

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 265**

21 Número de solicitud: 201100062

51 Int. Cl.:

**G06F 1/00**

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**24.01.2011**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.01.2014**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)  
PLAZA DE EL EJIDO, S/N  
29071 MÁLAGA ES**

72 Inventor/es:

**FERNANDEZ LEIVA, Antonio Jose y  
COTTAS PORRAS, Carlos**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y SISTEMA PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACION MEDIANTE REDES DE DISPOSITIVOS MOVILES**

57 Resumen:

Procedimiento y sistema para la resolución de problemas de optimización mediante redes de dispositivos móviles que consiste en el aprovechamiento de la capacidad de computación de los dispositivos móviles y la comunicación mediante el estándar Bluetooth® para la transferencia de datos en un entorno distribuido donde todos los dispositivos cooperan para la resolución de problemas complejos. El procedimiento de la invención que se plantea consiste en ejecutar algoritmos bioinspirados en dispositivos móviles que se comunican mediante la tecnología Bluetooth®. Cada dispositivo se comunica con los demás sin la intervención de ningún servidor central que gestione todo el proceso, o bien, en una arquitectura cliente — servidor (o maestro — esclavo) en donde el servidor es una computadora central que ejecutará un determinado algoritmo de optimización mientras que los clientes (los dispositivos móviles) ejecutarán algoritmos bioinspirados de forma independiente.

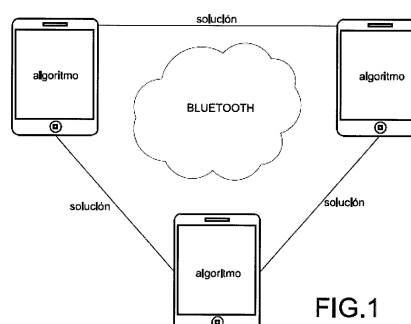


FIG.1

## PROCEDIMIENTO Y SISTEMA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN MEDIANTE REDES DE DISPOSITIVOS MÓVILES

### DESCRIPCIÓN

5

Es un objeto de la presente invención un procedimiento y un sistema para el aprovechamiento de la capacidad de computación de los dispositivos móviles y la comunicación mediante el estándar Bluetooth® para la transferencia de datos en un entorno distribuido donde todos los dispositivos cooperan para la resolución de problemas complejos. El procedimiento de la invención que se plantea consiste en ejecutar algoritmos bioinspirados en dispositivos móviles que se comunican mediante tecnología inalámbrica, preferentemente Bluetooth® o similar. Cada dispositivo se comunica con los demás sin la intervención de ningún servidor central que gestione todo el proceso, o bien, en una arquitectura cliente – servidor (o maestro – esclavo) en donde el servidor es una computadora central que ejecutará un determinado algoritmo BnB (*Branch and Bound*, ramificación y poda) mientras que los clientes (los dispositivos móviles) ejecutarán algoritmos bioinspirados de forma independiente.

10

15

### ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

20

25

Bajo el término de algoritmos bioinspirados se engloba a un amplio conjunto de técnicas de resolución de problemas de optimización complejos basadas en la emulación de los procesos naturales de la biología. Entre las técnicas bioinspiradas se encuentran por ejemplo los algoritmos evolutivos, las redes neuronales, los sistemas de lógica difusa y las colonias de hormigas entre otros. Estos algoritmos son llamados así porque se inspiran en procesos biológicos y algunos de ellos, en concreto los algoritmos evolutivos, particularmente en su base genético-molecular. Se ha demostrado que, en problemas de optimización, estas técnicas alcanzan soluciones óptimas (o cercanas a las óptimas) con un coste computacional aceptable que es muchas veces menos que el que consumen otras muchas técnicas de resolución de problemas de optimización.

30

35

Por otra parte, las técnicas de Ramificación y Poda (BnB, por sus siglas en inglés *Branch and Bound*) son ampliamente utilizadas en la resolución de problemas de optimización. Muy básicamente, estas técnicas realizan una enumeración parcial del espacio de soluciones basándose en la generación de un árbol de expansión implícito. Inicialmente, se considera un nodo que representa el espacio de soluciones completo y que, sucesivamente, es ramificado en otros nodos que representan particiones del espacio de búsqueda original. Adicionalmente, se utilizan cotas para podar aquellas ramas del árbol que no conducen a la solución óptima,

reduciendo considerablemente el espacio de búsqueda.

Básicamente en un algoritmo de Ramificación y Poda se realizan tres etapas. La primera de ellas, denominada Selección, se encarga de extraer un nodo de entre el conjunto de nodos vivos. La forma de escogerlo varía dependiendo directamente de la estrategia de búsqueda que decidamos para el algoritmo. En la segunda etapa, la Ramificación, se construyen los posibles nodos hijos del nodo seleccionado en el paso anterior. Por último se realiza la tercera etapa, la Poda, en la que se eliminan algunos nodos creados en la etapa anterior. Esto contribuye a disminuir en lo posible el espacio de búsqueda y así atenuar la complejidad de estos algoritmos basados en la exploración de un árbol de posibilidades. Aquellos nodos no podados pasan a formar parte del conjunto de nodos vivos, y se comienza de nuevo por el proceso de selección. El algoritmo finaliza cuando no quedan más nodos por explorar.

Para cada nodo del árbol dispondremos de una función de coste que nos estime el valor óptimo de la solución si continuáramos por ese camino. De esta manera, si la cota que se obtiene para un nodo, que por su propia construcción deberá ser mejor que la solución real (a lo sumo, igual que ella), es peor que una solución ya obtenida por otra rama, podemos podar esa rama pues no es interesante seguir por ella. Evidentemente no podremos realizar ninguna poda hasta que hayamos encontrado alguna solución. Por supuesto, las funciones de coste han de ser monótonas respecto a la profundidad del árbol, es decir, si consideramos por ejemplo un problema de minimización, entonces si  $h$  es una función de coste entonces  $h(n) \leq h(n')$  para todo  $n'$  nodo descendiente de  $n$ .

Recientemente, los firmantes de la invención aquí descrita han especificado en su artículo (*"On the Hybridization of Memetic Algorithms With Branch-and-Bound Techniques"*, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B* 37(1): 77-83, 2007) un modelo híbrido paralelizable entre estas una técnica de BnB y un algoritmo bioinspirado (concretamente un algoritmo genético AG) que ha resultado ser exitoso en la resolución de problemas de optimización. Este modelo o procedimiento de cómputo considera dos formas diferentes de abordar los problemas de optimización combinatoria que no son excluyentes y pueden trabajar juntas para resolver un problema determinado. La integración entre los dos algoritmos se lleva a cabo mediante una fase de comunicación en la que el AG envía su mejor solución al BnB y viceversa, el BnB envía al AG un conjunto de soluciones parciales prometedoras convertidas en soluciones completas mediante técnicas ávidas. El BnB usa la solución recibida para realizar el proceso de poda en la cola de nodos vivos, eliminando los problemas parciales cuya cota superior sea inferior a la solución hallada por el AG. El BnB

inyecta información de las regiones más prometedoras del árbol de búsqueda en la población del AG, de forma que siempre haya una población heterogénea en las generaciones del AG.

5 Por otro lado, *Bluetooth*® es una tecnología de comunicación inalámbrica que define una plataforma estandarizada en la que destaca el bajo consumo y bajo coste de sus elementos, facilitando una comunicación sin cables entre dispositivos móviles. Se incluye dentro de la especificación de esta tecnología tanto los detalles de cómo se ha de llevar a cabo el enlace de comunicación entre los dispositivos, como los detalles de la capa de aplicación por la que se podrá explotar las funcionalidades de estas comunicaciones. *Bluetooth*® opera en el rango de  
10 radiofrecuencia de los 2.4GHz (2.400-2.4835 GHz) que no requiere licencia de uso en ningún lugar del mundo. Se guarda una banda de 2 MHz en el comienzo y 3.5 MHz final del rango para cumplir con las regulaciones de todos los países.

15 La tecnología de comunicaciones *Bluetooth*® hace posible la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia. Estos dispositivos deben llevar integrado hardware específico para dar soporte a esta tecnología. Entre los dispositivos más comunes encontramos teléfonos móviles, computadoras de mano (Palm, Pocket PC), cámaras digitales, ordenadores portátiles e impresoras.

## 20 EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

El problema técnico objetivo que soluciona la presente invención es el incremento de la velocidad de cómputo en la resolución de problemas de optimización en la asignación de recursos, aprovechando de forma distribuida una pluralidad de elementos móviles, en donde  
25 todos los dispositivos cooperan en dicha resolución. En la presente invención se entiende por dispositivo móvil tanto PDAs, como teléfonos móviles, ordenadores portátiles, Smartphone, o cualquier dispositivo móvil con capacidad de comunicación inalámbrica vía *Bluetooth*®.

Más concretamente, en un primer aspecto de la invención, el procedimiento y sistema para la  
30 resolución de problemas de optimización mediante redes de dispositivos móviles, objeto de la presente invención, se intercambia información, a través de tecnología *Bluetooth*® o de otra tecnología inalámbrica como WiFi o similar, de algoritmos bioinspirados o algoritmos adaptados a la resolución de un proceso específico, ejecutados en dispositivos móviles. Este procedimiento consiste, esencialmente, en ejecutar un algoritmo bioinspirado en cada uno de  
35 los dispositivos móviles de la estructura. Todos los algoritmos se dedican a resolver la misma instancia del problema con el objeto de compartir información. La comunicación entre estos dispositivos se realiza mediante transferencia de candidatos a las soluciones de un problema,

vía tecnología Bluetooth, de los dispositivos móviles que actúan como esclavos al dispositivo móvil que actúa como maestro, y de éste último dispositivo a los demás con el fin de mejorar la búsqueda de soluciones en cada uno de ellos de forma independiente. La transferencia de datos se realiza de forma asíncrona o síncrona a demanda del computador central.

5

En esta realización particular, puede existir más de un *piconet* (pequeña red que establecen automáticamente los terminales Bluetooth para comunicarse entre sí) involucrada en el esquema global de resolución dando lugar a subestructuras que se comunican mediante dispositivos esclavos comunes a las *piconets* entre las cuales se establece la comunicación.

10

En una segunda realización particular de la invención, el procedimiento para la resolución de problemas de optimización mediante el intercambio de información, a través de la tecnología Bluetooth®, de algoritmos bioinspirados, o cualquier algoritmo de optimización específico para cada problema, ejecutados en dispositivos móviles con un algoritmo de ramificación y poda instalado en un ordenador central. Este procedimiento consiste en ejecutar el algoritmo de ramificación y poda en un ordenador central mientras que los algoritmos bioinspirados son ejecutados en dispositivos móviles. Todos los algoritmos se dedican a resolver la misma instancia del problema con el objeto de compartir información. La comunicación entre estos dispositivos y el ordenador se realiza mediante transferencia de candidatos a las soluciones de un problema, vía tecnología Bluetooth®, de un dispositivo móvil al ordenador central y de éste a cada uno de los dispositivos móviles con el fin de mejorar la búsqueda de soluciones en cada uno de ellos de forma independiente. La transferencia de datos se realiza de forma asíncrona a demanda del computador central.

15

20

25

Además, puede existir más de un ordenador central, cada uno de ellos conectado a un conjunto de dispositivos móviles, dando lugar a subestructuras que se comunican mediante los ordenadores centrales o los dispositivos móviles.

30

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

35

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- FIG 1. Muestra un esquema general del procedimiento para tres dispositivos móviles, en una primera realización práctica.
- 5 FIG 2. Muestra un esquema de una piconet donde una unidad o dispositivo móvil actúa como maestro en una primera realización práctica.
- FIG 3. Muestra un esquema de resolución de un problema dividido en dos subsistemas tomando como ejemplo de algoritmo bioinspirado un algoritmo genético (AG) en una primera realización práctica.
- 10 FIG 4. Muestra un esquema de un ejemplo de los roles tomados por los dispositivos en una red con cuatro dispositivos en una primera realización práctica.
- FIG 5. Muestra un esquema general de la comunicación establecida entre los dispositivos móviles en una primera realización práctica.
- FIG 6. Muestra un esquema general de dos piconets interconectadas mediante un dispositivo esclavo común en una primera realización práctica.
- 15 FIG 7. Muestra un esquema general de la arquitectura de la aplicación en una segunda realización práctica.
- FIG 8. Muestra un esquema general del intercambio de soluciones entre cliente y servidor para el ejemplo de la FIG.7 y un problema en el cual los candidatos a solución se codifican en binario.
- 20 FIG 9. Muestra un esquema de resolución de un problema en dispositivos móviles y computadora central e intercambio de información en una segunda realización práctica.
- FIG 10. Muestra un esquema de un ejemplo de comunicación entre los módulos cliente y servidor en la resolución/optimización de un problema cuyas soluciones o candidatos a soluciones se codifican en binario, en una segunda realización práctica.
- 25

## EXPOSICIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN Y EJEMPLOS

30

Como ha sido indicado, es un objeto de la presente invención un procedimiento y un sistema para el aprovechamiento de la capacidad de computación de los dispositivos móviles y la comunicación mediante el estándar Bluetooth® para la transferencia de datos en un entorno distribuido donde todos los dispositivos cooperan para la resolución de problemas complejos.

35

En el ejemplo que se describe a continuación del procedimiento de la invención que se plantea consiste en ejecutar algoritmos bioinspirados en dispositivos móviles que se comunican mediante la tecnología Bluetooth®.

Para la resolución de este objetivo se plantean dos realizaciones prácticas de la invención, en donde en una primera realización, mostrada en las figuras 1 a 6, cada dispositivo se comunica con los demás sin la intervención de ningún servidor central que gestione todo el proceso.

5

Por otro lado, en una segunda realización práctica, mostrada en las figuras 7 a 10, la invención se materializa mediante una arquitectura cliente – servidor (o maestro – esclavo) en donde el servidor es una computadora central que ejecutará un determinado algoritmo BnB (*Branch and Bound*, ramificación y poda) mientras que los clientes (los dispositivos móviles) ejecutarán algoritmos bioinspirados de forma independiente.

10

Primera realización práctica. Arquitectura con dispositivos móviles sin servidor central.

El procedimiento en esta primera realización consiste, esencialmente, en que los dispositivos móviles ejecutan un algoritmo bioinspirado de forma independiente, pero cuando un dispositivo móvil se encuentra dentro del radio de alcance de otro que esté resolviendo el mismo problema, se inicia un proceso de comunicación entre ellos de modo que se intercambian información en forma de candidatos a soluciones al problema (obtenidas por los algoritmos que son ejecutados en cada uno de los dispositivos). A los candidatos que se le envían a otro dispositivo los denominamos emigrantes y a los que se reciben, inmigrantes. Este procedimiento está esquematizado en la **Figura 1**.

15

20

25

30

35

La idea de la invención es aprovechar los tiempos ‘muertos’ en los cuales los dispositivos móviles no están operativos (es decir, se encuentran en ‘stand-by’) para que realicen operaciones de optimización ejecutando algoritmos específicos de forma que la suma de todas estas ejecuciones ayude a resolver un problema complejo. Cada dispositivo ejecuta su propio algoritmo para resolver una tarea común y cada cierto tiempo, bien de forma síncrona o asíncrona (por ejemplo a petición del usuario que controla el dispositivo) tiene lugar una transferencia entre dispositivos de datos que han sido computados por los algoritmos. Esta transferencia de datos se realiza mediante tecnología Bluetooth la cual opera en la banda libre de radio ISM1 a 2.4 Ghz, cuya máxima velocidad de transmisión de datos es de 1 Mbps. El rango de alcance Bluetooth depende de la potencia empleada en la transmisión aunque la mayor parte de los dispositivos que usan Bluetooth transmiten con una potencia nominal de salida de 0 dBm, lo que permite un alcance de unos 10 metros en un ambiente libre de obstáculos. Por estas razones es evidente que los dispositivos móviles deben poseer esta tecnología y deben estar relativamente cerca para ‘transmitir a’, ‘recibir de’ o simplemente ‘intercambiar información con’ otro dispositivo. Tal y como se refleja posteriormente, esta

limitación no supone una reducción drástica de la utilidad de la invención la cual trata de aprovechar la creciente potencia de cómputo de los dispositivos móviles.

5 Pensemos por ejemplo en una empresa que necesita optimizar un problema de planificación complejo con respecto a sus empleados y a los turnos que éstos tienen que realizar. Resolver este problema en un único ordenador puede ser no sólo complejo sino que además requiere de informar luego a todos los empleados de la solución adoptada. Siguiendo nuestro procedimiento este problema podría dividirse por ejemplo en subproblemas que son resueltos de forma independiente en diferentes *piconets* formadas por dispositivos móviles de los  
10 empleados (los cuales recordamos que estaban simplemente en modo de espera). El procedimiento de la invención no sólo proporciona diferentes formas de resolver un problema por la interacción de diferentes algoritmos de cómputo ejecutados en dispositivos diferentes sino que proporciona además un método rápido de comunicar las soluciones e incluso de hacer que los usuarios (en el caso del ejemplo descrito los empleados) puedan participar de  
15 forma dinámica en el proceso de búsqueda de la mejor solución (por ejemplo añadiendo restricciones al problema o suministrando su grado de acuerdo con las soluciones candidatas siguiendo los patrones de la denominada optimización interactiva). El procedimiento de la invención es independientemente del gasto de la batería de los dispositivos móviles pues es evidente que la ejecución de los algoritmos consume parte de ésta.

20 Debido a que la banda ISM está abierta a cualquiera, el sistema de radio Bluetooth deberá estar preparado para evitar las múltiples interferencias que se pudieran producir. Éstas pueden ser evitadas utilizando un sistema que busque una parte no utilizada del espectro o un sistema de salto de frecuencia. En este caso la técnica de salto de frecuencia es aplicada a una alta  
25 velocidad y una corta longitud de los paquetes (1600 saltos/segundo). Con este sistema se divide la banda de frecuencia en varios canales de salto, donde, los transceptores, durante la conexión van cambiando de uno a otro canal de salto de manera pseudo-aleatoria. Los paquetes de datos están protegidos por un esquema ARQ (repetición automática de consulta), en el cual los paquetes perdidos son automáticamente retransmitidos.

30 Como ya se ha comentado, el procedimiento puede inicialmente aplicarse a dos o más unidades con tecnología Bluetooth las cuales pueden compartir el mismo canal dentro de una piconet y en la cual donde una unidad actúa como maestra, controlando el tráfico de datos en la piconet que se genera entre las demás unidades, donde éstas actúan como esclavas,  
35 enviando y recibiendo señales hacia el maestro. La **figura 2** representa un esquema de esta situación.

Como hemos citado anteriormente si un equipo se encuentra dentro del radio de cobertura de otro, éstos pueden establecer conexión entre ellos. Cada dispositivo tiene una dirección única de 48 bits, basada en el estándar IEEE 802.11 para WLAN. En principio sólo son necesarias un par de unidades con las mismas características de hardware para establecer un enlace. Dos  
5 o más unidades Bluetooth que comparten un mismo canal forman una piconet. Para regular el tráfico en el canal, una de las unidades participantes se convertirá en maestra, pero por definición, la unidad que establece la piconet asume éste papel y todos los demás serán esclavos. Los participantes podrían intercambiar los papeles si una unidad esclava quisiera asumir el papel de maestra. Sin embargo sólo puede haber un maestro en la piconet al mismo  
10 tiempo. Hasta ocho usuarios o dispositivos pueden formar una piconet y hasta diez piconets pueden coexistir en una misma área de cobertura.

El procedimiento de la invención se divide en dos subsistemas o submódulos que se lanzan en hebras independientes. Estos subsistemas cooperan entre sí y realizan labores claramente  
15 diferenciadas: el subsistema de ejecución del algoritmo bioinspirado cuya función es la de instanciar un problema y ejecutar su resolución, de modo que opera, aparentemente, como un algoritmo bioinspirado, y el subsistema de comunicaciones, el cual desacopla la ejecución del algoritmo del proceso de comunicaciones, que se realiza de forma independiente; mediante este componente del sistema podremos realizar tareas como la búsqueda de dispositivos que  
20 estén ejecutando una instancia del problema, el intercambio de candidatos a soluciones con otros dispositivos y la alimentación al algoritmo con candidatos a solución provenientes de otros dispositivos. La **figura 3** esquematiza esta arquitectura.

Cada dispositivo en las comunicaciones puede tomar uno de los siguientes roles: (a) cliente,  
25 donde el dispositivo tomará la iniciativa en las comunicaciones realizando la búsqueda de dispositivos y servicios y se conectará a algún servicio que esté resolviendo el problema actual enviando individuos al dispositivo remoto y recibiendo posteriormente individuos de éste; (b) servidor, donde el dispositivo queda a la escucha para que un dispositivo cliente se pueda conectar a él e iniciar el proceso de emisión y recepción de individuos; y (c) cliente-servidor,  
30 en donde el dispositivo toma este rol, puede actuar de los dos modos de forma simultánea, es decir, tomará la iniciativa en las comunicaciones y a su vez se quedará escuchando conexiones. La **figura 4** muestra un ejemplo de un estado de una red de 4 dispositivos.

El subsistema de comunicaciones se compone de dos módulos principales que realizan las  
35 labores de cliente uno y de servidor el otro, ambos utilizan el protocolo SPP para comunicarse. Para adquirir el rol de cliente, tendrá que estar activo el módulo de cliente, para adquirir el rol de servidor, tendrá que estar activo el módulo de servidor y para adquirir el rol

P2P (Cliente/Servidor) tendrán que estar activos ambos módulos. El módulo cliente de un dispositivo se comunicará con el servidor de otro dispositivo. La **figura 5** muestra un esquema de esta estructura. Las tareas del módulo cliente son realizar una búsqueda de dispositivos Bluetooth dentro del radio de cobertura de los dispositivos (particularmente de los que sean de la clase 256 y 512, es decir, teléfonos o PDAs y PCs), buscar en uno de los dispositivos encontrados el servicio correspondiente a la resolución del problema que se está tratando y conectarse al dispositivo que está resolviendo el mismo problema que se está tratando. El cometido principal del módulo de servidor consiste en enviar y recibir soluciones de los clientes que se conecten a él.

10

Como ya ha quedado definido, los módulos cliente se comunican con los módulos servidores de otros dispositivos para realizar un intercambio de candidatos a soluciones de un problema. Estas soluciones viajan por el canal establecido entre ambos módulos usando como protocolo de base el SPP que nos permite usar un flujo de datos continuo en lugar de bloques de datos.

15

La limitación debida a la cercanía impuesta por la tecnología Bluetooth entre los dispositivos comunicantes (como hemos comentado en torno a un radio de 10 metros) y la limitación en el número de aparatos que pueden existir en una piconet no es un problema que no pueda suavizarse o incluso resolverse totalmente. Por una parte, según el documento ES 2 311 796

20

T3 “Procedimiento para aumentar el número máximo de aparatos esclavos en una pico-red Bluetooth y un aparato maestro para llevar a cabo el procedimiento” es posible incrementar el número de dispositivos pertenecientes a la misma piconet (o pico-red). Por otra parte, las unidades que se encuentran en el mismo radio de cobertura pueden establecer potencialmente comunicaciones entre ellas. Sin embargo, sólo aquellas unidades que realmente quieran

25

intercambiar información comparten un mismo canal creando la piconet. Este hecho permite que se creen varias piconets en áreas de cobertura superpuestas. Este grupo de piconets se suele denominar scatternet. El rendimiento, en conjunto e individualmente de los dispositivos de una scatternet es mayor que el que tiene cada uno cuando participa en un mismo canal. Además, estadísticamente se obtienen ganancias por multiplexación y rechazo de canales

30

salto. Debido a que individualmente cada piconet tiene un salto de frecuencia diferente, diferentes piconets pueden usar simultáneamente diferentes canales de salto. En definitiva esto quiere decir que es posible interconectar diferentes piconets mediante la transferencia de información de algún dispositivo esclavo común tal y como está esquematizado en la **figura 6**. Esto quiere decir que el rango de la invención puede extenderse a áreas más extensas

35

mediante la colocación oportuna de dispositivos esclavos comunes a diferentes piconets (las cuales pueden formar lo que se denomina una scatternet).

Segunda realización práctica. Arquitectura con servidor central.

En esta segunda realización práctica, además de la pluralidad de dispositivos móviles que ejecutan algoritmos bioinspirados, comprende un servidor central que ejecuta un algoritmo

5 BnB. El funcionamiento de los componentes cliente y servidor es principalmente asincrónico, limitándose la comunicación a determinadas etapas del algoritmo de BnB (aunque puede establecerse una comunicación síncrona entre los algoritmos involucrados). Cada dispositivo móvil intentará encontrar las mejores soluciones mediante el algoritmo bioinspirado. El servidor podrá realizar podas más eficientes valiéndose de las soluciones que encuentran los

10 clientes.

El procedimiento de la invención que se plantea trabaja en un entorno distribuido en el que se intenta resolver una determinada instancia de un problema de optimización. Para ello son necesarios varios componentes que enumeramos a continuación: algoritmo de Ramificación y

15 Poda, algoritmo bioinspirado, módulo de comunicaciones del algoritmo de ramificación y poda, módulo de comunicaciones del algoritmo bioinspirado y buffers de almacenamiento de la información intercambiada. Estos módulos consiguen abstraer a los algoritmos del medio físico por el que tienen que realizar el intercambio de información entre los algoritmos involucrados. La comunicación se realiza por Bluetooth. Tenemos dos tipos de

20 funcionamiento en este módulo de comunicaciones. Por un lado está el modo servidor, que será el que se use en los algoritmos instalados en los dispositivos clientes que se ejecutan en los dispositivos móviles, y por otro está el modo cliente, que en este caso, habrá un sólo cliente que se ejecuta en la computadora central junto con el algoritmo de ramificación y poda. Este procedimiento está esquematizado en la **figura 7** para el caso en el cual en los

25 dispositivos clientes se ejecutase un algoritmo genético (AG). El servidor puede funcionar usando la capa de comunicaciones serie (RFCOMM) de la pila Bluetooth. De este modo se abstrae de la complejidad interna de la tecnología Bluetooth. Una vez iniciado, el servidor se queda esperando conexiones clientes para realizar el intercambio de información. El cliente puede usar también la capa RFCOMM de la pila de Bluetooth. Cuando encuentra un servidor

30 con el que realizar la comunicación, es decir, que esté resolviendo la misma instancia de problema, procede con la conexión para una vez conectado, realizar el intercambio de información.

La finalidad de la comunicación por Bluetooth es realizar intercambio de información, en este

35 caso soluciones del problema que se está resolviendo/optimizando. Para ello el módulo de comunicaciones se sirve de un buffer de soluciones entrantes y un buffer de soluciones salientes. De esta forma los algoritmos sólo se tienen que preocupar de introducir o extraer

soluciones de estos buffers, aislándolos del proceso de la comunicación (ver **figura 8**). Los módulos de comunicaciones en sus versiones de cliente o servidor son los encargados de interactuar con estos buffers con el objetivo de realizar la transferencia de soluciones entre los algoritmos. De forma más específica, el módulo cliente de Bluetooth tiene como objetivo las

5 siguientes tareas: realizar una búsqueda de dispositivos Bluetooth dentro de su radio de cobertura particularmente aquellos que sean de la clase 256 y 512, es decir, teléfonos o PDAs y PCs (aunque no se limita a éstos), buscar en uno de los dispositivos encontrados el servicio correspondiente a la resolución/optimización del problema que se está tratando, conectarse al dispositivo que está resolviendo el mismo problema que se está tratando y realizar el

10 intercambio de soluciones. El módulo servidor tiene como objetivo principal el enviar y recibir soluciones de los clientes que se conecten a él. El módulo cliente se comunica con los módulos servidores de los dispositivos cercanos para realizar un intercambio de soluciones. Estas soluciones pueden viajar por el canal establecido entre ambos módulos usando como protocolo de base el SPP de la capa RFCOMM de la pila Bluetooth que permite usar un flujo

15 de datos continuo en lugar de bloques de datos.

Para la arquitectura hardware se requiere de los siguientes elementos para conformar el sistema de resolución de problemas: un computador central y dispositivos móviles todos con capacidad para la tecnología Bluetooth. La **figura 9** muestra un ejemplo de una arquitectura

20 con tres dispositivos móviles.

Haciendo referencia a la **figura 10**, se trata de que un conjunto de dispositivos móviles y un ordenador central dispongan de los algoritmos correspondientes para la resolución de un determinado problema de optimización. El ordenador central intercambia información, que se

25 corresponde con candidatos a las soluciones del problema, con los dispositivos móviles por lo que actúa de eje central de la resolución. El proceso se ejecuta como se detalla a continuación: un problema se intenta resolver en cada dispositivo y cada cierto tiempo, de manera asíncrona (por ejemplo a petición del usuario que gobierna el ordenador central), o de forma síncrona, envía información al ordenador central (el cual ejecuta su propio algoritmo sobre el mismo

30 problema). En este ordenador central se decide cómo gestionar esa nueva información y si debe transmitirse a otros dispositivos. La **figura 4** muestra un ejemplo concreto en el cual las soluciones a un problema son codificadas en binario y en el ordenador central existe un algoritmo de ramificación y poda y en cada dispositivo móvil un algoritmo genético. Se observan claramente las capas correspondientes a los módulos cliente y servidor mencionados

35 anteriormente.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la resolución de problemas de optimización mediante redes de dispositivos móviles mediante el incremento de la velocidad de cómputo en la resolución de problemas de optimización en la asignación de recursos, aprovechando de forma distribuida una pluralidad de dispositivos móviles, en donde todos los dispositivos cooperan en la resolución de una instancia o variable del problema de optimización que se caracteriza porque (a) comprende al menos una red de dispositivos móviles para cada instancia o variable de un problema de optimización a resolver, (b) donde cada uno de los dispositivos móviles de la red implementa de forma independiente un algoritmo de optimización dedicado a la resolución de una única instancia o variable del problema de optimización, (c) de tal forma que cuando un dispositivo móvil de la red actuando en modo cliente o esclavo se encuentra dentro del radio de alcance de otro dispositivo actuando en modo servidor o maestro se establece una comunicación entre ambos dispositivos (d) mediante transferencia de candidatos a soluciones (obtenidas por los algoritmos ejecutados en cada uno de los dichos dispositivos móviles) para la instancia o variable que mediante la red de dispositivos móviles se trata de resolver en el contexto del problema de optimización en cuestión.

2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior que se caracteriza porque un mismo dispositivo móvil de la red pueden adoptar el rol (o funcionar en modo) de (a) cliente o esclavo, en cuyo caso el dispositivo tomará la iniciativa en las comunicaciones realizando la búsqueda de dispositivos y servicios y se conectará a algún dispositivo o servicio que esté resolviendo la instancia o variable actual enviando individuos o candidatos a soluciones al dispositivo o servicio con el que el dispositivo cliente conecte; o de (b) servidor o maestro, donde el dispositivo queda a la escucha para que un dispositivo cliente se pueda conectar a él y le transmita individuos o candidatos a soluciones; pudiendo el mismo dispositivo adoptar (c) ambos roles simultáneamente, en cuyo caso el dispositivo podrá tanto tomar la iniciativa en las comunicaciones (modo o rol cliente) como quedar escuchando conexiones (modo o rol servidor).

3.- Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que se caracteriza porque el algoritmo de optimización es un algoritmo bioinspirado o bien un algoritmo de ramificación y poda.

4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior que se caracteriza porque el algoritmo bioinspirado es un algoritmo genético.

5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación que se caracteriza porque la comunicación entre los dispositivos se realiza de forma síncrona o asíncrona.

5           6.- Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones anteriores que se caracteriza porque puede existir más de una piconet involucrada en el esquema global de resolución dando lugar a subestructuras que se comunican mediante dispositivos esclavos comunes a las piconets entre las cuales se establece la comunicación.

10           7.- Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que se caracteriza porque comprende además al menos un dispositivo que consiste en un servidor o computador central que implementa un algoritmo de optimización dedicado a la resolución de una única instancia o variable del problema de optimización, pudiendo dicho computador central adoptar los roles de (a) servidor o maestro, donde el dispositivo queda a la escucha  
15           para que un dispositivo cliente se pueda conectar a él y le transmita individuos o candidatos a soluciones; o de (b) cliente o esclavo, en cuyo caso el dispositivo tomará la iniciativa en las comunicaciones realizando la búsqueda de dispositivos y servicios, y se conectará a algún dispositivo o servicio que esté resolviendo la instancia o variable actual enviando individuos o candidatos a soluciones al dispositivo o servicio con el que el dispositivo cliente conecte;  
20           pudiendo el mismo dispositivo adoptar (c) ambos roles simultáneamente, en cuyo caso el dispositivo podrá tanto quedar escuchando conexiones (modo o rol servidor) como tomar la iniciativa en las comunicaciones (modo o rol cliente).

            8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior caracterizado porque (a)  
25           tanto el computador central como cada uno de los dispositivos móviles de la red implementan de forma independiente un algoritmo de optimización dedicado a la resolución de una única instancia o variable del problema de optimización, (b) de tal forma que cuando un dispositivo móvil de la red actuando en modo cliente o esclavo se encuentra dentro del radio de alcance del computador central actuando en modo servidor o maestro se establece una comunicación  
30           entre ambos dispositivos (c) mediante transferencia de candidatos a soluciones (para la instancia o variable que mediante la red de dispositivos móviles se trata de resolver en el contexto del problema de optimización en cuestión) desde el dispositivo móvil hacia el computador central y desde el computador central a cada uno de los dispositivos móviles con el fin de mejorar la búsqueda de soluciones de forma independiente en cada uno de ellos.

35

            9.- Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8 que se caracteriza porque el algoritmo de optimización que implementa cada uno de los dispositivos

móviles es un algoritmo bioinspirado y el algoritmo de optimización que implementa el computador central es un algoritmo de ramificación y poda.

5 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior que se caracteriza porque el algoritmo de optimización que implementa cada uno de los dispositivos móviles es un algoritmo genético.

10 11.- Sistema para la resolución de problemas de optimización mediante redes de dispositivos móviles que comprende medios para implementar el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 10 que se caracteriza porque cada dispositivo móvil comprende, al menos, dos subsistemas que se lanzan en hebras independientes y donde estos subsistemas cooperan entre sí y realizan labores claramente diferenciadas: el subsistema de ejecución del algoritmo de optimización cuya función es la de instanciar un problema y ejecutar su resolución; y el subsistema de comunicaciones, el cual desacopla la ejecución del algoritmo  
15 del proceso de comunicaciones, que se realiza de forma independiente.

12.- Sistema de acuerdo con la reivindicación anterior que se caracteriza porque el subsistema de comunicaciones se compone de dos módulos principales que realizan las labores de cliente uno y de servidor el otro, ambos utilizan el protocolo SPP para comunicarse; y donde para adquirir el rol de cliente, tendrá que estar activo el módulo de cliente, para adquirir el rol de servidor, tendrá que estar activo el módulo de servidor y para adquirir el rol P2P cliente/servidor, tendrán que estar activos ambos módulos.

25

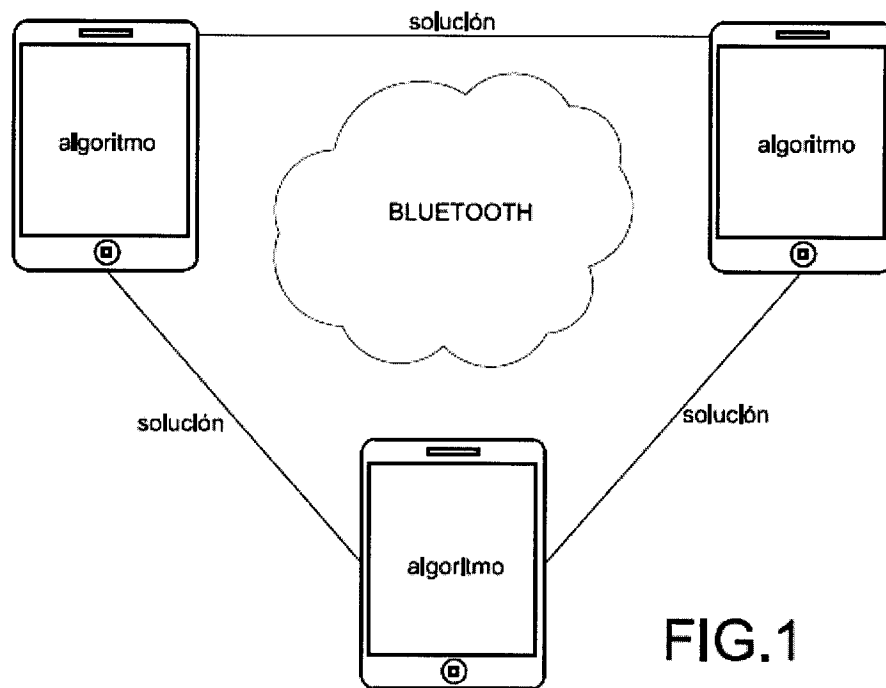


FIG.1

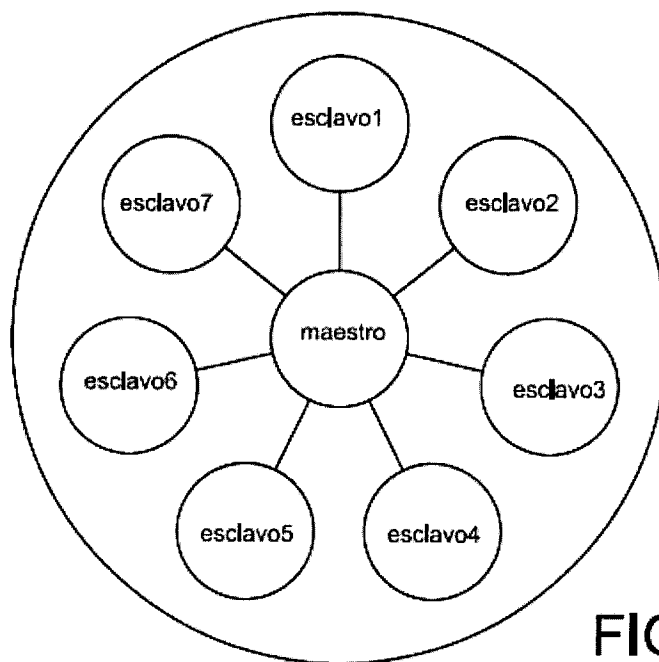


FIG.2

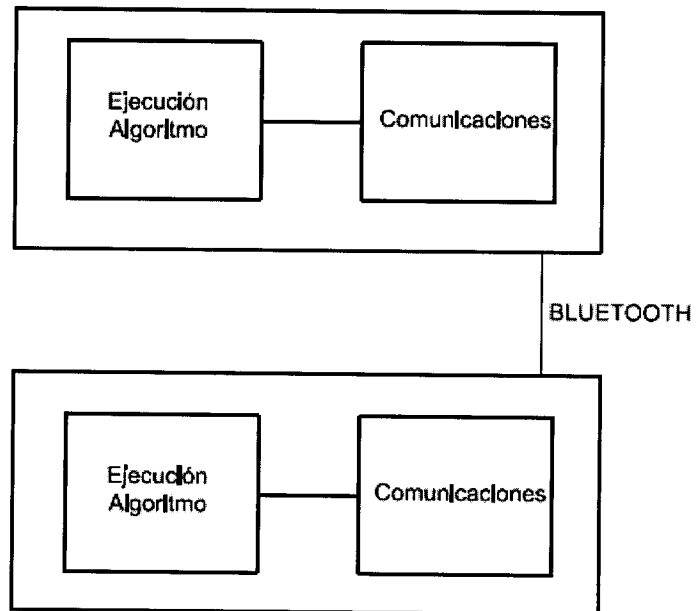


FIG.3

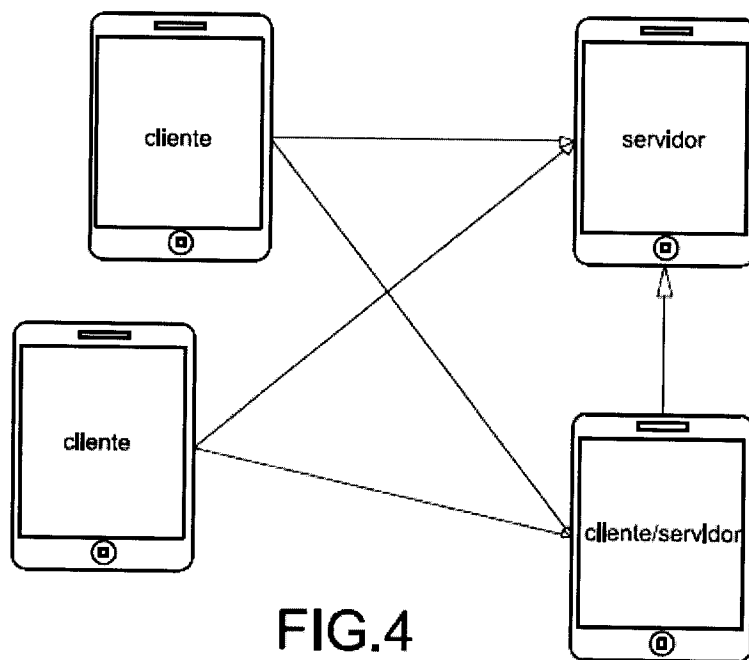
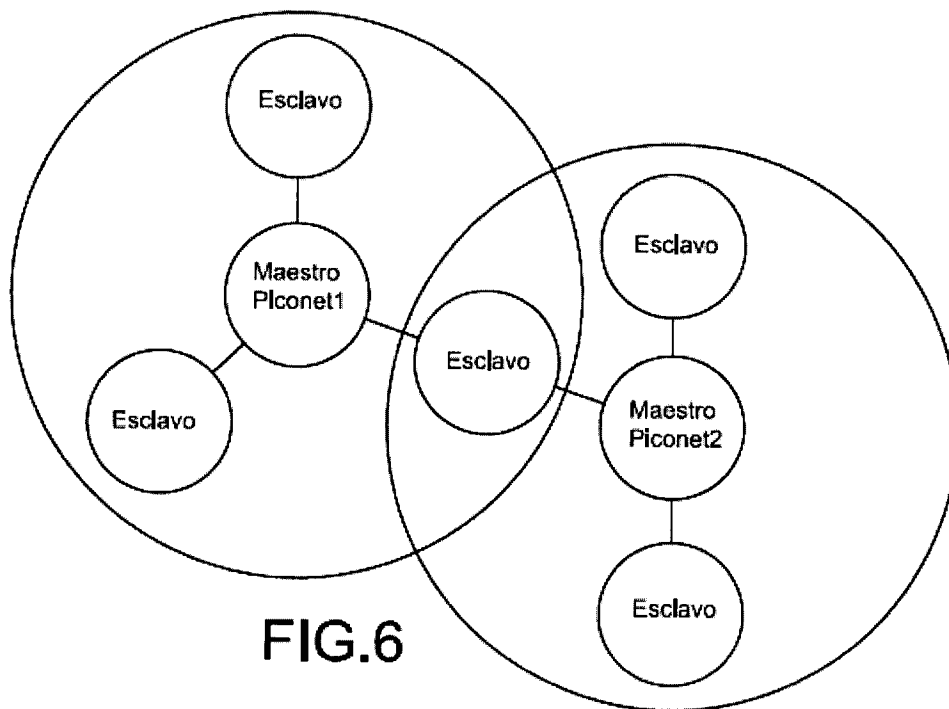
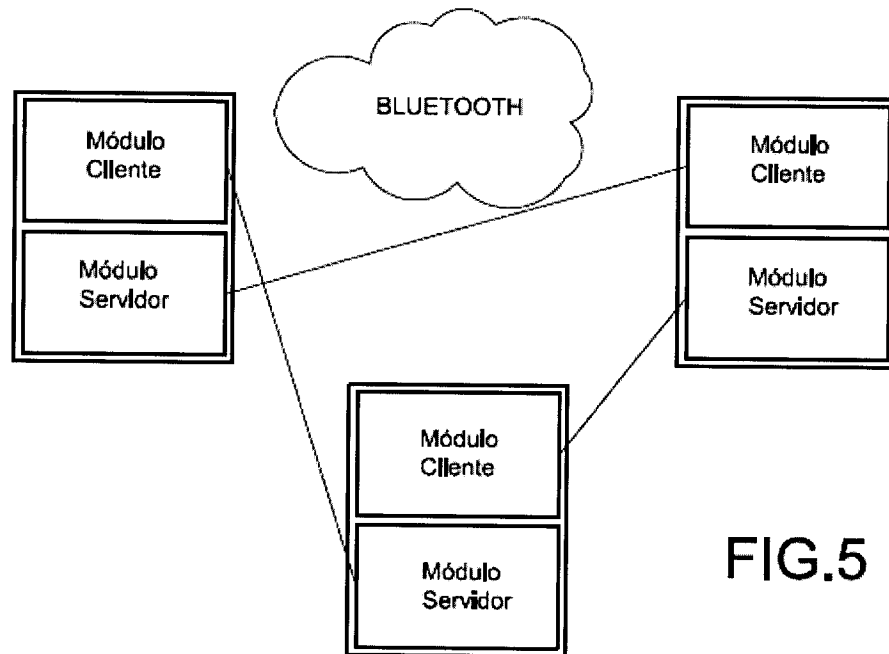
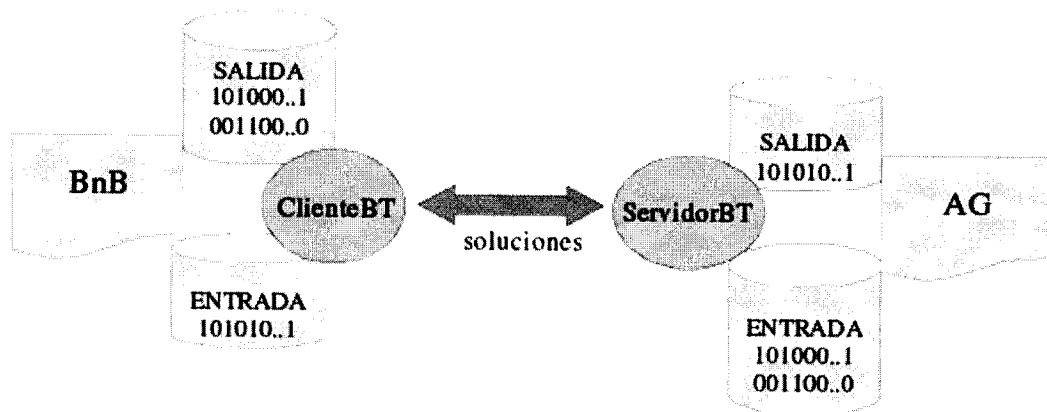
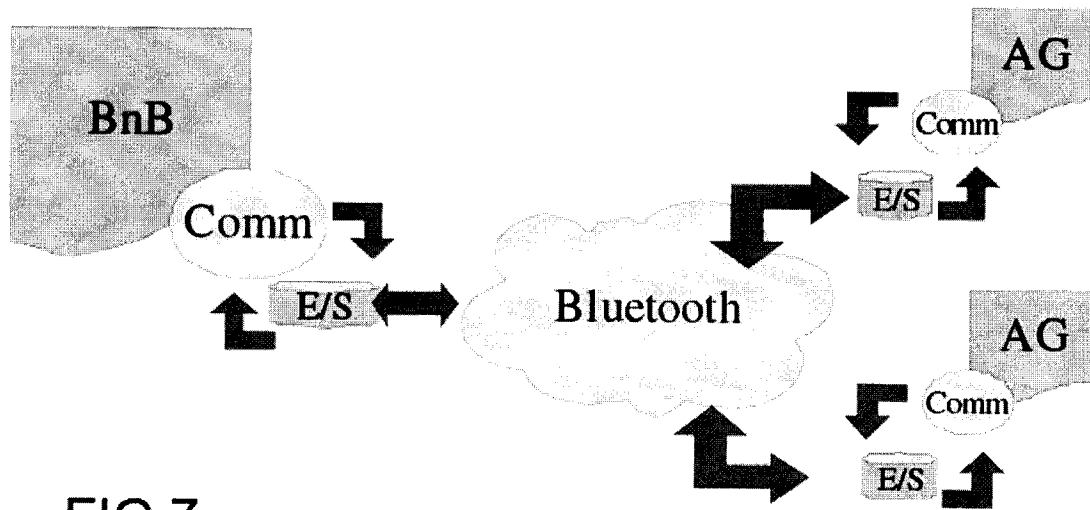


FIG.4





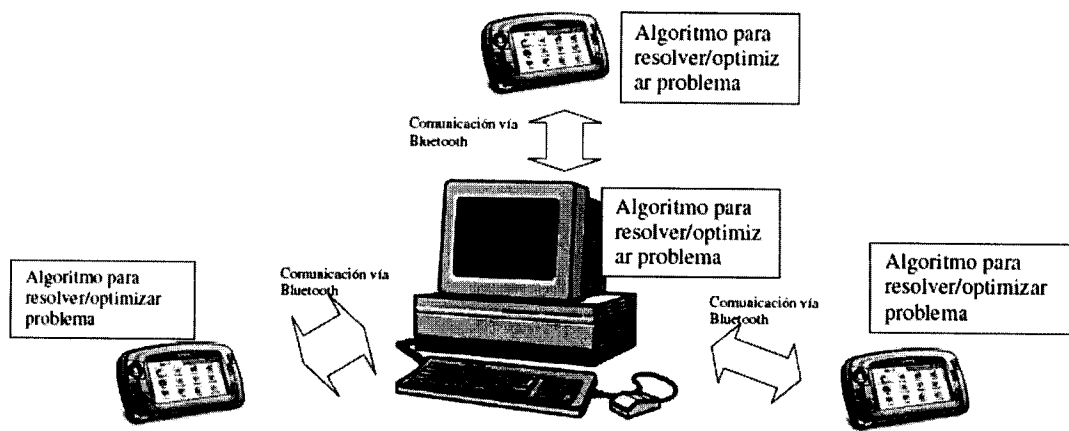


FIG.9

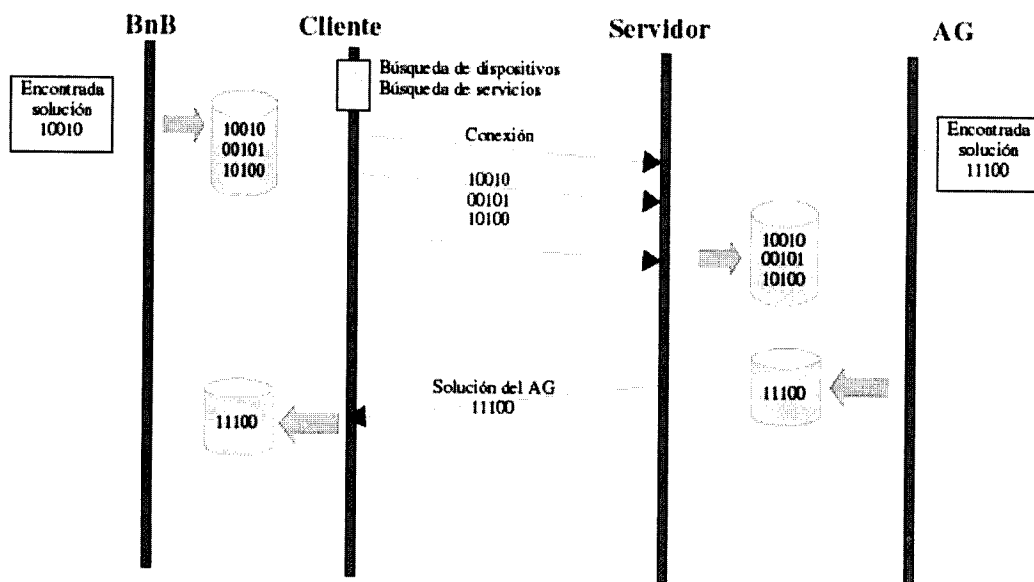


FIG.10