en el que se adapta la unidad de procesamiento de datos adicionalmente para activar una nueva ronda de iteración entre los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles usando el Juego de Gur; y en el que se adapta la unidad de procesamiento de datos adicionalmente para enviar la información contextual recomendada fusionada al primer dispositivo móvil.

De acuerdo con la presente invención, el requisito de información de la consulta puede comprender localización de un sitio de interés e información acerca de un sitio de interés tal como una imagen o una secuencia de vídeo del sitio de interés, y en el que se localiza la pluralidad de segundos dispositivos móviles en proximidad física del sitio de interés.

De acuerdo con la presente invención, los atributos de requisito de información y el al menos un atributo de información son preferentemente los parámetros de medición para la calidad de información tal como la resolución de una imagen tomada por el segundo dispositivo móvil o la frecuencia de actualización de una secuencia de vídeo grabada por el segundo dispositivo móvil.

40 De acuerdo con la presente invención, el requisito de información puede comprender una pluralidad de atributos de requisito de información y la propiedad de información puede comprender una pluralidad de atributos de información.

De acuerdo con la presente invención, entre las etapas d) y e) el procedimiento preferentemente comprende adicionalmente la etapa de: verificar la sola calidad de índice de satisfacción de información de la pluralidad de respuestas; y continuar a la etapa e) si la calidad del índice de satisfacción de información recibida cumple el requisito total de la calidad de información incluido en la consulta, o repetir las etapas b) a e) para obtener nuevas respuestas desde el mismo u otros segundos dispositivos móviles.

De acuerdo con la presente invención, el procedimiento comprende preferentemente adicionalmente la etapa de: procesar la cantidad de crédito a pagar a cada uno de los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles por proporcionar sus respuestas a la consulta basado en un crédito previsto, en el que se estima crédito previsto a partir de la historia del crédito para el respectivo segundo dispositivo móvil.

De acuerdo con la presente invención, cada decisión de la participación mediante la pluralidad del segundo móviles comprende preferentemente las etapas de: c1) asociar un autómata discreto finito con la misma longitud de memoria M para cada uno de la pluralidad de segundos dispositivos móviles de acuerdo con el modelo del Juego de Gur, en el que el autómata es un solo vecino más cercano de la cadena Markov de estados consecutivos que tiene un tamaño total de memoria que es $2M$; c2) subdividir la cadena Markov en estados de número negativos y estados numerados positivos, en el que los estados de números negativos representan la decisión "en reposo" de un segundo dispositivo móvil particular y los estados positivos representan la decisión "participación" del segundo dispositivo móvil particular; y c3) realizar la decisión de espera o participación para el segundo dispositivo móvil particular iterando a lo largo de la cadena Markov.

Recientemente, hay numerosas aplicaciones emergentes para sensibilidad de teléfonos inteligentes. [1] Usaban vehículos equipados con sensor para detectar e informar las condiciones de superficie de carreteras, mientras que [2] se enfocaban en el flujo de tráfico en las ciudades de las regiones en desarrollo. [3] Presentaban "E-SmallTalker" que facilita de manera distribuida redes sociales más eficaces entre extraños en proximidad física. [9] Propusieron EnTracked - un sistema que, basado en la estimación y predicción de condiciones de sistema y movilidad, planifica actualizaciones de posición para seguir objetivos peatones equipados con dispositivos posibilitados con GPS. [10] Presentaron SoundSense, un sistema de clasificación de eventos de audio capaz de reconocer un amplio conjunto de eventos de sonido. [5] Estudiaron el modelo económico de incentivo de participación de usuarios, proponiendo precio dinámico de subasta inversa con un mecanismo de crédito de participación virtual donde los usuarios pueden vender sus datos de sensibilidad a un proveedor de servicios. El trabajo de los presentes inventores está motivado en gran medida por "Micro-Blog" en [4], que permite a usuarios equipados con teléfonos inteligentes generar y compartir multimedia geo-etiquetada. Sin embargo, a diferencia de [4], la presente invención tiene por objeto dirigirse a los desafíos que vienen desde el lado de gestión de red para tanto el operador de red como los usuarios de teléfonos inteligentes individuales, y aborda el problema más desde las perspectivas teórica y algorítmica. El objetivo de los presentes inventores es explorar el marco matemático de gestionar la reserva de energía de una manera distribuida mientras que se proporcionan niveles satisfactorios de QoI y máximos ingresos para los operadores de red simultáneamente.

En relación con investigar plataformas de red de sensores dependientes de energía, soluciones de red amplia como Lance [11] requieren un control centralizado. Para la investigación de control de energía distribuido, [12] presentó EEMSS, un esquema de gestión de sensores para dispositivos móviles que encienden selectivamente el mínimo conjunto de sensores para controlar estado de usuario y activar nuevo conjunto de sensores si fuera necesario para conseguir detección transición de estado. [13] propuso Catnap, un sistema que permite al sensor reposar durante transferencias de datos. Catnap también aprovecha interfaces inalámbricas de alto ancho de banda combinando pequeños huecos entre paquetes en intervalos en reposo significativos. Por otro lado, [14] se dirigió al desafío de gestión de energía colaborativa, donde se posibilita la toma de decisión de energía de red amplia. Finalmente, el trabajo anterior de los presentes inventores [15] propuso un marco de gestión de red genérico a través de negociaciones entre tareas y recursos de red, estimando la capacidad de red en una manera QoI amigable y controlando el nivel de QoI recibido en tiempo real, pero sin ninguno de los problemas de energía abordados hasta ahora.

En relación con los esquemas de ciclo de trabajo para redes de sensores tradicionales, [16] fue el primer trabajo de este tipo para usar el paradigma matemático del Juego de Gur [17], [18] para ajustar dinámicamente el número óptimo de sensores para funcionar. Este enfoque proporciona un enfoque distribuido útil mientras que se consiguió el estado operacional óptimo a través de unas pocas etapas de iteración. Más tarde, se extendió el Juego de Gur en [19], donde se desarrolló un algoritmo dependiente de energía, y se introdujo el mecanismo de reposo periódico para ahorrar energía. Seguido por [20], también usó el Juego de Gur pero maximizando el número de regiones cubiertas mediante nodos sensores. También se usaron un algoritmo de agrupación dinámico, algoritmo de hormigas y algoritmo genético para tener en consideración la adición y deleción de sensores. Además del enfoque de Juego de Gur, [21] remodeló el problema de difusión en este nuevo contexto, siguiendo un balance entre eficacia y latencia con cobertura garantizada, y se desarrolló una solución tanto distribuida óptima como centralizada. [22] propuso un algoritmo de planificación de baja potencia distribuido para nodos de sensores para determinar sus intervalos de tiempo activos en un mecanismo TDMA que trabaja en la parte superior de una red CSMA a intervalos. [23] propuso una técnica de control de topología distribuida para planificar intervalos de tiempo de nodos de despertar, y diseñar un protocolo MAC para beneficiarse de este control de topología para mejorar la eficacia energética y retardo, y manejar eficazmente la contienda espacialmente correlacionada. Sin embargo todos estos esquemas de ciclo de trabajo carecen de una clara noción de QoI y bajo el contexto de sensibilidad participativa se deberían también considerar los impactos del comportamiento humano y los ingresos del operador de red; y esto conduce principalmente la investigación de los presentes inventores en la presente invención.

Breve descripción de las figuras

La presente invención se explicará en detalle con las figuras adjuntas.

La Figura 1 muestra el escenario de sensibilidad participativa considerado, donde el usuario 1 de teléfono inteligente solicita la información dependiente del contexto de interés a un conjunto de usuarios de teléfonos inteligentes etiquetados como 2-6 en la proximidad, en el que algunos usuarios deciden participar mediante contribución de cierto tipo de información contextual, por ejemplo, mensaje de texto, clip de voz, imagen y vídeo, mientras que otros pueden decidir no participar;

La Figura 2 muestra el ejemplo ilustrativo para la definición del índice de satisfacción QoI, donde $\omega = k \ln(z_i^o / z^r)$, en la que es deseable tener $z_i^o \geq z^r, \forall i \in N$ puesto que se supone que los valores de atributo QoI deberían ser al menos tan grandes como el valor requerido para garantizar la QoI;

La Figura 3 muestra el flujo del bloque de creación de autómata de cada teléfono inteligente que decide las decisiones de ciclo de trabajo del usuario;

La Figura 4 muestra un procedimiento de toma de decisiones encendido-apagado para representar los impactos humanos en el acuerdo de la acción recomendada, donde si el usuario está en desacuerdo con la acción, él/ella elegirá no participar en la tarea sensible actual;

La Figura 5 muestra el diagrama de bloques del esquema de precios dinámico propuesto;

5 La Figura 6 muestra un ejemplo del Juego de Gur con tamaño de memoria asociado $M = 2$, donde estados de número positivos proporcionan la salida correspondiente de la información contextual para el usuario i , por ejemplo, mensaje de texto, imagen de baja resolución o imagen de alta resolución. Estados de números negativos representan decisión de “no participación” del usuario.

10 Las Figuras 7a y 7b muestran un ejemplo de las asignaciones de probabilidad para la recompensa en la Figura 7a y para el castigo en la Figura 7b, respectivamente;

La Figura 8 muestra un ejemplo ilustrativo para el cambio de los estados de consumo de energía de cualquier usuario i ;

La Figura 9 muestra un ejemplo de mínimo uso de potencia para conseguir diferente probabilidad de requisitos de detección con respecto a las diferentes distancias del teléfono inteligente para el sitio de interés;

15 La Figura 10a muestra velocidad de convergencia para 20 tareas simuladas, donde diferentes colores representan diferentes tareas, y la Figura 10b muestra velocidad de convergencia para una tarea específica;

La Figura 11 muestra el impacto del tamaño de memoria y tamaño de red en la velocidad de convergencia, con 95 % de intervalo de confianza;

20 La Figura 12a muestra el histograma del índice de satisfacción QoI recibido cuando se proporciona la matriz de transición mediante (\cdot) , y la Figura 12b muestra el impacto de la intervención humana en la probabilidad de interrupción QoI con respecto a las diferentes matrices de transición;

La Figura 13 muestra un sistema de simulación para la estimación de la futura recompensa a partir de los datos históricos; y

La Figura 14 muestra la energía restante de los tres esquemas.

25 **Descripción detallada de la invención**

La presente invención se describirá ahora en vista de varios aspectos tales como el modelo de sistema, el índice de satisfacción QoI, el marco de gestión de red, la gestión de energía distribuida para QoI y finalmente la evaluación de rendimiento.

I. Modelo de sistema

30 Esta sección presenta un modelo formal para describir el sistema de gestión de red eficaz de los presentes inventores. La presente invención considera un escenario como se muestra en la Figura 1 que comprende tanto el usuario 1 de teléfono inteligente como un interrogador y conjunto de N usuarios de teléfonos inteligentes en la proximidad del sitio de interés del usuario 1, como los participantes, denotados como $N = \{i = 1, 2, \dots, N\}$. Por razones de simplicidad, para el resto de la descripción la presente invención deja el índice de tarea y la presente

35 invención supone que no se ocupan los recursos de red por más de una tarea en un momento. Se genera la tarea de sensibilidad y servicio de solicitudes (es decir, recuperar información sentida) en el momento t , por ejemplo la imagen de un sitio turístico, aparición de evento o localización y así sucesivamente. Se asocia cada solicitud con uno o más atributos QoI, tales como resolución de imagen y probabilidad de detección, la presente invención usa el superíndice r para denotar un valor de atributo QoI *requerido* (y declarado) mediante una tarea tras su llegada para

40 servicio, y a para ese valor obtenido después de la sensibilidad participativa, por ejemplo, sean Z^r y Z_i^a denotan la resolución requerida y obtenida de la imagen tomada mediante cámaras en el momento t , respectivamente. Finalmente, la presente invención denota la información contextual que los usuarios de teléfonos inteligentes podrían contribuir como el conjunto de C con tamaño de $|C|$, que incluye, pero sin limitación, las imágenes con diferentes resoluciones, los clips de vídeo con diferentes resoluciones, los clips de voz y el texto, etc. La presente invención

45 denota adicionalmente $C_i^r \in C$, $\forall i \in N$ como el *recomendado* mediante el autómata propuesto (véase Sección IV) integrado en cada teléfono inteligente; sin embargo, la presente invención se interesa también en explorar los impactos humanos potenciales en el procedimiento de toma de decisiones. En otras palabras, la acción recomendada C_i^r , se puede no tomar finalmente, sino que el usuario la cambiaría a \hat{C}_i^r . La presente invención modela este comportamiento humano en la Sección III.

50 II Índice de satisfacción QoI

Como su nombre implica, se usa este índice para describir el nivel de satisfacción QoI de las tareas recibidas desde

la sensibilidad participativa entre usuarios de teléfonos inteligentes. Es aplicable a cada tarea y para un atributo z de QoI específico, la medición obtenida se calcula como:

$$z_t^a = f(z_t^{i,a}), \quad \forall t, z \in \underline{z}, \quad (1)$$

5 donde z_t^a representa requisitos QoI multidimensionales, uno de los que z podría ser el requisito de resolución de imagen. f denota el algoritmo de fusión de información. A continuación, se denota el índice de satisfacción QoI de red amplia para el atributo z de QoI como:

$$\theta_t^z \triangleq \tanh\left(k \ln \frac{z_t^a}{z^r}\right), \quad \forall t, z \in \underline{z}, \quad (2)$$

donde k denota un factor de escala. La selección de las funciones $\ln(\cdot)$ y $\tanh(\cdot)$ es bastante arbitraria pero da como resultado la atracción intuitiva y comportamiento deseable para satisfacción como se muestra en la Figura 2.

10 Por lo tanto, el índice de satisfacción QoI global I_t^{QoI} , se puede definir para cualquier tarea con requisitos QoI múltiples durante el servicio de la sensibilidad participativa tomando el mínimo de todos los índices de satisfacción QoI para cada atributo QoI $z \in \underline{z}$, es decir,

$$I_t^{QoI} = \min_{z \in \underline{z}} \theta_t^z \in (-1, 1), \quad \forall t. \quad (3)$$

Inmediatamente se deduce a partir de la definición del índice de satisfacción QoI que:

15 *Lema 4.1:* para cualquier tarea de sensibilidad participativa, se satisfacen simultáneamente sus (múltiples) requisitos QoI si y solamente si $I_t^{QoI} \in (0, 1), \forall t$.

La presente invención muestra en la siguiente sección cómo se usa este índice de satisfacción QoI para enlazar el operador de red y usuarios de teléfonos inteligentes para gestión de red dependiente de calidad y energía.

III. Marco de gestión de red

20 En esta sección, la presente invención describe el marco del enfoque de gestión de red eficaz propuesto, que se consigue colaborativamente mediante el operador de red (quién coordina las tareas de sensibilidad participativas) y usuarios de teléfonos inteligentes (quienes realizan su decisión en una manera distribuida). La Figura 3 muestra el diagrama de flujo del autómata propuesto para cada usuario de teléfono inteligente, que decide su decisión de ciclo de trabajo.

25 Sin pérdida de generalidad, se supone que un usuario de teléfono inteligente genera la tarea con requisitos QoI multidimensionales y envía la solicitud de servicio en el momento t al operador de red a través de redes de comunicaciones de acceso como 3G, después de lo cual la solicitud se propaga hacia la más proximidad del sitio de interés. A continuación, se informa a los usuarios de teléfonos inteligentes con capacidades de sensibilidad en la proximidad de esta nueva tarea sensibilidad. Como se ha analizado anteriormente, no hay controlador central que controle la decisión de participación para cada usuario de teléfono inteligente, sin embargo la decisión está probablemente influenciada por tanto el operador de red a través de incentivos como el comportamiento humano. El primer aspecto interesante que enlaza los ingresos del operador de red motiva la propuesta de los presentes inventores de usar *créditos* para fomentar la participación. El último aspecto se incluye explícitamente en el lado del usuario. Para cada usuario, la presente invención propuso usar el modelo matemático del Juego de Gur [16], [17], [18] para conseguir el balance a largo plazo entre el mantenimiento de la energía y el soporte de QoI, como se presenta en la Sección IV. La salida del Juego de Gur recomienda a cada usuario de teléfono inteligente el tipo de información contextual, denotado como $c_i^t \in C, \forall i \in N$.

35 Sin embargo, es interesante explorar los impactos humanos potenciales en el procedimiento de toma de decisiones, es decir, se adoptaría probabilísticamente la acción recomendada, $c_i^t \in C, \forall i \in N$ por el usuario i . Sin pérdida de generalidad, la presente invención usa un procedimiento simple de ENCENDIDO-APAGADO para modelar el comportamiento humano, como se muestra en la Figura 4; o se resumen las condiciones de comportamiento como:

$$\tilde{c}_i^t = \begin{cases} c_i^t, & \text{si está en el estado "de acuerdo",} \\ \emptyset, & \text{otros,} \end{cases} \quad (4)$$

donde $\tilde{c}_i^t = \emptyset$ representa que los usuarios se deciden mantener en reposo. Se podría representar la matriz de transición heredada mediante:

$$P = \begin{pmatrix} 1-p & p \\ 1-q & q \end{pmatrix} \quad (5)$$

donde la primera entrada es el estado de en desacuerdo y la segunda entrada es el estado de acuerdo.

Tras recibir la información multimodelo desde usuarios de teléfonos inteligentes, el operador de red ejecuta el algoritmo de fusión de información integrado en (1), calcula y emite el nivel de QoI conseguido en (3) I_i^{QoI} . Antes de que se entregue la información al interrogador, si el nivel de QoI obtenido no es satisfactorio, o: $I_i^{QoI} < 0$, el operador de red propagará la solicitud de sensibilidad de nuevo a todos los usuarios de teléfonos inteligentes en la proximidad para fomentar adicionalmente su participación.

La etapa final es el procesamiento de tarifa entre el interrogador, el operador de red y los participantes, como se muestra en la Figura 3. Desde la perspectiva del operador de red, se necesitan maximizar los ingresos totales mientras que se cumple el nivel satisfactorio de la expectativa de crédito para todos los participantes. Sin embargo, la expectativa de crédito generalmente no es *conocida a priori*, y por lo tanto el operador de red necesita predecir el crédito futuro esperado a través de la historia de pago. La siguiente idea es acerca de cómo se podría realizar esta predicción de crédito. Sea $\varphi_i^{i,r}$, $\hat{\varphi}_i^{i,r}$ denota la expectativa de crédito actual y predicha para cada usuario i en el momento t antes del pago respectivamente, y sea $\varphi_i^{i,a}$ denota el crédito obtenido del operador de red después del pago. A continuación, la pregunta es cómo predecir la expectativa de crédito $\hat{\varphi}_i^{i,r}$ sin conocer $\varphi_i^{i,r}$, y usar el alisamiento exponencial sobre el tiempo como:

$$\hat{\varphi}_t^{i,r} = (1 - \mu)\hat{\varphi}_{t-1}^{i,r} + \mu\varphi_{t-1}^{i,r}, \quad (6)$$

donde $\mu \in (0, 1)$ es el factor de ponderación.

Suponiendo que se representa el plan de precios para información contextual c_i^i mediante la asignación ω_t , entonces $\hat{\varphi}_i^{i,r} = \omega_t(\hat{c}_i^i)$. El objetivo del operador de red es minimizar el error de la suma de la media cuadrática incurrido por predicción de crédito imperfecta a través de adaptar el plan de precios sobre el tiempo. Dado que no se favorece el cambio del plan de precios mediante el operador de red, se puede formular el problema de optimización a continuación:

$$\begin{aligned} \omega_t = \arg \min_{\omega_t} \sum_{i \in \mathcal{N}} [\hat{\varphi}_t^{i,r} - \omega_t(\hat{c}_i^i)]^2 \\ \text{sometido a: } \left\| \frac{\omega_t - \omega_{t-1}}{\omega_{t-1}} \right\| \leq \delta, \end{aligned} \quad (7)$$

donde se usa L^2 -norm para representar el cambio del plan de precios, y δ denota el máximo porcentaje de adaptación permitido del operador de red. Las entradas a este problema de optimización son la información recuperada \hat{c}_i^i , y la salida es el plan de precios ω_t que recompensa las contribuciones de los participantes. La Figura 5 muestra el diagrama de bloques del esquema de precios dinámico propuesto.

Finalmente el operador de red paga los créditos a los participantes y recibe la tarifa de servicio desde el usuario que inicializó el servicio. La cantidad de tarifa de servicio, denotada por φ_t , debería ser al menos la cantidad pagada a todos los participantes para mantener ganancia de ingresos, como:

$$\varphi_t \geq \sum_{i \in \mathcal{N}} \varphi_t^{i,a}, \quad (8)$$

o equivalentemente el operador de red genera los ingresos: ingresos:

$$\text{ingresos} = \varphi_t - \sum_{i \in \mathcal{N}} \varphi_t^{i,a}. \quad (9)$$

Se presenta la descripción detallada de cómo se obtiene información recuperada \hat{c}_i^i para cada usuario en la siguiente sección IV.

IV Gestión de energía distribuida para QoI

En esta sección, el problema de optimización describe el esquema de gestión de energía distribuida propuesto para cada usuario de teléfono inteligente en la proximidad del sitio de interés, a través del modelo matemático del Juego de Gur. Seguido por la introducción del Juego de Gur, la presente invención propone la estructura de pago y

presenta cómo se realiza la decisión de manera distribuida.

a) *El Juego de Gur*

El modelo matemático del Juego de Gur [16], [17], [18] se usó en primer lugar para conectar el número deseado de sensores inalámbricos en una región de manera distribuida a través de unas pocas etapas de iteraciones. La presente invención ahora brevemente introduce el concepto fundamental y cómo se comporta el sistema propuesto por los presentes inventores.

Suponiendo que se asocia cada usuario de teléfono inteligente $i \in N$ en la proximidad del sitio de interés con un autómata de tiempo discreto finito con la misma longitud de memoria M , $\forall i \in N$, como se muestra en la Figura 6. Este autómata es un solo vecino más cercano de la cadena de estados consecutivos donde el tamaño total de la memoria es $2M$. Comenzando desde el estado más a la izquierda, se numeran los estados desde $-M$ a -1 , seguidos a continuación numerando desde 1 a M hasta el estado más a la derecha. La presente invención denota estos estados de consumo de energía $2M$ como $S = \{-s, s/s=1, 2, \dots, M\}$. Esto subdivide la cadena Markov global en estados numerados negativos, que representan la decisión "en reposo" de los usuarios de teléfonos inteligentes (o no participación), y estados numerados positivos, que representan la decisión de "participación" de usuarios de teléfonos inteligentes con salida correspondiente del tipo de información contextual a contribuir c_i^t . Como se muestra en la Figura 6, c_i^t se ilustra como la acción recomendada, o el resultado de mover al estado $s_i^t \in S$ en el momento t .

Se conduce la transición entre estados de consumo de energía para cada usuario i mediante la función de pago y trabaja de una manera codiciosa. Sean r_i^t y p_i^t denotan la recompensa y la penalización que el usuario i recibió desde $t - 1$ a t antes de realizar la decisión, respectivamente. Después de cada iteración, el estado actual del teléfono inteligente pasaría probabilísticamente de acuerdo con la función de pago recibida al siguiente estado, es decir $s_i^t = s_{i-1}^t + 1$ o $s_i^t = s_{i+1}^t - 1$. Valores superiores de rendimiento de función de pago de conducirían al autómata de estado finito a moverse hacia dos estados límite $-M$ y M . Sin embargo si ocurre que s_{i-1}^t es el estado más a la izquierda o el estado más a la derecha $-M$ o M , a continuación se permite únicamente que el siguiente estado de consumo de energía s_i^t que esté en su propio estado o el estado adyacente. En un resumen, es interesante observar que el comportamiento de castigo realizará que se desplace el estado de consumo de energía de los teléfonos inteligentes en la cadena hacia la mitad mientras que un comportamiento de recompensa lo desplazará hacia el exterior.

b) *La estructura de pago*

Se desea que el objetivo del enfoque de gestión de energía propuesto por los presentes inventores sea para prolongar la vida útil de todos los teléfonos inteligentes reduciendo la velocidad de consumo de energía, para proporcionar la experiencia QoI satisfactoria a todas las tareas, y para cumplir la expectativa de crédito de los usuarios, denotado como $\phi_i^{t,r}$, tras contribuir la información contextual c_i^t , sin embargo no transparente para el operador de red. Cumpliendo esta expectativa proporcionaría una probabilidad superior para ellos para contribuir en las siguientes tareas, mientras que no hacerlo probablemente haría la sensibilidad participativa difícil.

1) *Índice de experiencia del usuario*: debido a la diferencia potencial entre el crédito esperado del usuario y el crédito obtenido actual desde el operador de red, la presente invención en primer lugar introduce un concepto novedoso del "índice de satisfacción de crédito", denotado como $I_t^{i,\omega}$, para representar el grado de satisfacción de crédito para el usuario de teléfono inteligente individual, y se calcula como:

$$I_t^{i,\omega} \triangleq \tan \left(k \ln \frac{\varphi_t^{r,\omega}}{\varphi_t^{i,r}} \right), \quad \forall t, i \in \mathcal{N}, \quad (10)$$

donde $\varphi_t^{i,\omega} = \omega_i(\hat{c}_i^t)$. A continuación, desde la perspectiva de cada usuario, la satisfacción de tarea global debería considerar tanto el índice de satisfacción QoI como el índice de satisfacción de crédito. Se tiene:

$$I_t^i \triangleq \min \left(I_t^{QoI}, I_t^{i,\omega} \right), \quad \forall i \in \mathcal{N}, \quad (11)$$

y se llama I_t^i , como el "índice de experiencia del usuario". El valor superior de este índice significa el mejor soporte de la demanda del interrogador mientras que cumple la expectativa de crédito de los participantes, que sería la más favorable situación para la tarea ganar-ganar.

2) *Estructura de recompensa*: dado el índice de experiencia de usuario definido, la presente invención a continuación muestra cómo se formula la estructura de recompensa para el autómata del Juego de Gur. Se tiene:

$$r_t^i = \phi_r(I_t^i), \quad \forall t, i \in \mathcal{N}, \quad (12)$$

donde sea $\phi_r: \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$ denota la asignación del índice de experiencia del usuario obtenido para la probabilidad de recompensa. La Figura 7(a) muestra un ejemplo de realización de ϕ_r , donde se eligen los parámetros como $\lambda_r = 5, 10, 15$. Matemáticamente, se tiene:

$$r_t^i = \begin{cases} \exp^{-\lambda_r \cdot (I_t^i)^2}, & \text{si } I_t^i \in [0, 1], \\ 0, & \text{de otra manera.} \end{cases} \quad (13)$$

5 La presente invención puede observar que en lugar de favorecer la experiencia de usuario más alta con $I_t^i \approx 1$, la presente invención tiene por objeto proporcionar el nivel de satisfacción $I_t^i = 1$, para mantener la energía para futuros servicios. Teóricamente, los usuarios que participan en el Juego de Gur conseguirán colaborativamente la probabilidad más alta de pago (tanto la recompensa como el castigo) a través de iteraciones. La presente invención introduce la estructura de penalización capturando el consumo de energía tras la contribución de información en la siguiente sección.

10 3) *Estructura de penalización*: puesto que el tipo de información contextual que el usuario contribuye cambia con el tiempo, la presente invención propone usar el consumo de energía normalizado e_t^i , que denota la cantidad de uso de energía desde el momento $t-1$ hasta el momento t debido a que se calcula la contribución de información $\tilde{c}_{t-1}^i \cdot e_t^i$ como la proporción entre el uso de energía $\gamma(\tilde{c}_{t-1}^i)$ y el máximo consumo de energía sobre todos los tipos de información $\max_{c \in C} \gamma(c)$ donde sea $\gamma(\cdot)$ denota la asignación de consumo de energía a partir de información $c \in C$. Matemáticamente, se tiene:

$$e_t^i = \frac{\gamma(\tilde{c}_{t-1}^i)}{\max_{c \in C} \gamma(c)}, \quad \forall t, i \in \mathcal{N}. \quad (14)$$

Usando e_t^i como la entrada para la asignación de probabilidad de penalización $\phi_p: \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$ produce:

$$p_t^i = \phi_p(e_t^i), \quad \forall t, i \in \mathcal{N}, \quad (15)$$

20 donde el mayor uso de energía debido a la contribución de información \tilde{c}_{t-1}^i daría como resultado una penalización superior, y es favorable de otra manera menor uso de energía. La Figura 7(b) muestra un ejemplo de la realización de ϕ_p , donde se eligen los parámetros como $\lambda_p = 3, 5, 7$. Matemáticamente, se tiene:

$$p_t^i = \begin{cases} \tan^{-1}(\lambda_p \ln e_t^i), & \text{si } e_t^i \geq 0, \\ 0, & \text{de otra manera.} \end{cases} \quad (16)$$

c) El procedimiento de toma de decisiones

25 Dada la estructura de pago propuesta en la Sección IV b), la presente invención a continuación muestra el procedimiento de toma de decisiones distribuido para cada usuario de teléfono inteligente i , donde la Figura 8 muestra la línea de tiempo de evento para cada usuario. Suponiendo que se denota el momento actual como t , y el estado actual es el mismo que el estado anterior s_{t-1}^i . El resultado de la toma de decisión pasaría del estado s_t^i , después de unas pocas rondas de iteraciones; y s_t^i corresponde a una acción siguiente recomendada e_t^i . Los usuarios realizarían la decisión final tras la acción de participación a \tilde{c}_t^i . La presente invención preestablece el número de iteraciones como J (la convergencia se dejará para simulaciones), y denota cada ronda de iteración como el índice j , es decir $s_t^i(j), e_t^i(j), \forall j = 1, 2, \dots, J$; para cada etapa, la presente invención también calcula $I_t^i(j), e_t^i(j), \forall j = 1, 2, \dots, J$. El pseudocódigo en el Algoritmo 1 ilustra las etapas de iteraciones.

Algoritmo 1 : Juego de Gur distribuido

- 1: Inicializar $\epsilon \in (0, 1), J$
- 2: para todo $j = 1, 2, 3, \dots, J$ hacer
- 3: para todo usuario de teléfono inteligente $i, \forall i \in \mathcal{N}$ hacer
- 4: calcular $I_i^j(j)$ en (11);
- 5: calcular $c_i^j(j)$ en (14);
- 6: calcular $r_i^j(j)$ y $p_i^j(j)$ en (12) y (15);
- 7: generar uniformemente una siembra de números aleatorios $\in [0, 1]$;
- 8: condición de transición de estado

$$\begin{cases} s_i^j = s_{i-1}^j + 1, & \text{si siembra} \geq \frac{r_i^j}{r_i^j + p_i^j}, \\ s_i^j = s_{i-1}^j - 1, & \text{de otra manera,} \end{cases} \quad (17)$$

donde si $s_{i-1}^j = \pm M$, entonces s_i^j se permite únicamente que esté en su propio estado o el estado adyacente.
- 9: acción de salida $c_i^j(j)$;
- 10: fin de para
- 11: fin de para
- 12: Devolver: acción recomendada final $c_i^j \leftarrow c_i^j(j), \forall i \in \mathcal{N}$.

Vale la pena señalar que el enfoque del Juego de Gur propuesto se distribuye completamente que los usuarios de teléfonos inteligentes no necesitan pronosticar los estados de consumo de energía para sí mismos ni intercambiar ninguna información de otros participantes. En su lugar, usan el procedimiento de ensayo y error para producir el mejor resultado en cada etapa y conseguir iterativamente el óptimo global.

V. Evaluación de rendimiento

La presente invención accede al esquema propuesto bajo un escenario simple pero representativo de sensibilidad participativa, donde la información contextual requerida es la aparición de evento que se debería proporcionar mediante mensajes de texto, imágenes o incluso videos desde usuarios de teléfonos inteligentes. Por razones de simplicidad, la presente invención no estimula esta información en detalle, sino que la presente invención asume que el interrogador tendría diferentes capacidades al consumir esta información, produciendo un *grado* diferente del entendimiento del evento. Por lo tanto, la presente invención usa el grado de entendimiento, denotado como Z_r , como la única métrica Qol *requerida*, aleatoriamente generada desde el límite inferior 0.8 hasta el límite superior 0.95, donde la Z_r mayor representa el nivel requerido mayor de información contextual, por ejemplo el video. Hasta este fin, se puede reducir la información contextual establecida C hasta la información de alto nivel de grado de entendimiento, como el tamaño de 1. Respecto a las tareas, la presente invención asume que la duración del procedimiento de gestión de energía iterativo propuesto es relativamente pequeña comparada con el tiempo de inter-llegada de las tareas, de modo que hay únicamente una tarea que sirve en la red en cualquier momento. La presente invención establece el presente simulador para desplegar, aleatoriamente $N = 30$ usuarios de teléfonos inteligentes en unos 200×200 metros cuadrados, cada uno de los cuales tiene una inicial, reserva de energía igual ϵ , de modo que $N\epsilon$ es la reserva de energía global para la red completa. Finalmente, la presente invención establece que el parámetro del crédito esperado desde cada usuario de teléfono inteligente es una constante $\phi_i^{i,r} = 1, \forall i \in \mathcal{N}$. Finalmente, se emplea un modelo de detección basado en localización usando propiedades físicas de los teléfonos inteligentes, donde se consigue la probabilidad obtenida individual de detección de $z_i^{i,a}$, a partir de que se consigue la distancia d^i mediante:

$$z_i^{i,a} = e^{-\frac{0.5}{\gamma(c_i^i)}(d^i)^{1.2}}, \quad \forall i \in \mathcal{N}. \quad (18)$$

Estableciendo $z_i^{i,r} = 1$, cada usuario calcula su consumo de energía a conseguir mejor probabilidad de detección; la Figura 9 muestra un ejemplo de este uso de potencia. Después de las iteraciones del Juego de Gur, denotando N_t el conjunto final de usuarios elegido para participar en la tarea, cada uno de los cuales consigue mejor probabilidad de detección 1. La presente invención a continuación usa un modelo de fusión de información simple para enlazar las múltiples fuentes de detección con el grado global obtenido de entendimiento de eventos, como:

$$z_t^a = \tan^{-1}(0.8 \ln |N_t|), \forall t, \quad (19)$$

donde se consigue el mayor grado de entendimiento si se implica más teléfonos inteligentes o información. Finalmente, se calcula el índice de satisfacción Qol como en (3).

La presente invención en primer lugar muestra la convergencia del enfoque de la propuesta del enfoque del Juego de Gur distribuido mostrando el cambio del índice de satisfacción Qol recibido sobre el tiempo en la Figura 10(a), donde se simulan una totalidad de 20 tareas y se usa un tamaño de memoria de $M = 3$ del Juego de Gur para cada teléfono inteligente. Se demuestra una vista detallada a una tarea en la figura 10b. La presente invención observa que para la M fijada, el índice de satisfacción Qol recibido converge iterativamente con la frontera del límite inferior de satisfacción, $\sigma_t^{I_t^{Qol}} = 0, \forall q \in Q$ en un número pequeño de etapas (en este ejemplo 32 etapas). Conseguir $I_t^{Qol} = 0$ requiere el mínimo número de sensores implicados en participación mientras que preserva mucha energía para las siguientes tareas; sin embargo aunque el esquema propuesto no podría garantizar este "óptimo", la presente invención consigue todavía el subóptimo (en términos de Qol) con convergencia muy rápida. Si se consideran las

combinaciones posibles de los estados Markov para N sensores M^N , se concluye que el número de etapas requeridas en nuestro enfoque es bastante eficaz. A continuación, la presente invención explora los impactos de tanto el tamaño de memoria y el tamaño de red en la velocidad de convergencia, en la Figura 11. Se observa que para el tamaño de red fijada, cuanto mayor es el tamaño de memoria del Juego de Gur, mayor será el número de etapas requerido. Mientras tanto, para el tamaño de memoria fijado, la velocidad de convergencia aumenta con el aumento del número de sensores desplegados en una región geográfica fija. Para hacer frente a este problema de escalabilidad, se puede reducir el conjunto de participantes de $N = 30$ en total (sin embargo el número de gente alrededor del sitio de la ocurrencia de evento donde el operador de red puede comunicar potencialmente podría ser mayor), puesto que los usuarios alejados consumirían más energía en participar en la tarea. En las siguientes simulaciones, se fija $M = 30$ y $N = 30$.

La presente invención compara el algoritmo con el escenario de detección óptimo, y el peor caso de escenario de detección. Para el formador, se consigue el límite inferior de uso de energía y satisfacción QoI, seleccionando el más cercano y mínimo número de vecinos con respecto al sitio de interés para ayudar con sensibilidad participativa de acuerdo con sus localizaciones. Y por lo tanto se garantiza que los usuarios elegidos usarían el mínimo consumo de energía. A continuación, se fuerza a todos los usuarios a participar en cualquier tarea de modo que se consigue la mejor QoI con el compromiso de mayor uso de energía.

La Figura 12a muestra el histograma del nivel de satisfacción QoI obtenida. Se puede observar que el enfoque propuesto garantiza satisfactoriamente muy baja QoI probabilidad de interrupción como la solución subóptima, sin embargo para la solución óptima el índice de satisfacción QoI recibido debería concentrarse altamente a 0 (frontera). Para proporcionar menor interrupción QoI debido a intervención humana inesperada, se establece un margen de m en el grado requerido de entendimiento, o $z_{\text{margen}}^r = (1+m)z^r$ de modo que el número mayor de teléfonos inteligentes se recomienda para participación con el compromiso de mayor consumo de energía potencialmente por tarea. La Figura 12b demuestra este impacto mediante ajuste fino de los parámetros de matriz de transmisión $p = g$ en (5) entre desaceptación y aceptación. Es interesante observar que para $p = q = 1$, es decir, sin ningún margen reservado para requisito QoI, el presente esquema consigue muy baja probabilidad de interrupción QoI, sin embargo aumenta bruscamente hasta mayores niveles si se considera intervención humana $q = q < 1$. Esto es principalmente puesto que el esquema propuesto ayuda a elegir la mínima cantidad de usuarios de teléfonos inteligentes para participación para conseguir el grado subóptimo de entendimiento; sin embargo, si (al menos) cualquiera de los usuarios elegidos decide abandonar, la QoI obtenida después de la fusión de información deterioraría significativamente y caería por debajo del nivel requerido. Esto explica por qué es necesario introducir este margen para combatir la intervención humana.

La Figura 13 muestra el resultado de simulación para el cambio de la asignación de crédito y expectativa sobre el tiempo, donde se observa que el enfoque propuesto sigue satisfactoriamente la expectativa de crédito por teléfono inteligente esperada $\varphi_i^{i,r} = 1, \forall i, N$ desde el comienzo del tiempo, mientras que el crédito asignado total es bastante cercano al total requerido para todos los usuarios de teléfonos inteligentes, es decir cumple las expectativas de crédito de los usuarios. Finalmente, la Figura 14 ilustra el cambio de porcentaje de la energía restante para tres escenarios, donde la presente invención observa que el esquema de gestión de red propuesto consigue satisfactoriamente la solución subóptima con ganancias significativas si se compara con el caso de participación completa. Incluso comparado con la detección óptima, la penalización es relativamente muy pequeña. Se consigue el subóptimo principalmente debido a la selección distribuida del conjunto de usuarios quienes están más cercanos al evento; y por lo tanto el consumo de potencia por tarea podría ser en ocasiones mayor.

En la presente invención, se proporciona un marco de gestión de red eficiente para la aplicación céntrica de usuario emergente para la sensibilidad participativa. La presente invención abordó el problema de gestión de red global como dos subproblemas, para el operador de red y para el usuario de teléfono inteligente individual. Para el formador, la presente invención considera explícitamente la renovación máxima y soporte QoI a través de un problema de optimización obligada, y la presente invención cuantifica el beneficio QoI como el concepto novedoso del índice de satisfacción QoI. La presente invención también estudió el impacto del comportamiento humano en el procedimiento de toma de decisión de sensibilidad participativa. Para el último, la presente invención usa el marco matemático del Juego de Gur para proponer un esquema de gestión de energía dependiente de QoI para teléfonos inteligentes. El balance fundamental entre el mantenimiento de la energía del teléfono inteligente y el soporte de la experiencia QoI se aprovecha completamente y trata. Finalmente, los números extensivos dan como resultado un escenario de sensibilidad participativa completo.

Se ha descrito la presente invención ahora con referencia a varias realizaciones de la misma. Se ha proporcionado la descripción detallada anterior y ejemplos para claridad de entendimiento únicamente. Se entenderá a partir de la misma que no hay limitaciones innecesarias. Será evidente para los expertos en la materia que se pueden realizar muchos cambios en las realizaciones descritas sin alejarse del alcance de la presente invención. En particular, aunque se describen características y elementos de la presente invención en las realizaciones preferidas en combinaciones particulares, se puede usar cada característica o elemento solo sin las otras características y elementos de las realizaciones preferidas o en varias combinaciones con o sin otras características y elementos de la invención. Por lo tanto, el alcance de la presente invención no se debería limitar a los procedimientos y sistemas

descritos en el presente documento, sino únicamente mediante el lenguaje de las reivindicaciones y los equivalentes de esos procedimientos y sistemas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de procesamiento de información contextual sobre una red de comunicación móvil que tiene una unidad de procesamiento de datos, en donde el procedimiento comprende las etapas de:
 - 5 a) enviar una consulta que incluye requisito de información mediante un primer dispositivo móvil (1) a la unidad de procesamiento de datos, en el que el requisito de información comprende al menos un atributo de requisito de información,
 - b) reenviar la consulta a una pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) mediante la unidad de procesamiento de datos, en el que se identifica la pluralidad de segundos dispositivos móviles de acuerdo con el requisito de información de la consulta,
 - 10 c) decidir la participación mediante la pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) usando el Juego de Gur, recomendar la propiedad de información de la información contextual por cada uno de los segundos dispositivos móviles respectivamente, y generar una respuesta para la consulta desde cada uno de los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) usando el Juego de Gur, en el que la respuesta es la información contextual recomendada y comprende la propiedad de información que tiene al menos un atributo de información,
 - 15 d) acumular una pluralidad de respuestas desde los participantes de la pluralidad de los segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) usando el algoritmo de fusión y calcular un nivel de satisfacción de calidad de información basado en el nivel de información requerido, mediante la unidad de procesamiento de datos,
 - 20 e) activar una nueva ronda de iteración entre la pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) usando el Juego de Gur,
 - f) enviar la información contextual recomendada fusionada al primer dispositivo móvil (1) mediante la unidad de procesamiento de datos.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el requisito de información de la consulta comprende localización de un sitio de interés e información acerca de un sitio de interés tal como una imagen o una secuencia de vídeo del sitio de interés, y en el que la pluralidad de segundos dispositivos móviles se encuentran situados en proximidad física al sitio de interés.

3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los atributos de requisito de información y al menos un atributo de información son los parámetros de medición para la calidad de información tales como la resolución de una imagen tomada por el segundo dispositivo móvil o la frecuencia de actualización de una secuencia de vídeo grabada por el segundo dispositivo móvil.

4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el requisito de información comprende una pluralidad de atributos de requisito de información y la propiedad de información comprende una pluralidad de atributos de información.

5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que entre las etapas d) y e) el procedimiento comprende adicionalmente la etapa de: verificar la calidad individual del índice de satisfacción de información de la pluralidad de respuestas; y continuar a la etapa e) si la calidad del índice de satisfacción de información recibida cumple el requisito de la calidad de información incluido en la consulta, o repetir las etapas b) a e) para obtener nuevas respuestas desde el mismo u otros segundos dispositivos móviles.

6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende adicionalmente la etapa de: procesar la cantidad de crédito a pagar a cada uno de los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles por proporcionar sus respuestas a la consulta basado en un crédito previsto, en el que se estima el crédito previsto a partir de la historia del crédito para el segundo dispositivo móvil respectivo.

7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada decisión de la participación de la pluralidad de los segundos móviles comprende las etapas de:
 - 45 asociar un autómata discreto finito con la misma longitud de memoria M para cada una de la pluralidad de segundos dispositivos móviles de acuerdo con el modelo del Juego de Gur, en el que el autómata es un solo vecino más cercano de la cadena Markov de estados consecutivos que tiene un tamaño total de memoria de 2M,
 - 50 subdividir la cadena de Markov en estados de número negativo y estados numerados positivos, en el que los estados de número negativo representan la decisión "en reposo" de un segundo dispositivo móvil particular y los estados positivos representan la decisión de "participación" del segundo dispositivo móvil particular, y realizar la decisión de en reposo o participación para el segundo dispositivo móvil particular iterando a lo largo de la cadena Markov.

8. Sistema de recomendación de información contextual sobre una red de comunicación móvil, que comprende una unidad de procesamiento de datos en la red de comunicación móvil, en el que el sistema comprende adicionalmente:
 - 55 un primer dispositivo móvil (1) que está adaptado para enviar una consulta que incluye requisito de información

a la unidad de procesamiento de datos, en donde el requisito de información comprende al menos un atributo de requisito de información,
 una pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) que están adaptados para recibir la consulta desde la unidad de procesamiento de datos, en donde se identifica la pluralidad de segundos dispositivos móviles de acuerdo con el requisito de información de la consulta, en donde se proporciona a cada uno de la pluralidad de segundos dispositivos móviles(2, 3, 4, 5, 6) un autómata que usa el Juego de Gur para decidir una participación de la recomendación de la información contextual que comprende propiedad de información respectivamente, en donde cada uno de los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) se adapta para generar una respuesta para la consulta, en donde la respuesta es la información contextual recomendada y comprende la propiedad de información que tiene al menos un atributo de información,
 en donde se adapta la unidad de procesamiento de datos para acumular una pluralidad de respuestas desde los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles (2, 3, 4, 5, 6) para calcular una calidad de nivel de satisfacción de información entre la pluralidad de respuestas basado en el requisito de información de la consulta, y para crear índices de satisfacción de información relacionando cada uno con el nivel de satisfacción de información de la respuesta respectiva usando el algoritmo de fusión,
 en donde se adapta la unidad de procesamiento de datos adicionalmente para activar una nueva ronda de iteración entre los participantes de la pluralidad de segundos dispositivos móviles usando el Juego de Gur, en donde se adapta la unidad de procesamiento de datos adicionalmente para enviar la información contextual recomendada fusionada al primer dispositivo móvil (1).

9. Sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el requisito de información de la consulta comprende localización de un sitio de interés e información acerca de un sitio de interés tal como una imagen o una secuencia de vídeo del sitio de interés, y en el que se localiza la pluralidad de segundos dispositivos móviles en proximidad física al sitio de interés.

10. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, en el que el atributo de requisito de información y el al menos un atributo de información son los parámetros de medición para la calidad de información tal como la resolución de una imagen tomada por el segundo dispositivo móvil o la frecuencia de actualización de una secuencia de vídeo grabada por el segundo dispositivo móvil.

11. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el requisito de información comprende una pluralidad de atributos de requisito de información y la propiedad de información comprende una pluralidad de atributos de información.

12. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la unidad de procesamiento de datos está adaptada adicionalmente para verificar la calidad del índice de satisfacción de información recibida de la pluralidad de respuestas, para juzgar si las respuestas cumplen el requisito de calidad de información incluido en la consulta, o para reenviar la consulta al mismo u otros segundos dispositivos móviles para obtener nuevas respuestas.

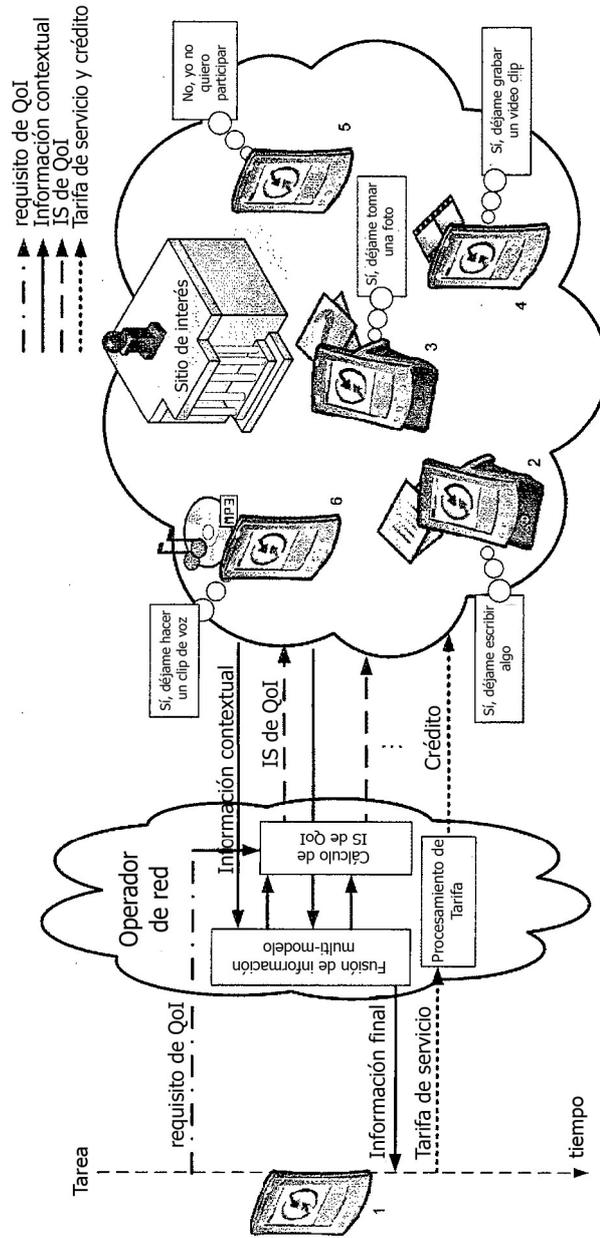


Fig. 1

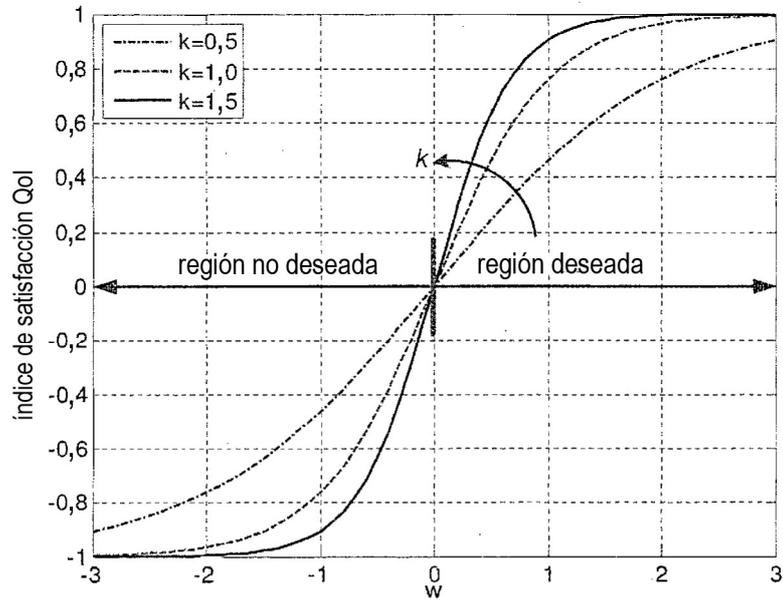


Fig. 2

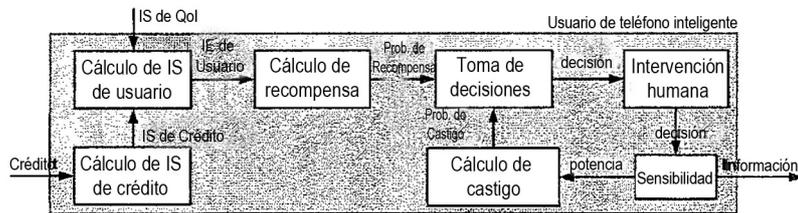


Fig. 3

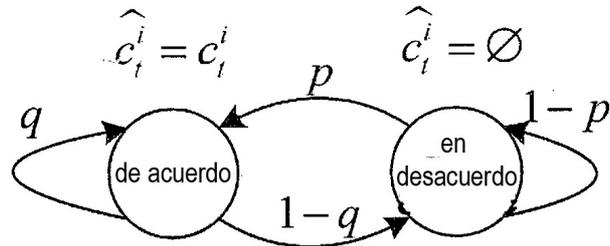


Fig. 4

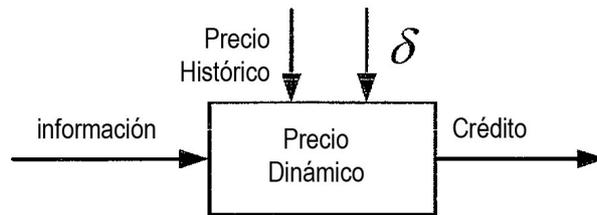


Fig. 5

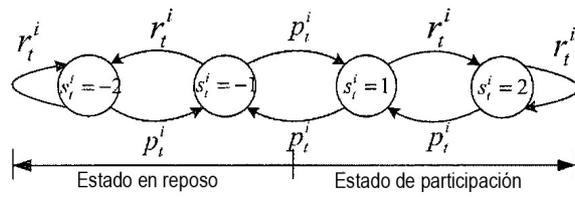


Fig. 6

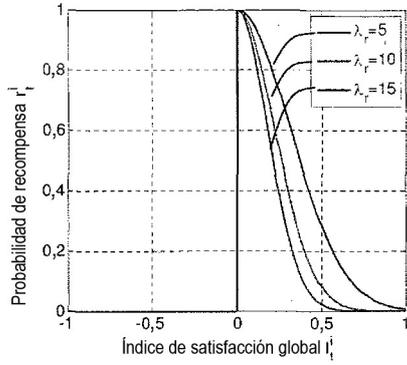


Fig. 7a

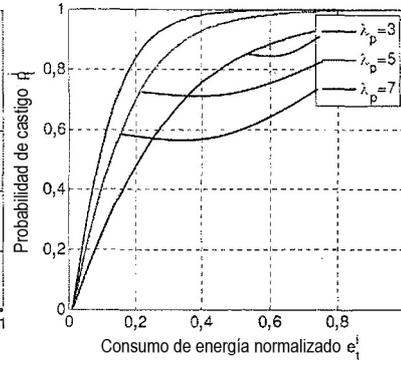


Fig. 7b

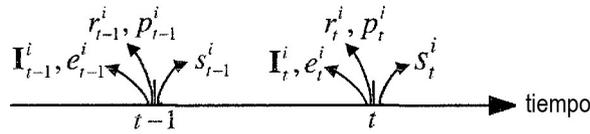


Fig. 8

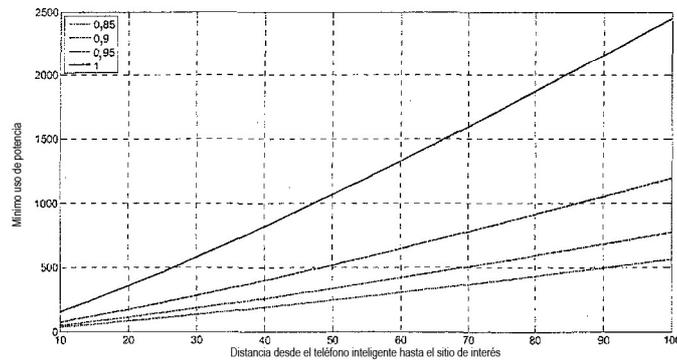


Fig. 9

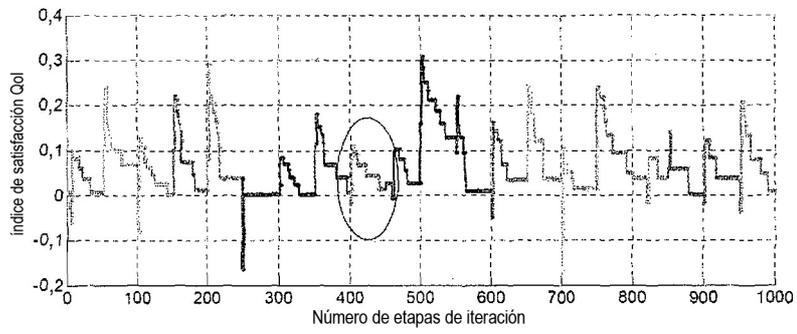


Fig. 10a

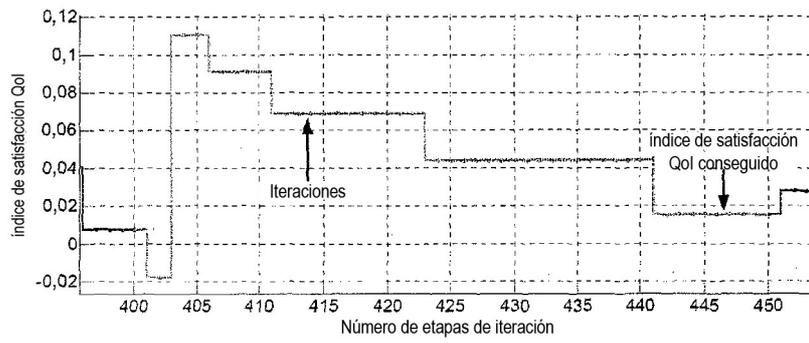


Fig. 10b

ES 2 406 260 T3

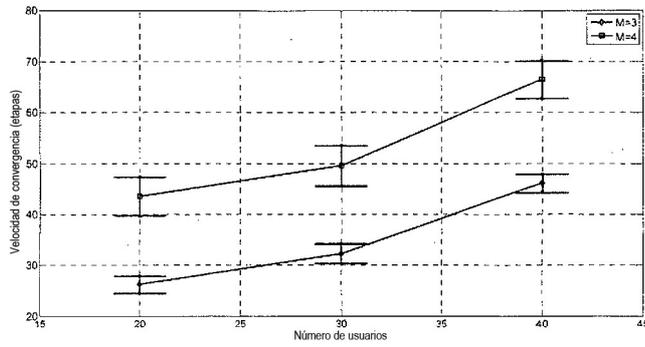


Fig. 11

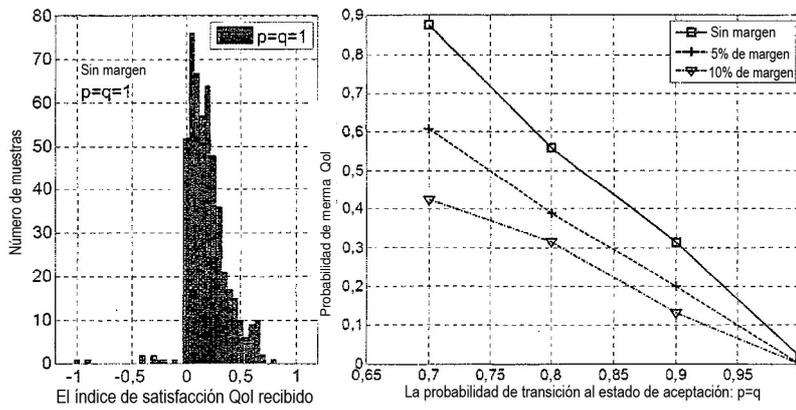


Fig. 12a

Fig. 12b

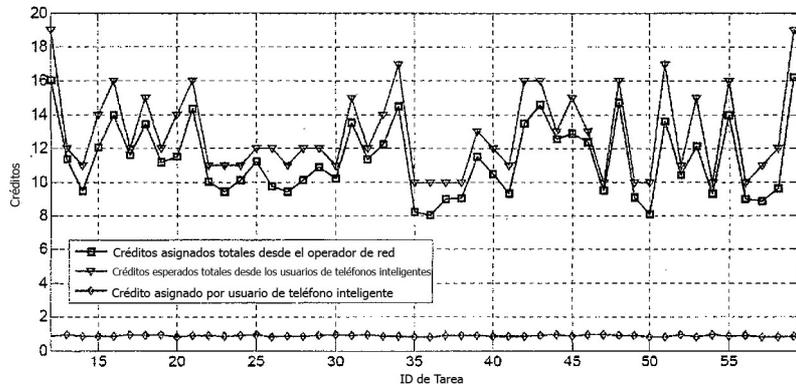


Fig. 13

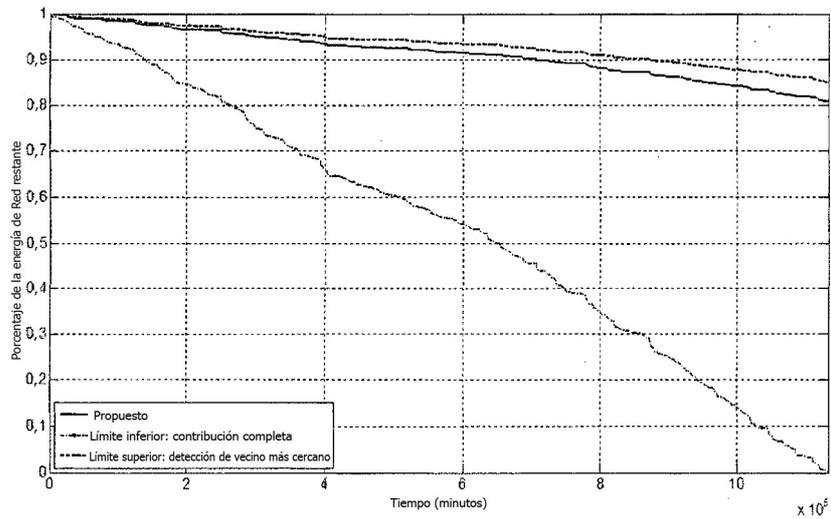


Fig. 14