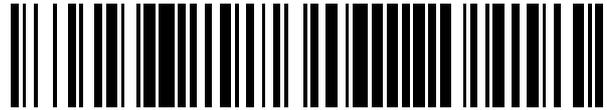


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 471 127**

51 Int. Cl.:

**G01S 5/02** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2007 E 07783288 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2022278**

54 Título: **Estimación de la posición mediante el uso de las características de propagación de radio de acceso WLAN en un sistema de posicionamiento WLAN**

30 Prioridad:

**08.05.2006 US 430222**

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

**25.06.2014**

73 Titular/es:

**SKYHOOK WIRELESS, INC. (100.0%)  
332 CONGRESS ST., 3RD FLOOR  
BOSTON, MA 02210, US**

72 Inventor/es:

**ALIZADEH-SHABDIZ, FARSHID y  
PAHLAVAN, KAVEH**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 471 127 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

Estimación de la posición mediante el uso de las características de propagación de radio de acceso WLAN en un sistema de posicionamiento WLAN.

- 5 Antecedentes
- Campo de la invención
- 10 La invención generalmente se refiere a los sistemas de posicionamiento y, más específicamente, a los métodos y sistemas de estimación de atributos de movimiento del usuario (por ejemplo, posición, velocidad, y dirección) usando las características de propagación de radio del punto de acceso WLAN en un sistema de posicionamiento WLAN.
- 15 Descripción de la técnica relacionada
- 20 La determinación de la posición es el componente principal de los sistemas de navegación y cualquiera de los servicios basados en la localización (LBS). La proliferación de los puntos de acceso WLAN en los últimos años ha creado una cobertura de ondas de radio WLAN en todas partes. Por lo tanto, casi en cualquier lugar, hay una gran posibilidad de detectar ondas de radio WLAN, especialmente en áreas urbanas. El crecimiento exponencial de la WLAN, y el hecho de que se pueden hallar en casi todas partes, inicio una idea de aprovecharlas para un sistema de posicionamiento metropolitano para las áreas interiores y exteriores. En un sistema de posicionamiento WLAN metropolitano, la localización de los puntos de acceso WLAN se usan como puntos de referencia, y la intensidad de señal recibida (RSS) de un punto de acceso WLAN se usa como un indicador de una distancia de un usuario final a partir de los puntos de acceso WLAN que el usuario detecta en cualquier momento. Conociendo la distancia del usuario final a partir de los puntos de acceso WLAN, se puede determinar la localización del usuario final. El receptor de transmisión recibe la intensidad de señal a distancia basándose en el supuesto de un modelo de canal de radio específico. De ser posible, si se conoce con precisión el modelo de canal de radio, se podría hallar la distancia exacta del usuario final hasta los puntos de acceso WLAN.
- 25
- 30 Los sistemas de posicionamiento basados en WLAN en exteriores e interiores se han explorados por un par de laboratorios de investigación, pero ninguno de ellos incluye la estimación de velocidad y orientación en su sistema. Los esfuerzos de investigación más importantes en esta área se han dirigido por Placelab ([www.placelab.com](http://www.placelab.com), un proyecto patrocinado por Microsoft y Intel), proyecto de la Universidad de California San Diego ActiveCampus (ActiveCampus - Sustaining Educational Communities through Mobile Technology, technical report #CS2002-0714), y el amplio sistema de localización del campus del MIT, y se evaluó a través de varios proyectos pequeños en universidad Dartmouth (por ejemplo, M. Kim, J.J. Fielding, y D. Kotz, "Risks of using AP locations discovered through war driving").
- 35
- 40 Ha habido una serie de ofertas comerciales de sistemas de localización Wi-Fi dirigidos al posicionamiento en interiores. (Ver, por ejemplo, Kavitha Muthukrishnan, Maria Lijding, Paul Havinga, Towards Smart Surroundings: Enabling Techniques and Technologies for Localization, Proceedings of the International Workshop on Location and Context-Awareness (LoCA 2005) at Pervasive 2005, Mayo de 2005, y Hazas, M., Scott, J., Krumm, J.: Location-Aware Computing Comes of Age. IEEE Computer, 37(2):95-97, Feb de 2004 005, Pa005, Páginas 350-362.) Estos sistemas están diseñados para dirigir el seguimiento de recursos y personas dentro de un entorno controlado como un campus corporativo, una instalación hospitalaria o un astillero. El ejemplo clásico es que tiene un sistema que puede monitorear la localización exacta del carro de emergencia dentro del hospital de manera que cuando hay un paro cardíaco el personal del hospital no pierde tiempo localizando el dispositivo. Los requisitos de precisión para estos casos de uso son muy exigentes demandando típicamente una precisión de 1-3 metros.
- 45
- 50 Estos sistemas usan una variedad de técnicas para ajustar su precisión incluyendo la realización de estudios de emplazamiento detallados de cada pie cuadrado del campus para medir la propagación de la señal de radio. Ellos también requieren una conexión de red constante de manera que el punto de acceso y la radio del cliente puedan intercambiar información de sincronización similar a cómo funciona el A-GPS. Si bien estos sistemas son cada vez más fiables para los casos de uso en interiores, son ineficaces en cualquier despliegue de extensa área. Es imposible llevar a cabo el tipo de estudio de emplazamiento detallado requerido en toda la ciudad y no hay manera de contar con un canal de comunicación constante con los puntos de acceso 802.11 en toda un área metropolitana en la medida requerida por estos sistemas. La propagación de radio en el exterior más importante es fundamentalmente diferente de la propagación de radio en el interior cuya interpretación de estos algoritmos de posicionamiento en interiores casi no sirve para nada en un escenario de extensa área. La precisión requerida de los sistemas de posicionamiento basados en la WLAN en interiores, hace que sea difícil de usar el modelado del canal de radio y se considera como un tema de investigación en ese campo. Adicionalmente, ninguno de los sistemas de posicionamiento basados en la WLAN hasta la fecha han distinguido entre los puntos de acceso, y los métodos actuales tratan todos puntos de acceso WLAN por igual.
- 60
- 65 La Figura 1 representa un sistema de posicionamiento Wi-Fi (WPS). El sistema de posicionamiento incluye el software de posicionamiento [103] que reside en un dispositivo de computación [10]. A lo largo de un área de

cobertura determinada hay puntos de acceso inalámbrico fijos [102] que transmiten información usando las señales de transmisión de los canales de control/común. El dispositivo del cliente monitorea la señal de transmisión o solicita su transmisión a través de una petición de sonda. Cada punto de acceso contiene un identificador de hardware único conocido como una dirección MAC. El software de posicionamiento del cliente recibe balizas de señal desde los puntos de acceso 802.11 en el intervalo y calcula la localización geográfica del dispositivo de computación usando las características de las balizas de señal. Estas características incluyen el identificador único del punto de acceso 802.11, conocido como la dirección MAC, y las fuerzas de la señal que llegan al dispositivo del cliente. El software del cliente compara los puntos de acceso 802.11 observados con los de su base de datos de referencia [104] de los puntos de acceso, que pueden o no residir también en el dispositivo. La base de datos de referencia contiene las localizaciones geográficas calculadas y el perfil de potencia de todos los puntos de acceso que ha recogido el sistema de recopilación. El perfil de potencia se puede generar a partir de una recogida de lecturas que representan la potencia de la señal desde diferentes localizaciones. Usando estas localizaciones conocidas, el software del cliente calcula la posición relativa del dispositivo de usuario [101] y determina sus coordenadas geográficas en la forma de lecturas de latitud y longitud. Estas lecturas se introducen después a las aplicaciones basadas en la ubicación tales como buscadores de amigo, sitios web de búsqueda locales, sistemas de gestión de flota y servicios E911. La US 2006/095348 describe la determinación de las características de propagación de radio para cada sección de un área de cobertura de un punto de acceso Wi-Fi y el uso de las mismas en un algoritmo de localización.

## Resumen

La invención proporciona métodos y sistemas para calcular la posición usando las características de propagación de radio del punto de acceso WLAN (por ejemplo, Wi-Fi) en un servicio basado en la localización de la WLAN.

Los aspectos de la invención que clasifican los puntos de acceso WLAN basado en un modelo de canal de radio puede usar cualquier modelo de canal, y la invención es independiente de cualquier modelo de canal específico.

Según un aspecto de la invención, un sistema de servicios basado en la localización tiene una pluralidad de puntos de acceso Wi-Fi en un área objetivo. Los puntos de acceso Wi-Fi se posicionan en localizaciones geográficas y tienen áreas de cobertura de señal. Un método para caracterizar al menos uno de los puntos de acceso Wi-Fi comprende determinar la localización geográfica del punto de acceso Wi-Fi, dividir el área de cobertura de señal del punto de acceso Wi-Fi en al menos una sección, y determinar las características de propagación de radio para cada sección. Las características de propagación de radio de cada sección se caracterizan por un canal de radio del punto de acceso Wi-Fi, y se puede usar la caracterización en un algoritmo de localización.

Según otro aspecto de la invención, el área de cobertura de señal se caracteriza como una sección.

Según otro aspecto de la invención, la cobertura de señal se divide en más de una sección. Según ciertas modalidades, los radiales que emanan hacia fuera desde el punto de acceso Wi-Fi forman las secciones. Según las modalidades adicionales, se forman las secciones basadas en una distancia desde el punto de acceso Wi-Fi. Según las modalidades aún adicionales, se forman las secciones basadas tanto en los radiales como en las distancias desde el punto de acceso Wi-Fi.

Según otro aspecto de la invención, se mide una pluralidad de valores de potencia de la señal recibida dentro del área de cobertura de señal. Cada valor de potencia de la señal recibida se mide en una posición asociada con relación al punto de acceso Wi-Fi. Las secciones se determinan basadas en la pluralidad de valores de potencia de la señal recibida y las posiciones asociadas.

Según otro aspecto de la invención, las características de propagación de radio incluyen una señal de gradiente de potencia-distancia.

Según otro aspecto de la invención, la señal de gradiente de potencia-distancia para cada sección se determina mediante la medición de una pluralidad de valores de potencia de la señal recibida dentro del área de cobertura de señal, cada valor de potencia de la señal recibida que se mide en una posición asociada con relación al punto de acceso Wi-Fi, llevando a cabo una regresión lineal en la pluralidad de valores de potencia de la señal recibida y las posiciones asociadas, y usando una pendiente determinada por la regresión lineal para calcular la señal de gradiente de potencia-distancia.

Según otro aspecto de la invención, la señal de gradiente de potencia-distancia para cada sección se determina mediante la medición de una pluralidad de valores de potencia de la señal recibida dentro del área de cobertura de señal, cada valor de potencia de la señal recibida que se mide en una posición asociada con relación al punto de acceso Wi-Fi. Se calcula una distancia correspondiente a cada uno de los valores de potencia de la señal, las distancias que se miden a partir de las posiciones asociadas de los valores de potencia de la señal hasta las localizaciones geográficas de los puntos de acceso Wi-Fi. Se estima un radio promedio de cobertura de señal usando la desviación estándar de las distancias, y el radio promedio de cobertura de señal se usa para calcular la señal de gradiente de potencia-distancia.

Según otro aspecto de la invención, se estima la posición de un dispositivo habilitado con Wi-Fi por el dispositivo habilitado con Wi-Fi que se comunica con los puntos de acceso Wi-Fi dentro del intervalo del dispositivo habilitado con Wi-Fi para provocar que los puntos de acceso Wi-Fi transmitan las señales. El dispositivo habilitado con Wi-Fi recibe las señales transmitidas por los puntos de acceso Wi-Fi e identifica los puntos de acceso Wi-Fi. Las características de propagación de radio de las localizaciones calculadas y estimadas de los puntos de acceso Wi-Fi se recuperan de una base de datos de referencia usando los identificadores de punto de acceso Wi-Fi. Las características de propagación de radio de las localizaciones calculadas y estimadas se usan para estimar la posición del dispositivo habilitado con Wi-Fi.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos,

La Figura 1 representa ciertas modalidades de un sistema de posicionamiento Wi-Fi;

La Figura 2 representa un ajuste de línea a las muestras de RSS, que definen un área de cobertura del punto de acceso ilustrativa de acuerdo con ciertas modalidades de la invención;

La Figura 3 representa la división de un área de cobertura de un punto de acceso en los sectores de acuerdo con ciertas modalidades de la invención;

La Figura 4 representa un área de cobertura de un punto de acceso caracterizada con múltiples gradientes de distancia de potencia de acuerdo con ciertas modalidades de la invención;

La Figura 5 representa un área de cobertura de un punto de acceso dividida en múltiples sectores y niveles de acuerdo con ciertas modalidades de la invención; y

La Figura 6 representa estadísticas de la muestra de RSS en una superficie bidimensional que identifica el radio del área de cobertura de acuerdo con ciertas modalidades de la invención.

Descripción detallada

Las modalidades de la invención proporcionan una metodología para clasificar los puntos de acceso WLAN basado en sus características de propagación de radio en un sistema de posicionamiento basado en la WLAN y para aumentar la precisión de las estimaciones de la posición, velocidad y orientación. Según ciertas modalidades, se estiman las características de propagación de radio de los puntos de acceso WLAN basadas en las muestras de RSS en su área de cobertura. Por ejemplo, las características de propagación de radio se pueden caracterizar por la búsqueda de una o más señales de gradientes de potencia-distancia para al menos uno de los puntos de acceso WLAN.

Hay diferentes fenómenos físicos que afectan la variación de la intensidad de señal recibida (RSS) en las dimensiones de espacio y tiempo. La variación de RSS se clasifica o bien como desvanecimiento rápido o como desvanecimiento lento. Las técnicas descritas en la presente se enfocan en la estimación de las características de desvanecimiento lento de la RSS y evalúan además la calidad de la estimación y la cuantificación de la estimación.

Las modalidades de la presente invención se construyen sobre las técnicas, sistemas y métodos descritos en las solicitudes presentadas anteriormente, incluyendo pero sin limitarse a la solicitud de patente de Estados Unidos No. 11/261,848, titulada *Base de datos de localización de balizas*, la solicitud de patente de Estados Unidos No. 11/261,898, titulada *Servidor para actualizar la base de datos de localización de baliza*, la solicitud de patente de Estados Unidos No. 11/261,987, titulada *Método y sistema para construir una base de datos de localización de baliza*, y la solicitud de patente de Estados Unidos No. 11/261,988, titulada *Servicios basados en la localización que eligen los algoritmos de localización en base a un número de puntos de acceso dentro del intervalo del dispositivo del usuario*, todas presentadas el 28 de octubre de 2005. Estas aplicaciones enseñan formas específicas para reunir los datos de localización de alta calidad para los puntos de acceso Wi-Fi de manera que tales datos se pueden usar en los servicios basados en la localización para determinar la posición geográfica de un dispositivo habilitado con Wi-Fi que utiliza tales servicios y técnicas del uso de dichos datos de localización para estimar la posición de un usuario del sistema. Las técnicas actuales, sin embargo, no se limitan a los sistemas y métodos descritos en las solicitudes de patente citadas anteriormente. Por lo tanto, mientras que puede ser útil la referencia a tales sistemas y aplicaciones, no se cree necesario entender las modalidades o invenciones actuales.

La Figura 2 representa un ejemplo de las modalidades de la invención que caracterizan las características de propagación de radio de los puntos de acceso WLAN mediante la estimación de una señal de gradiente de potencia-distancia para un punto de acceso WLAN en un sistema de posicionamiento basado en la WLAN. El área de cobertura de un punto de acceso WLAN se puede usar para hallar una señal de gradiente de potencia-distancia. La RSS mínima [204] está limitada por la sensibilidad del escáner. Considerando que, la RSS máxima [203] se puede

asumir la misma para todos los puntos de acceso WLAN debido a que la potencia de transmisión máxima se define como parte de la norma Wi-Fi. Por lo tanto, el área de cobertura de un punto de acceso WLAN es directamente una función de la señal de gradiente de potencia-distancia del punto de acceso WLAN.

5 La Figura 2 representa las muestras de RSS [201] como puntos en un gráfico que trazan la potencia de RSS (en dB) [205] contra la distancia de la muestra de RSS del punto de acceso (en dB) [206]. Una señal de gradiente de potencia-distancia  $\alpha$  se puede determinar mediante el ajuste de una línea [202] a los puntos de muestra de RSS [201], donde la pendiente de la línea es igual a la señal de gradiente potencia-distancia. Debido a que un sistema de posicionamiento basado en la WLAN de acuerdo con las modalidades de la invención usa ondas de radio de los puntos de acceso WLAN públicos y privados a fin de estimar continuamente la posición de un usuario, los aspectos de la invención aumentan la precisión de estimación de localización usando las características de propagación de radio individuales de cada punto de acceso WLAN, en lugar de un valor estándar.

15 Según otras modalidades de la presente invención, el área de cobertura de un punto de acceso WLAN se divide en sectores, y las características de propagación de radio se determinan para cada sector, por ejemplo, se halla una señal de gradiente de potencia-distancia para cada sector. Por ejemplo, en un área metropolitana, las características de propagación de radio de un punto de acceso no son simétricas a través de su área de cobertura, es decir, las características varían en diferentes direcciones. Según las modalidades de la invención, el área de cobertura de 360 grados del punto de acceso WLAN se divide en múltiples sectores cuando la cobertura del punto de acceso WLAN no es simétrica en todas las direcciones. Los sectores se pueden dividir de acuerdo con los radiales que emanan de la localización estimada del punto de acceso WLAN.

25 Para su simplicidad, se puede hacer referencia a los sectores desde el mismo eje, por ejemplo, la dirección norte. Debido a que las características de propagación de radio del punto de acceso WLAN necesitan encontrarse en cada dirección, hay una necesidad de tener suficientes muestras de RSS en cada sector. Basado en las estadísticas del número de muestras de potencia de RSS y su distribución, se pueden determinar varios sectores. Aumentando el número de sectores aumenta la resolución de las características de propagación de radio debido a que se produce el cálculo de la media en un sector más pequeño. Sin embargo, esto está condicionado a tener suficientes muestras de RSS para ser capaz de estimar las características de propagación de radio, por ejemplo, el gradiente de potencia-distancia, en cada sector con precisión.

35 La Figura 3 representa un ejemplo de un punto de acceso WLAN [302] con su área de cobertura dividida en cuatro sectores [301]. El número de sectores varía desde un punto de acceso WLAN a otro, y se selecciona para cada punto de acceso WLAN de manera separada basado en el número de muestras de RSS y la distribución de la muestra de RSS en el área de cobertura del punto de acceso WLAN. Por ejemplo, en un sistema de posicionamiento basado en la WLAN metropolitana, si las muestras de RSS para un punto de acceso WLAN dado no son uniformes, entonces se usará un número relativamente bajo de sectores para ese punto de acceso WLAN. Si las muestras de RSS del área de cobertura de un punto de acceso WLAN indican características de propagación de radio diferentes, tales como señales de gradientes de potencia-distancia diferentes, en diferentes direcciones, el área de cobertura de ese punto de acceso WLAN se divide en múltiples sectores.

45 Por ejemplo, si un punto de acceso WLAN está de cara a un área abierta de un área lateral y residencial del otro lado, el área de cobertura se puede dividir en dos sectores, y se pueden determinar las características de propagación de radio correspondientes para cada sector. En al menos una modalidad, para el caso general de un sistema de posicionamiento metropolitano, un número máximo útil de sectores está en el intervalo de cuatro a seis, puede ser de valor limitado debido a que se distingue entre los sectores para un mayor número de sectores. El número mínimo de sectores puede ser tan pequeño como uno, lo que significa, por ejemplo, que una señal de gradiente de potencia-distancia se usa para toda el área de cobertura.

50 Después de seleccionar el número de sectores, necesitan calcularse las características de propagación de radio para cada sector. Tenga en cuenta que si el número de muestras de RSS en un sector no es suficiente para estimar las características de propagación de radio en ese sector, se puede usar el promedio de las características de los sectores adyacentes.

55 Según una modalidad de la invención, se pueden presentar las características de propagación de radio de un punto de acceso WLAN por una estimación lineal por tramos. Esto se puede lograr dividiendo el área de cobertura del punto de acceso WLAN en múltiples niveles y hallando las características de propagación de radio para cada nivel. Se puede usar este método para aumentar la precisión de la potencia de RSS para la traslación a distancia, por ejemplo, cuando un área de cobertura del punto de acceso WLAN consiste en entornos interiores y exteriores. Por lo tanto, este enfoque se puede usar para captar las características de propagación de radio interiores y exteriores de manera diferente mediante la estimación de una señal de gradiente de potencia-distancia para cada nivel.

65 La Figura 4 representa un ejemplo de las muestras de RSS para un punto de acceso WLAN en el cual las muestras de RSS se pueden presentar claramente con dos valores de la señal de gradiente potencia-distancia, uno para su uso en el área adyacente del punto de acceso y el otro para su uso a mayores distancias. La Figura 4 presenta las muestras de RSS trazadas como la potencia de RSS [405] contra la distancia [406] a partir del punto de acceso

- WLAN. Se muestran además la sensibilidad mínima del escáner [404] y el valor máximo de RSS [403]. El área de cobertura de un punto de acceso WLAN se divide en múltiples niveles cuando es necesario. Por ejemplo, si se conoce que el área de cobertura de un punto de acceso WLAN está en parte en el interior y en parte en el exterior. Alternativamente, se puede detectar la necesidad de usar el enfoque multinivel para caracterizar el área de cobertura de un punto de acceso WLAN observando las muestras de RSS. Un cambio brusco en la descomposición promedio de los valores de potencia de las muestras de RSS, como se ilustra por las diferentes pendientes de un primer conjunto de muestras de RSS [401] y un segundo conjunto de muestras de RSS [402], pueden indicar un cambio de entorno. Se ha encontrado que sean dos el número útil de niveles.
- La Figura 5 representa una modalidad que divide el área de cobertura en una combinación de sectores y niveles. En este caso, el área de cobertura de un punto de acceso WLAN [501] se puede dividir en múltiples sectores [502], y cada sector se puede dividir además en múltiples niveles [503], formando por lo tanto múltiples secciones [504]. El número de sectores y niveles, y las características de propagación de radio correspondientes, se consideran parte de los atributos de cada punto de acceso WLAN cuando se almacena en la base de datos de referencia [104], y estos atributos se recuperan por el usuario final y se usan para estimar la localización del usuario.
- Según una modalidad de la invención, las características de propagación de radio de un punto de acceso WLAN se puede estimar usando la señal de gradiente de potencia-distancia para cada sector, el cual se halla basado en las muestras de RSS en el área designada. Un posible enfoque para hallar una señal de gradiente de potencia-distancia es mediante el ajuste de una línea a las muestras de RSS con la potencia (en dB) como una función de distancia (en dB), como se describió anteriormente en relación con la Figura 2. Debido a la variación de potencia en un sistema de posicionamiento WLAN interior y exterior metropolitano, este método puede tener baja precisión para un número típico de muestras de RSS en un entorno metropolitano típico.
- Según un aspecto de la invención, se describe un enfoque novedoso para hallar una señal de gradiente de potencia-distancia, en donde el radio promedio del área de cobertura de un punto de acceso WLAN se calcula y se usa para estimar la señal de gradiente de potencia-distancia. El radio promedio del área de cobertura se puede usar como un indicador de la señal de gradiente potencia-distancia debido a que la señal de gradiente de potencia-distancia es la relación entre la potencia de RSS y la distancia a partir del punto de acceso WLAN. Con referencia de nuevo a la Figura 2, si se consideran los puntos correspondientes a la RSS mínima [204] y la RSS máxima [203], la diferencia de potencia entre los puntos de potencia mínimo y los máximos son los mismos para todos los puntos de acceso, debido a que la potencia mínima está limitada por la sensibilidad del escáner y la potencia máxima es la potencia de transmisión del punto de acceso máxima. La sensibilidad de los escáneres que recogen las muestras de RSS es casi idéntica en el escenario de exploración sistemática, y la potencia de transmisión máxima se limita por, por ejemplo, la FCC, para los puntos de acceso WLAN y se puede asumir la misma para todos los puntos de acceso. Por lo tanto, el radio del área de cobertura es directamente dependiente del valor de la señal de gradiente de potencia-distancia.
- En otras palabras, la sensibilidad del receptor del escáner limita la RSS mínima [204] que se puede detectar por el escáner. Por lo tanto, el valor de la señal de gradiente de potencia-distancia afecta directamente el radio del área de cobertura del punto de acceso WLAN. Debido a que la sensibilidad del receptor es la misma para todos los dispositivos de exploración que toman las muestras de RSS, el radio del área de cobertura del punto de acceso WLAN se puede usar como un indicador del valor de la señal de gradiente de potencia-distancia, como se mostró en la Figura 2.
- A fin de hallar el radio del área de cobertura del punto de acceso WLAN y evitar el impacto del desvanecimiento rápido en la lectura de potencia de RSS, y subsecuentemente en la cobertura, se usa la desviación estándar del radio del área de cobertura en lugar del radio absoluto del área de cobertura. En otras palabras, el valor absoluto del radio del área de cobertura depende de un número limitado de lecturas en el borde de la cobertura, pero la desviación estándar se calcula basada en el número total de las muestras de RSS y reduce el impacto de la variación de potencia en el borde del área de cobertura, mientras que al mismo tiempo se indica el tamaño del área de cobertura.
- La Figura 6 representa un área de cobertura de un punto de acceso [601] y la distribución de la potencia [604] como una función de la latitud [602] y la longitud [603] de las lecturas de la potencia. La desviación estándar de las muestras de RSS que hace referencia a la localización del punto de acceso [601] se correlaciona directamente al radio promedio de cobertura.
- Cuando el área de cobertura no está dividida en múltiples secciones, y toda el área se considera como un área, la desviación estándar se calcula basada en todas las lecturas de RSS alrededor del punto de acceso. Si el número total de las muestras de RSS del punto de acceso se denota por  $N$  y la latitud y longitud correspondientes de la muestra de RSS  $i$  se denotan por  $(lat_i, long_i)$ , la desviación estándar,  $\sigma$ , del radio del área de cobertura se calcula como sigue:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2},$$

5 En donde

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (d_{xi})^2}{N-1}, N > 1$$

$$\sigma_x = 0, N = 1,$$

10

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (d_{yi})^2}{N-1}, N > 1$$

$$\sigma_y = 0, N = 1,$$

15 Las variables  $d_{xi}$  y  $d_{yi}$  son las distancias de la muestra de potencia a partir del punto de acceso WLAN en las direcciones X y Y en coordenadas cartesianas. El cálculo de la desviación estándar se puede simplificar como sigue:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{lat}^2 + \sigma_{long}^2},$$

20 En donde

$$\sigma_{lat}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (lat_i - lat)^2}{N-1}, N > 1$$

$$\sigma_{lat} = 0, N = 1,$$

$$\sigma_{long}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (long_i - long)^2}{N-1}, N > 1$$

25

$$\sigma_{long} = 0, N = 1,$$

30 En esta ecuación,  $(lat, long)$  es la localización calculada del punto de acceso WLAN. El radio promedio de cobertura se calcula basado en una presentación cartesiana de la localización. El cálculo del radio de la cobertura se puede simplificar además considerando la latitud y la longitud sin la conversión a coordenadas cartesianas. Si el área de cobertura se divide en múltiples sectores, la desviación estándar se calcula basada en la distancia de las muestras de RSS a partir del punto de acceso WLAN, que se puede considerar en una dimensión. Por lo tanto, la desviación estándar se calcula como sigue:

35

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i)^2}{N-1}}, N > 1$$

$$\sigma = 0, N = 1,$$

40 En donde  $d_i$  es la distancia de la muestra de potencia  $i$  desde el punto de acceso WLAN.

La desviación estándar de un radio del área de cobertura se traslada a la señal de gradiente potencia-distancia usando la siguiente ecuación:

5

$$\alpha = \alpha_{\min} \text{ si } (\sigma > \sigma_{\max})$$

$$\alpha = \alpha_{\max} \text{ si } (\sigma < \sigma_{\min})$$

$$\alpha = \alpha_{\max} + (\alpha_{\min} - \alpha_{\max}) \left( \frac{\log(\sigma) - \log(\sigma_{\min})}{\log(\sigma_{\max}) - \log(\sigma_{\min})} \right)$$

de otra manera.

10

En donde  $\alpha_{\min}$  y  $\alpha_{\max}$  son los valores mínimos y máximos de la señal de gradiente de potencia-distancia, y  $\sigma_{\min}$  y  $\sigma_{\max}$  son los umbrales mínimo y máximo de la cobertura del punto de acceso WLAN. Los valores de  $\alpha_{\min}$  y  $\alpha_{\max}$  son dependientes del entorno en el cual se hacen funcionar los dispositivos de WLAN. Un ejemplo de valores útiles para las señales de gradientes de potencia-distancia mínima y máxima para los sistemas de posicionamiento basados en la WLAN metropolitanos son como sigue:

15

$$\alpha_{\min} = 2$$

$$\alpha_{\max} = 6$$

20

En este caso, el valor máximo de  $\alpha$  es el valor máximo típico para un área urbana.

Los valores mínimo y máximo de la desviación estándar se encuentran basado en los radios mínimo y máximo típicos de la cobertura de los puntos de acceso WLAN, que se pueden hallar empíricamente. Los radios mínimo y máximo útiles de la cobertura de los AP de WLAN son 60 y 700 metros, respectivamente. Si la cobertura se considera como el valor de cinco sigma, se puede calcular el valor de sigma mínimo y máximo.

25

En el caso del enfoque multinivel, después de hallar el límite de cada nivel, la señal de gradiente de potencia-distancia para cada nivel se puede hallar mediante el ajuste de una línea a las muestras de RSS dentro de cada nivel usando el método descrito anteriormente en relación con la Figura 2. No se puede usar el enfoque de desviación estándar, debido a que no se conocen los valores de potencia mínimo y máximo para cada nivel, como se conoció para toda el área de cobertura. La Figura 4 representa un ejemplo de un punto de acceso multinivel e ilustra el punto de transición exacto del primer conjunto de las muestras de RSS [401] y no se conoce el segundo conjunto de las muestras de RSS, ya que algunas de las muestras de RSS que se consideraron que pertenecen al primer conjunto [401] pueden pertenecer en realidad al segundo conjunto [402]. La estimación de este punto de transición introduce el error usando el enfoque de desviación estándar.

30

35

De acuerdo con las modalidades de la invención, la(s) señal(es) de gradiente(s) de potencia-distancia para cada punto de acceso WLAN se pueden usar por el usuario para hallar su distancia para cada punto de acceso WLAN en el intervalo y por consiguiente de por sí se localizan. La señal de gradiente potencia-distancia se puede usar en la siguiente ecuación para hallar la distancia:

40

$$d = \sqrt[3]{\frac{K}{P_{RSS}}}$$

La notación  $P_{RSS}$  es la potencia recibida desde un punto de acceso WLAN en watts y  $K$  es un número constante que se agrega a todos los otros parámetros. El valor de  $d$  se puede normalizar con  $K$  suponiendo que  $K$  es igual a uno sin sacrificar la precisión. Suponiendo que  $K$  igual a uno es el mismo cuando se cambia la escala de la medición de distancia, y debido a que se puede hacer lo mismo para todos los puntos de acceso, la normalización de  $K$  no afecta la precisión de la estimación de la posición.

45

50

Según aspectos de la invención, se puede calcular la localización del punto de acceso, (*lat*, *long*). Si se conoce la localización exacta de un punto de acceso, se pueden usar las muestras de RSS y sus localizaciones correspondientes para estimar la localización del punto de acceso. Por ejemplo, se puede hallar la localización del punto de acceso hallando el centro de las lecturas de potencia como sigue:

$$lat = \frac{\sum_{i=1}^N lat_i}{N}$$

$$long = \frac{\sum_{i=1}^N long_i}{N}$$

5

En donde el número total de muestras de potencia es igual a N.

10

Caracterizando las características de propagación de radio únicas de cada punto de acceso WLAN en un sistema de localización, en lugar de usar un conjunto de características para todos los puntos de acceso WLAN, se aumenta la precisión de la posición, velocidad de desplazamiento, y dirección de las estimaciones del desplazamiento en un sistema de posicionamiento basado en la WLAN. Se muestra a continuación un ejemplo de un algoritmo de posicionamiento, que ilustra el uso de las señales de gradientes de potencia-distancia estimadas de acuerdo con las modalidades de la invención. Este ejemplo es un algoritmo de triangulación ponderado de acuerdo con la distancia del usuario desde los puntos de acceso.

15

Si un usuario detecta el número N de los puntos de acceso con un valor de RSS correspondiente de  $P_i$ , una señal de gradiente de potencia-distancia de  $\alpha_i$ , una latitud de  $lat_i$ , y una longitud de  $long_i$ , la distancia del usuario hasta los puntos de acceso se calcula como sigue:

20

$$d_i = \alpha_i \sqrt{\frac{1}{P_i}}$$

Se puede hallar la latitud y longitud del usuario,  $U_{lat}$  y  $U_{long}$ , como sigue:

25

$$U_{lat} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{lat_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i}}$$

$$U_{long} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{long_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i}}$$

30

Según otro aspecto de la invención, se puede normalizar el valor de lectura de RSS por el usuario final, y la lectura de potencia de RSS se puede usar para seleccionar el valor correcto de las características de propagación de radio, por ejemplo, una señal de gradiente de potencia-distancia, en el caso del enfoque multinivel. Cuando un área de cobertura se divide en múltiples niveles con la estimación lineal por tramos del área de cobertura, el usuario debe ser capaz de determinar en el cual nivel está localizado él, y usar las características de propagación de radio. En este caso, hay una necesidad de normalizar la lectura de potencia de RSS a través de implementaciones de diferentes equipos y diferentes receptores Wi-Fi. A fin de normalizar la lectura de potencia de RSS, se trazan la sensibilidad de potencia mínima y la máxima del dispositivo de usuario para el intervalo de potencia dinámica del escáner usado para suministrar los datos a la base de datos de referencia [104].

35

40

Si los escáneres usados para suministrar datos a la base de datos de referencia no tienen un intervalo de potencia dinámica estándar, se puede usar el mismo método de normalización para trazar los intervalos dinámicos individuales de los diferentes dispositivos de exploración a un intervalo dinámico estándar. Por lo tanto, se puede usar este método en un sistema de posicionamiento WLAN cuando el hardware difiere entre los escáneres. En este caso, se selecciona un intervalo dinámico estándar para la potencia seleccionando un valor mínimo y máximo para la lectura de potencia, y se trazan todas las lecturas de todos los diferentes dispositivos para este intervalo.

45

Por ejemplo, si se establecen los valores de potencia mínima y de potencia máxima estándares a -100 dBm y -40

dBm, respectivamente, y el intervalo mínimo y máximo de un dispositivo de usuario está entre -90 dBm y -60 dBm, se normalizan las lecturas de la potencia del usuario como sigue:

$$P_{\text{nuevo}} = [P_{\text{viejo}}(-90)] \left( \frac{-40 - (-100)}{-60 - (-90)} \right) + (-100)$$

5

Se apreciará que el alcance de la presente invención no se limita a las modalidades descritas anteriormente, sino que se define por las reivindicaciones adjuntas, y estas reivindicaciones abarcarán modificaciones y mejoras a lo que se ha descrito.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para caracterizar al menos un punto de acceso Wi-Fi en un sistema de servicios basado en la localización que tiene una pluralidad de puntos de acceso Wi-Fi (102) en un área objetivo, los puntos de acceso Wi-Fi que se posicionan en localizaciones geográficas y que tienen áreas de cobertura de señal, el método que comprende:

10 determinar la localización geográfica del punto de acceso Wi-Fi;  
 dividir el área de cobertura de señal del punto de acceso Wi-Fi en al menos una sección; y  
 determinar las características de propagación de radio para cada sección;  
 en donde las características de propagación de radio de cada sección son indicativas de una relación entre una potencia de una señal de radio de un canal de radio del punto de acceso Wi-Fi y una distancia desde el punto de acceso Wi-Fi en la cual se recibe dicha señal de radio, y en donde se puede usar la caracterización en un algoritmo de localización; el método comprende además:  
 15 medir una pluralidad de valores de potencia de la señal recibida (201) dentro del área de cobertura de señal, cada valor de potencia de la señal recibida que se mide en una posición asociada con relación al punto de acceso Wi-Fi (302); y  
 determinar las secciones basadas en la pluralidad de valores de potencia de la señal recibida y las posiciones asociadas.

- 20 2. El método de la reivindicación 1, en donde el área de cobertura de señal es una sección (301).  
 25 3. El método de la reivindicación 1, en donde las secciones (504) se dividen de acuerdo con al menos una distancia (503) desde el punto de acceso Wi-Fi (501).  
 4. El método de la reivindicación 3, en donde el número de distancias es uno.  
 5. El método de la reivindicación 1, en donde las secciones (504) se dividen de acuerdo con al menos dos radiales y al menos una distancia (503) desde el punto de acceso Wi-Fi (501).  
 30 6. El método de la reivindicación 1, en donde las características de propagación de radio incluyen una señal de gradiente de potencia-distancia (202).  
 35 7. El método de la reivindicación 6, en donde la señal de gradiente de potencia-distancia (202) para cada sección (504) se determina por un método que comprende:

40 medir una pluralidad de valores de potencia de la señal recibida (201) dentro del área de cobertura de señal, cada valor de potencia de la señal recibida que se mide en una posición asociada con relación al punto de acceso Wi-Fi (302);  
 llevar a cabo una regresión lineal en la pluralidad de valores de potencia de la señal recibida y las posiciones asociadas; y  
 usar una pendiente determinada por la regresión lineal para calcular la señal de gradiente de potencia-distancia.

- 45 8. El método de la reivindicación 6, en donde la señal de gradiente de potencia-distancia (202) para cada sección (504) se determina por el método que comprende:

50 medir una pluralidad de valores de potencia de la señal recibida (201) dentro del área de cobertura de señal, cada valor de potencia de la señal recibida que se mide en una posición asociada con relación al punto de acceso Wi-Fi (302);  
 calcular una distancia correspondiente para cada uno de los valores de la potencia de la señal, las distancias que se miden a partir de las posiciones asociadas de los valores de potencia de la señal hasta las localizaciones geográficas de los puntos de acceso Wi-Fi;  
 55 estimar un radio promedio de cobertura de señal usando la desviación estándar de las distancias;  
 usar el radio promedio de cobertura de señal para calcular la señal de gradiente de potencia-distancia.

9. El método de la reivindicación 8, en donde la desviación estándar de las distancias,  $\sigma$ , se calcula de acuerdo con las ecuaciones que tienen la forma

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i)^2}{N-1}}, N > 1$$

$$\sigma = 0, N = 1,$$

en donde:

- 5  $d_i$  es la distancia de la posición asociada del valor de potencia recibida  $i$  del punto de acceso Wi-Fi (302); y  
 $N$  es el número de los valores de la potencia de la señal (201).

- 10 **10.** El método de la reivindicación 8, en donde la señal de gradiente de potencia-distancia (202),  $\alpha$ , se calcula usando ecuaciones que tienen la forma

$$\alpha = \alpha_{\min} \text{ si } (\sigma > \sigma_{\max})$$

$$\alpha = \alpha_{\max} \text{ si } (\sigma < \sigma_{\min})$$

15

$$\alpha = \alpha_{\max} + (\alpha_{\min} - \alpha_{\max}) \left( \frac{\log(\sigma) - \log(\sigma_{\min})}{\log(\sigma_{\max}) - \log(\sigma_{\min})} \right)$$

en donde:

20

- $\alpha_{\min}$  es un umbral de cobertura de señal mínima;  
 $\alpha_{\max}$  es un umbral de cobertura de señal máxima;  
 $\sigma$  es el radio promedio de cobertura de señal;  
 $\sigma_{\min}$  es una señal de gradiente potencia-distancia mínima; y  
 $\sigma_{\max}$  es una señal de gradiente potencia-distancia máxima.

25

- 11.** El método de la reivindicación 10, en donde:

30

- un valor de cinco sigma de  $\sigma_{\min}$  es 60 metros;  
 un valor de cinco sigma de  $\sigma_{\max}$  es 700 metros;  
 $\alpha_{\min}$  es 2 dBWatts / dBmetros; y

$\alpha_{\max}$  es 6 dBWatts / dBmetros.

35

- 12.** El método de la reivindicación 1, en donde las secciones (301) se dividen de acuerdo con al menos dos radiales del punto de acceso Wi-Fi.

- 13.** El método de la reivindicación 12, en donde el número de radiales es seis o menos.

40

- 14.** Un sistema que comprende medios para poner en práctica un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

45

- 15.** Un código de programa de computadora adaptado para llevar a cabo la etapa de un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 13.

50

- 16.** Un medio legible por computadora que comprende el código de programa como se reivindica en la reivindicación 15.

55

- 17.** El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de servicios basado en la localización usa puntos de acceso Wi-Fi público y privado para calcular una posición de un dispositivo habilitado con WLAN.

- 18.** El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de servicios basado en la localización usa puntos de acceso Wi-Fi público y privado que cubren tanto los entornos interiores como los exteriores.

55

- 19.** El método de la reivindicación 1, en donde el sistema de servicios basado en la localización usa puntos de acceso Wi-Fi público y privado desplegados sobre el área metropolitana.

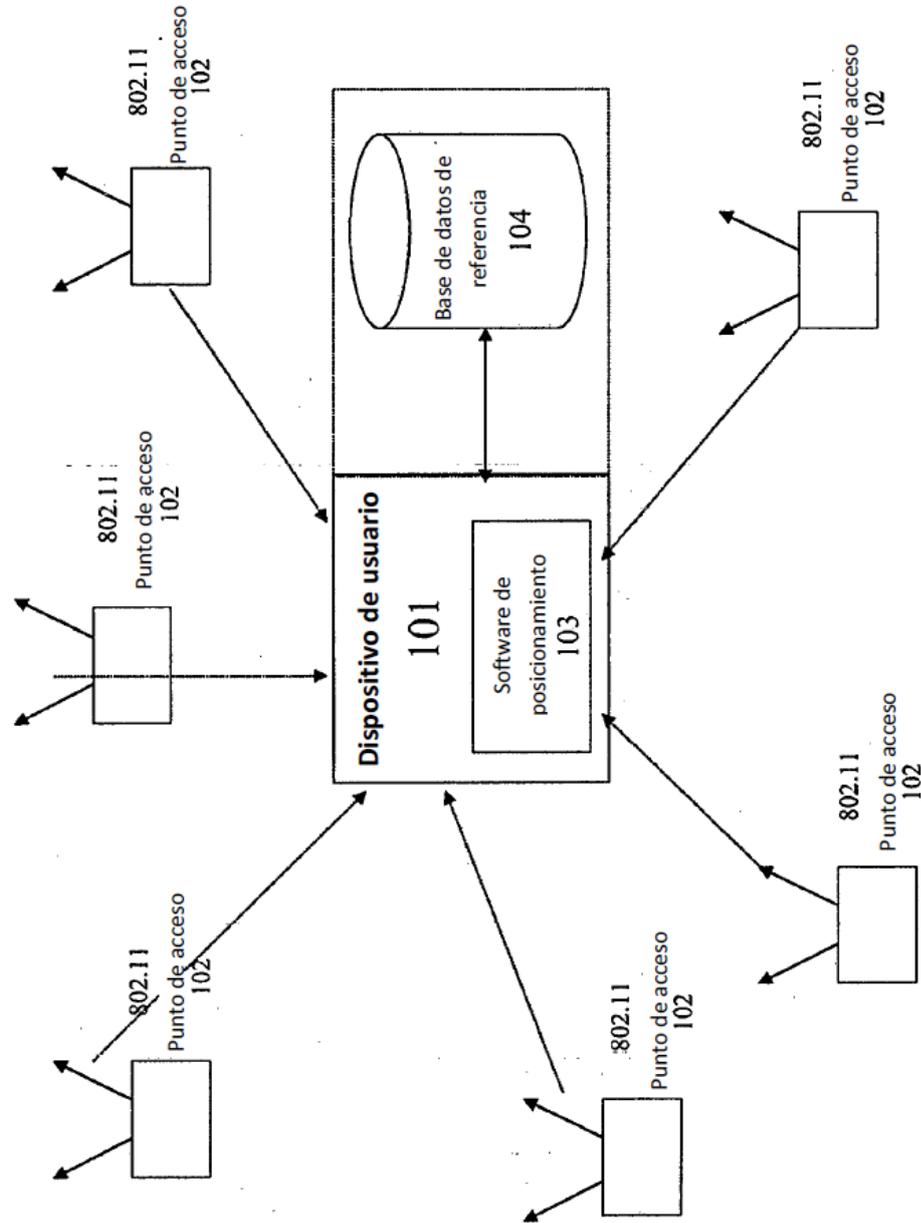


Figura 1

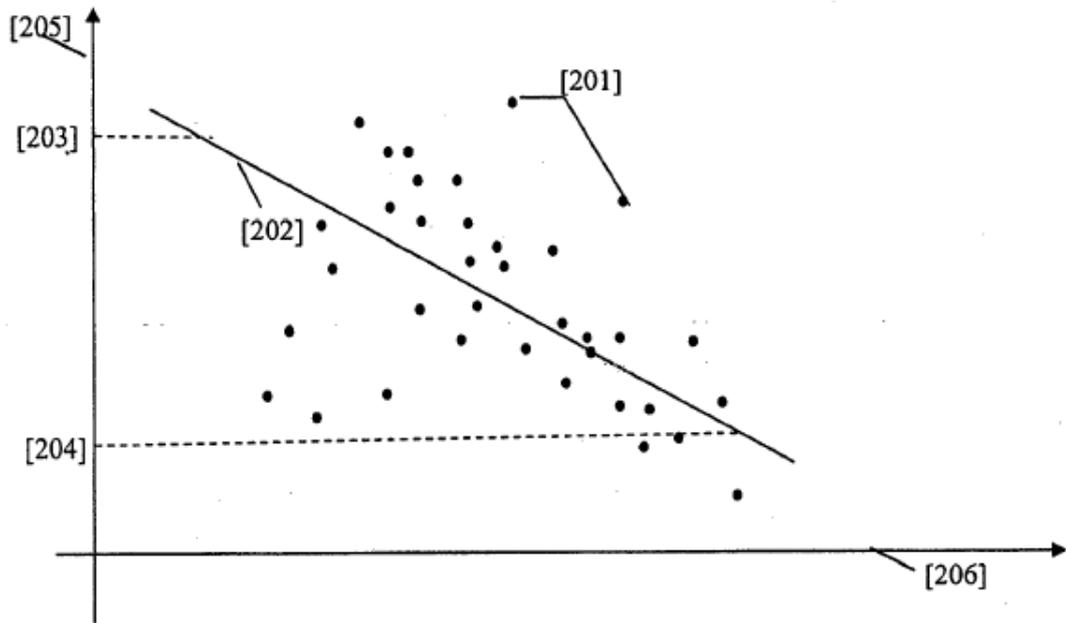


Figura 2

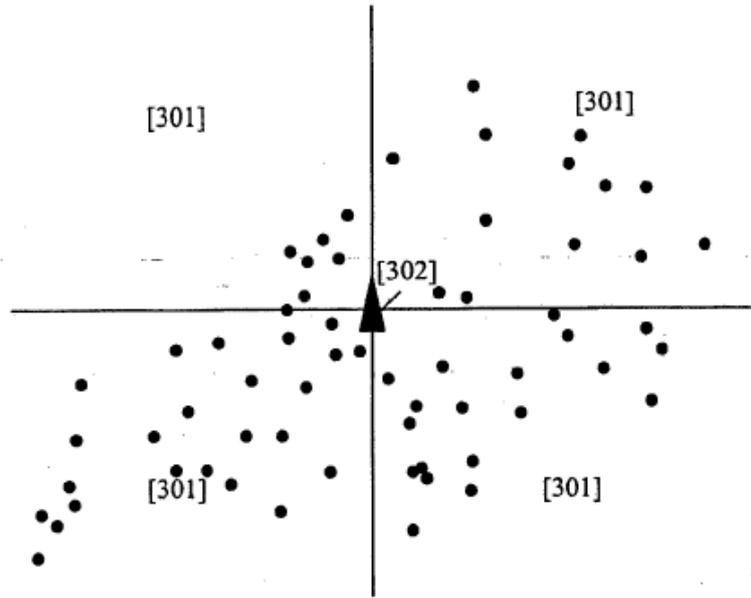


Figura 3

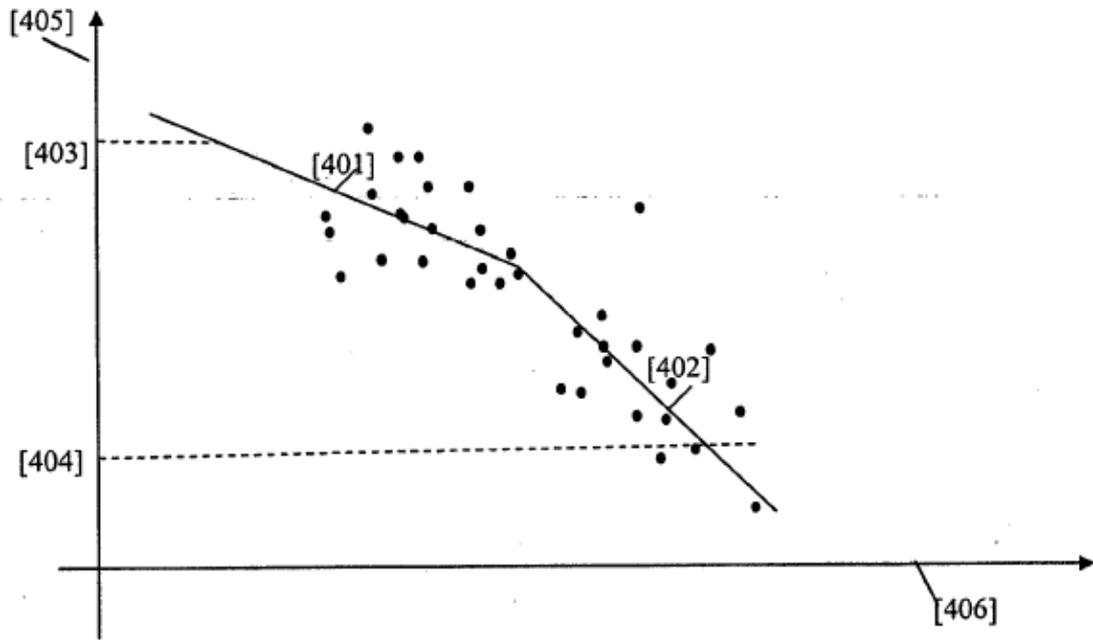


Figura 4

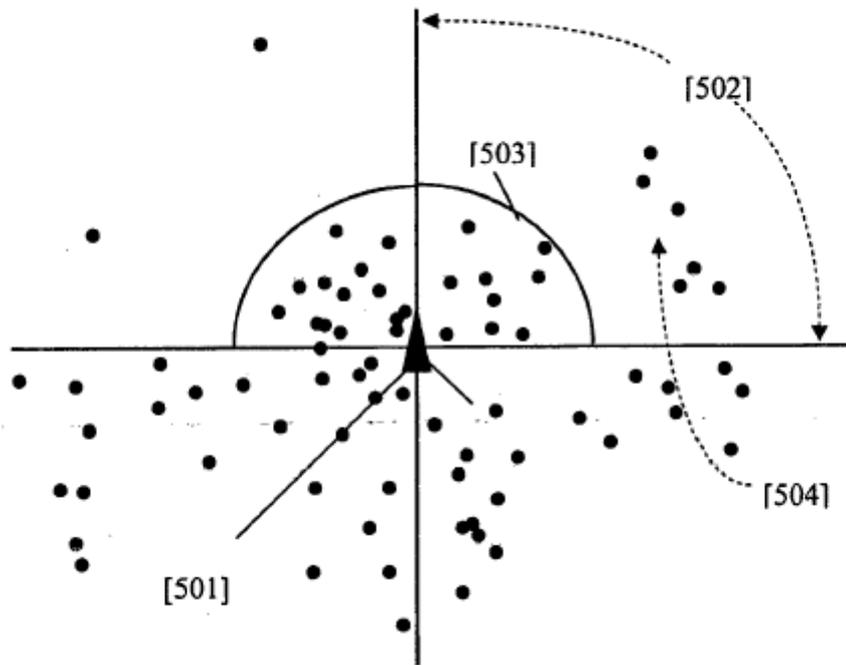


Figura 5

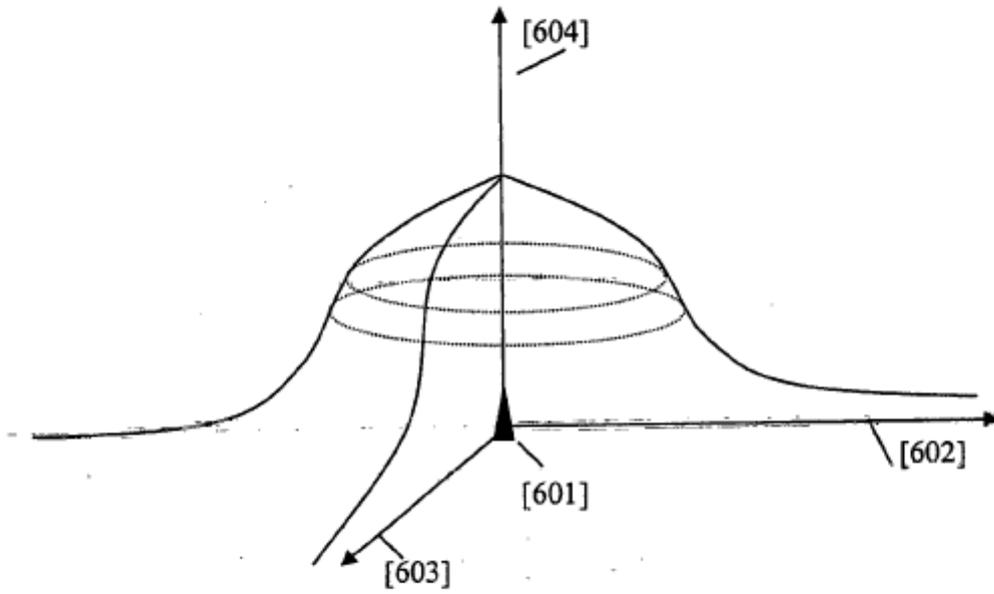


Figura 6