

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 782**

51 Int. Cl.:
H04B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07761897 .3**
96 Fecha de presentación: **04.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2012830**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.01.2009**

54 Título: **ESTIMACIÓN DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE MOVIMIENTO EN UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO EN LA WLAN.**

30 Prioridad:
08.05.2006 US 429862
08.05.2006 US 430064
08.05.2006 US 430079

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.01.2012

73 Titular/es:
SKYHOOK WIRELESS, INC.
332 CONGRESS ST., 3RD FLOOR
BOSTON, MA 02210, US

72 Inventor/es:
ALIZADEH-SHABDIZ, Farshid;
PAHLAVAN, Kaveh y
MORGAN, Edward, James

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 371 782 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 velocidad y dirección de movimiento en un sistema de posicionamiento en la WLAN

AntecedentesCampo de la Invención

- 5 La invención se refiere generalmente a calcular la velocidad y dirección del movimiento en un sistema de posicionamiento y, más específicamente, al uso de señales de puntos de acceso a la WLAN para calcular la velocidad y dirección del movimiento.

Discusión de la Técnica Relacionada

- 10 Posición, velocidad de movimiento y dirección del movimiento (es decir, orientación) son componentes básicos de los sistemas de navegación y de cualquier Location Based Service (LBS – Servicio Basado en la Ubicación). La estimación de la velocidad y de la orientación no sólo son proporcionadas a los usuarios finales, sino que son utilizadas también por los servicios y sistemas de posicionamiento para rectificar la estimación de la posición. La información también puede ser utilizada por aplicaciones de navegación para traducir una distancia en una duración de tiempo. La estimación de la ubicación y de la velocidad son también ampliamente utilizadas en redes de telefonía móvil para optimizar parámetros del sistema, como algoritmos de asignación dinámica de canal y de transferencia.

- 15 Sistemas de posicionamiento basados en WLAN de exterior y de interior han sido explorados por un par de laboratorios de investigación, pero ninguno de ellos incluía estimación de velocidad y de orientación en su sistema. Los esfuerzos de investigación más importantes en esta área han sido llevados a cabo por PlaceLab (www.placelab.com, un proyecto patrocinado por Microsoft e Intel), proyecto del ActiveCampus de la Universidad de California San (ActiveCampus – Sustaining Educational Communities through Mobile Technology, informe técnico #CS2002-0714), y por el sistema de posicionamiento de campus extendido MIT, y fue evaluado a través de varios pequeños proyectos en el Dartmouth College (por ejemplo, M.Kim, J.J. Fielding y D. Kotz, “Risks of using AP locations discovered through war driving”).

- 25 Ha habido varias ofertas comerciales de sistemas de posicionamiento basado en Wi-Fi dirigidos hacia el posicionamiento en interior. (Véase, 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, May 2005, and Hazas, M., Scott, J., Krumm, J.: Location-Aware Computing Comes of Age, IEEE Computer, 37(2):95-97, Febrero de 2004 005, Pa005, Pages 350-362.) Estos sistemas están diseñados para activos de direcciones y para el seguimiento de personas dentro de un entorno controlado como un campus corporativo, unas instalaciones de hospital o un astillero. El ejemplo clásico es tener un sistema que pueda monitorizar la ubicación exacta del carro de parada cardiaca dentro del hospital de manera que cuando hay un paro cardiaco el personal del hospital no pierde tiempo en localizar el dispositivo. Los requisitos de precisión para los casos de este uso son muy elevados, requiriéndose típicamente una precisión de 1-3 metros. Estos sistemas utilizan una variedad de técnicas para un ajuste fino de su precisión incluyendo llevar a cabo detallados exámenes del emplazamiento de cada metro cuadrado del campus para medir la propagación de la señal de radio. Requieren también una conexión constante a la red de manera que el punto de acceso y la radio del cliente puedan intercambiar información de sincronización similar a como funciona un A-GPS. Aunque estos sistemas son cada vez más fiables para los casos de uso en interior, no son efectivos en despliegue en áreas amplias. Es imposible llevar a cabo el tipo de examen del emplazamiento detallado requerido en toda la ciudad y no hay manera de confiar en un canal de comunicación constante con puntos de acceso a 802.11 en toda el área metropolitana hasta el punto requerido por estos sistemas. Lo que es más importante, la propagación por radio en exterior es fundamentalmente diferente de la propagación por radio en interior, haciendo que los algoritmos de posicionamiento en interior sean casi inútiles en un escenario de radio extendida.

- 45 La estimación de la **velocidad** de los usuarios de la WLAN ha suscitado poca atención. Existe un documento relacionado con este tema, que cubre el entorno de interior. La utilización de la variación de energía de la potencia de la señal de WLANs para detectar usuarios estacionarios dentro de un edificio fue propuesta por Krumm y Harvitz. (Véase John Krumm y Eric Harvitz, “LOCADIO: Inferring Motion and Location from WLAN Signal Strnegths” Proc. Of Mobiquitous, pp 4-14, Agosto 22-26 de 2004). El algoritmo propuesto se basa en medir la varianza de la potencia de la señal del punto de acceso más fuerte en un entorno de interior. En este artículo, el movimiento del usuario es captado en dos estados, que son estados de “reposo” y de “movimiento”. El algoritmo propuesto para detectar el estado de reposo se basa en un examen detallado del edificio y en encontrar la probabilidad de transición entre los estados de “reposo” y de “movimiento” en función del plano de la planta del edificio. El artículo utiliza la desviación estándar de muestras de potencia para obtener la variación de potencia. Además, se requería un examen del emplazamiento detallado.

Otro ejemplo para la estimación de la posición y de la velocidad de un dispositivo dentro de una W-LAN viene dado en el documento US2006/0095348 A1, en cuya área es explorado, los APs se guardan en una base de datos y se crea una huella para cada base de datos. La huella se utilizará para la triangulación con el fin de descubrir la posición del dispositivo de acuerdo con las potencias recibidas de los diferentes APs. A partir de la posición actualizada durante un cierto periodo de tiempo, puede calcularse la velocidad del dispositivo.

Estimar una velocidad de movimiento utilizando características de propagación de onda de radio no es una idea nueva, y se han sugerido diferentes métodos para calcular la velocidad del usuario utilizando ondas de radio. La manera normal de estimar la velocidad de un receptor con respecto al transmisor se basa en medir la frecuencia Doppler. Para estimar la velocidad basándose en la frecuencia Doppler se necesita conocer con precisión la frecuencia de transmisión y el ángulo de llegada de las ondas de radio.

Debido a efectos de ensombrecimiento y de multi-ruta, los métodos de estimación de velocidad convencionales no pueden estimar la velocidad de los usuarios de la WLAN con precisión. Por ejemplo, la frecuencia Doppler no puede ser medida directamente puesto que el oscilador del punto de acceso local no es suficientemente preciso, y la frecuencia de transmisión no se conoce con precisión. Además, el efecto de multi-ruta provoca diferentes longitudes de ruta para las señales recibidas.

Existen hasta ahora millones de WLANs comerciales y privadas desplegadas y este número crece cada día. Así, es deseable utilizar puntos de acceso a la WLAN para estimar la velocidad y la dirección del movimiento. La velocidad de un usuario puede ser estimada utilizando características tradicionales de ondas de radio recibidas de uno o más puntos de acceso a la WLAN. Salir del área de cobertura de algunos puntos de acceso y entrar en el área de cobertura de otros puntos de acceso mantiene la continuidad de la estimación en el tiempo.

Detectar una velocidad cero es otro reto para los usuarios de la WLAN, puesto que el entorno que rodea a un receptor de WLAN en un área metropolitana está cambiando todo el tiempo, y como resultado, las características de la señal recibida están cambiando constantemente.

Un sistema de posicionamiento en la WLAN proporciona un método sistemático y una metodología para reunir datos de ubicación de referencia para permitir un sistema de posicionamiento comercial utilizando puntos de acceso a 802.11 públicos y privados. Preferiblemente, los datos son reunidos de una manera sistemática para explorar y cubrir completamente las calles de una región de objetivo. El planteamiento sistemático identifica tantos puntos de acceso a Wi-Fi como sea posible.

La Figura 1 representa un Wi-Fi Positioning System (WPS – Sistema de Posicionamiento basado en Wi-Fi). El sistema de posicionamiento incluye software de posicionamiento [103] que reside en un dispositivo de cálculo [101]. A través de una particular área de cobertura existen puntos de acceso inalámbricos fijos [102] que transmiten información utilizando señales de transmisión de canal común/de control. El dispositivo del cliente monitoriza la señal de transmisión o solicita su transmisión por medio de una solicitud de investigación. Cada punto de acceso contiene un único identificador de hardware conocido como Dirección de MAC. El software de posicionamiento del cliente recibe marcas desde los puntos de acceso a 802.11 en el intervalo y calcula la ubicación geográfica del dispositivo de cálculo utilizando características de las marcas de la señal. Esas características incluyen al único identificador del punto de acceso a 802.11, conocido como dirección de MAC, y las potencias de la señal que llega al dispositivo del cliente. El software del cliente compara los puntos de acceso a 802.11 observados con los de su base de datos de referencia [104] de puntos de acceso, que pueden o no residir también en el dispositivo. La base de datos de referencia contiene las ubicaciones geográficas calculadas y el perfil de potencia de todos los puntos de acceso que el sistema de reunión ha recogido. El perfil de potencia puede ser generado a partir de una colección de lecturas que representan la potencia de la señal de varias ubicaciones. Utilizando estas ubicaciones conocidas, el software del cliente calcula la posición relativa del dispositivo de usuario [101] y determina sus coordenadas geográficas en forma de lecturas de latitud y longitud. Esas lecturas son a continuación introducidas en aplicaciones basadas en la ubicación tales como buscadores de amigos, sitios de la red de búsqueda local, sistemas de gestión de flota y servicios E911.

Compendio

La invención proporciona métodos para estimar la velocidad y la orientación en un servicio de ubicación basado en la WLAN.

Bajo un aspecto de la invención, se describe un método que se utiliza para estimar una velocidad de movimiento de un dispositivo habilitado por Wi-Fi como se ha descrito en la reivindicación 1.

Bajo otro aspecto de la invención, un método utilizado para estimar una velocidad de movimiento de un dispositivo habilitado por Wi-Fi comprende el dispositivo habilitado por Wi-Fi que mide un periodo de observación individual

para cada uno de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi durante el cual el dispositivo habilitado por Wi-Fi está recibiendo la señal transmitida por el punto de acceso habilitado por Wi-Fi individual, ocurriendo la medida durante una ventana de tiempo. Un periodo de observación medio se calcula basándose en los periodos de observación individuales y se estima una velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi utilizando el periodo de observación medio.

5
Bajo otro aspecto de la invención, un método utilizado para estimar una velocidad de movimiento de un dispositivo habilitado por Wi-Fi comprende que el dispositivo habilitado por Wi-Fi reciba y mida las potencias de la señal mediante una pluralidad de puntos de acceso habilitados por Wi-Fi dentro del radio de acción del dispositivo habilitado por Wi-Fi tal como las recibe el dispositivo habilitado por Wi-Fi, ocurriendo la medida durante una ventana de tiempo. Se calculan variaciones de las potencias de la señal tal como las recibe el dispositivo habilitado por Wi-Fi durante la ventana de tiempo. Las variaciones de potencia de señal son utilizadas para estimar una velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi.

10
Bajo otro aspecto de la invención, un método utilizado para estimar una velocidad de movimiento de un dispositivo habilitado por Wi-Fi comprende que el dispositivo habilitado por Wi-Fi reciba señales transmitidas mediante los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en el radio de acción del dispositivo habilitado por Wi-Fi. Se accede a una base de datos de referencia para determinar si la base de datos contiene características de los puntos de acceso basados en Wi-Fi. Si la base de datos contiene características del punto de acceso basado en Wi-Fi, las características son utilizadas para estimar una velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi.

15
Bajo otro aspecto de la invención, un método para facilitar la determinación de una velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi dentro de un sistema de servicios basados en la ubicación que tienen una base de datos de referencia de puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en un área de objetivo, estando cada punto de acceso habilitado por Wi-Fi en el área de objetivo situada en una ubicación geográfica correspondiente, comprende que el dispositivo habilitado por Wi-Fi reciba señales transmitidas por los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en el radio de acción del dispositivo habilitado por Wi-Fi durante una ventana de tiempo. Se accede a la base de datos de referencia para obtener las ubicaciones geográficas correspondientes de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi identificados. Las ubicaciones geográficas de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi identificados se utilizan para estimar una pluralidad de posiciones del dispositivo habilitado por Wi-Fi que ocurren durante la ventana de tiempo, y se asocia un valor de tiempo con cada una de las posiciones estimadas, formando cada valor de tiempo y estimación de posición un par de posición / tiempo de una pluralidad de pares, teniendo la pluralidad una primera posición que ocurre en un primer tiempo y ocurriendo una segunda posición en un segundo tiempo. Un límite de velocidad inferior se calcula basándose en una diferencia entre la posición y el tiempo primeros y la posición y el tiempo segundos. Una pluralidad de velocidades son calculadas basándose en diferencias entre pares consecutivos de la pluralidad de pares de posición / tiempo. Un límite de velocidad superior es la velocidad media de una pluralidad de velocidades. Una velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi se calcula basándose en el límite de velocidad superior y en el límite de velocidad inferior.

20
Bajo otro aspecto de la invención, un método para facilitar la determinación de una velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi dentro de un sistema de servicios basados en la ubicación que tiene una base de datos de referencia de puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en un área de objetivo, estando cada punto de acceso habilitado por Wi-Fi en el área de objetivo situada en una ubicación geográfica correspondiente, comprende que el dispositivo habilitado por Wi-Fi reciba señales transmitidas mediante puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en el radio de acción del dispositivo habilitado por Wi-Fi durante una ventana de tiempo. A la base de datos de referencia se accede para obtener las ubicaciones geográficas correspondientes de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi identificados. Las ubicaciones geográficas de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi identificados son utilizadas para estimar una pluralidad de distancias recorridas por el dispositivo habilitado por Wi-Fi, y un valor de tiempo es asociado con cada posición estimada. La velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi es calculada basándose en la pluralidad de distancias y en los tiempos asociados.

25
Bajo otro aspecto de la invención, un método utilizado para facilitar la determinación de una dirección de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi dentro de un sistema de servicios basados en la ubicación que tiene una base de datos de referencia de puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en un área de objetivo, estando cada punto de acceso habilitado por Wi-Fi en el área de objetivo situado en una ubicación geográfica correspondiente, comprende que el dispositivo habilitado por Wi-Fi reciba señales transmitidas por los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi en el radio de acción del dispositivo habilitado por Wi-Fi. Se accede a la base de datos de referencia para obtener las correspondientes ubicaciones geográficas de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi identificados. Las ubicaciones geográficas de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi identificados se utilizan para estimar una secuencia de posiciones del dispositivo habilitado por Wi-Fi que tienen lugar durante la ventana de tiempo, teniendo la secuencia una posición primera. Se calculan una pluralidad de direcciones de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi intermedias basándose en las posiciones primera y última de la secuencia, utilizando cada

cálculo de dirección una posición última diferente para cada cálculo individual. Se calcula una dirección de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi basándose en la media de la pluralidad de direcciones de movimiento intermedias.

5 Bajo otro aspecto de la invención, un método para su uso en un sistema de servicios basados en la ubicación que tiene una pluralidad de puntos de acceso habilitados por Wi-Fi, estando los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi situados en ubicaciones geográficas, comprende estimar una primera velocidad de movimiento de un dispositivo habilitado por Wi-Fi utilizando un periodo de observación medio calculado, durante el cual el dispositivo habilitado por Wi-Fi está recibiendo señales transmitidas por los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi, estimando una
10 segunda velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi utilizando las variaciones de potencias de señal transmitidas por los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi calculadas como recibidas por el dispositivo habilitado por Wi-Fi, y estimando una tercera velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi utilizando una pluralidad de posiciones estimadas y de valores de tiempo asociados del dispositivo habilitado por Wi-Fi estimados utilizando las ubicaciones geográficas de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi . Se calcula una
15 cuarta velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi basándose en las velocidades de movimiento primera, segunda y tercera estimadas.

Breve Descripción de los Dibujos

En los dibujos,

La Figura 1 representa ciertas realizaciones de un sistema de posicionamiento basado en Wi-Fi;

20 la Figura 2 representa la estimación de la velocidad de un usuario ajustando una recta a múltiples puntos de estimación de posición de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

la Figura 3 representa la estimación de velocidad como una derivada numérica de la distancia de recorrido de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

la Figura 4 representa un ejemplo de la variación de la potencia de señal recibida a lo largo del tiempo y una transformada de Fourier de la variación que se acompaña;

25 la Figura 5 representa un ejemplo de un usuario expuesto a una multitud de áreas de cobertura de la WLAN;

la Figura 6 representa un ejemplo de un punto de acceso con el radio de cobertura medio;

la Figura 7 representa una realización de un filtro transversal para encontrar coeficientes óptimos para combinar linealmente las estimaciones de velocidad de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención; y

la Figura 8 representa un método de estimación de orientación de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención.

Descripción Detallada

30 Las realizaciones de la invención facilitan la estimación de la velocidad y de la orientación de un usuario equipado con un dispositivo de WLAN utilizando señales de radio de la WLAN. La proliferación de puntos de acceso a la WLAN en los últimos años creó una capa de ondas de radio de WLAN por todas partes. Por lo tanto, casi en cualquier lugar, existe una gran posibilidad de detectar ondas de radio de la WLAN, sobre todo en áreas urbanas.
35 Existen características importantes asociadas a la WLAN y a la tecnología de WLAN que las hacen más atractivas para la estimación de la velocidad y de la orientación en áreas metropolitanas, incluyendo el que los puntos de acceso a la WLAN son estacionarios, los puntos de acceso a la WLAN pueden encontrarse casi en cualquier lugar, los puntos de acceso a la WLAN comparten el mismo espectro y el espectro utilizado por los puntos de acceso a la WLAN es gratuito.

40 Las realizaciones de la invención proporcionan un sistema y una metodología para mantener y actualizar de manera continua la estimación de la velocidad y de la orientación de un usuario utilizando las ondas de radio de los puntos de acceso a la WLAN públicos y privados. El usuario explora y detecta puntos de acceso a la WLAN públicos y privados y también registra periódicamente la Received Signal Strength (RSS – Potencia de Señal Recibida) correspondiente a cada uno de los puntos de acceso a la WLAN. Las realizaciones de la invención proporcionan un
45 método para estimar la velocidad y la orientación del usuario equipado con un dispositivo de WLAN basándose en las ondas de radio recibidas de puntos de acceso a la WLAN públicos y privados.

Las realizaciones de la presente invención incorporan técnicas, sistemas y métodos descritos en anteriores aplicaciones presentadas que incluyen, pero que no están limitadas a, la Solicitud de Patente de U.S. Nº 11/261.848, titulada *Base de Datos de Balizas de Ubicación*, Solicitud de Patente de U.S. Nº 11/261.898, titulada *Servidor para*

5 *Actualizar una Base de datos de Balizas de Ubicación*, Solicitud de Patente de U.S. N°11/261.987, titulada *Método y Sistema para Construir una Base de Datos de Balizas de Ubicación*, y la Solicitud de Patente de U.S. N° 11/261.988, titulada *Servicios Basados en la Ubicación que Eligen Algoritmos de Ubicación Basados en el Número de Puntos de Acceso Detectados Dentro del Radio de Alcance del Dispositivo de Usuario*, presentadas todas el 28 de Octubre de 2005. Esas solicitudes presentaban modos específicos de reunir datos de ubicación de alta calidad para puntos de acceso habilitados por Wi-Fi de manera que tales datos pueden ser utilizados en servicios basados en la ubicación para determinar la posición geográfica de un dispositivo habilitado por Wi-Fi que utiliza tales servicios y técnicas de utilizar los citados datos de ubicación para estimar la posición de un usuario del sistema. Las presentes técnicas, no obstante, no están limitadas a los sistemas y métodos descritos en las solicitudes de patente incorporadas. Así, aunque la referencia a tales sistemas y aplicaciones puede ser de ayuda, no se considera necesaria para comprender las presentes realizaciones o invenciones.

10 Las realizaciones de la invención pueden ser utilizadas en un dispositivo habilitado por Wi-Fi para determinar la velocidad y/o la dirección del movimiento. Por ejemplo, la técnica de acuerdo con las realizaciones de la invención puede estar incorporada en lógica incluida en un software de estimación [103] del dispositivo habilitado por Wi-Fi de la Figura 1.

15 Bajo al menos una realización de la invención, la velocidad de un usuario es estimada basándose en una derivada numérica de la distancia recorrida. El método se basa en encontrar la velocidad de usuario basándose en muestras de estimación de posición en una WLAN basándose en el sistema de posicionamiento. La velocidad del usuario es estimada ajustando una recta a la distancia recorrida en función del tiempo. Por lo tanto, la pendiente de la recta es la velocidad del usuario. La Figura 2 ilustra un ejemplo de este método. En la Figura 2, el usuario se mueve a lo largo de una calle [201], y se estiman múltiples posiciones [202] (mostradas por las estrellas). La distancia entre las múltiples posiciones [202] puede ser dibujada en función del tiempo en el cual son estimadas las posiciones, mostrado mediante el gráfico [204]. Una recta [205] se ajusta a los valores de distancia [206] y de tiempo [207] correspondientes a la multitud de estimaciones de posición [202]. La pendiente de la recta [205] es la velocidad del usuario.

20 Bajo otras realizaciones de la invención, la velocidad de un usuario se estima basándose en una derivada numérica de la distancia recorrida. El método inventado se basa en encontrar un límite inferior y un límite superior de la velocidad del usuario, y en calcular a continuación el punto medio entre ellos como la mejor estimación para la velocidad. Estas realizaciones proporcionan un modo simple de calcular la velocidad de un usuario.

25 Los métodos de acuerdo con estas realizaciones utilizan un número m de estimaciones de posición del usuario en un tiempo marcado y de las correspondientes calidades de las estimaciones de posición. El número m debe ser lo suficientemente alto para que los resultados definan una función diferenciable y para eliminar ruidos de estimación y repentinos cambios en la estimación de la velocidad. Por otro lado, el valor de m debe ser lo suficientemente bajo para seguir los cambios de velocidad de una manera escalonada. El valor óptimo de m depende de la tasa de cambio de velocidad del usuario y también puede ser seleccionado adaptándose a las necesidades. Un ejemplo de un valor de m útil es entre cinco y quince segundos.

30 Con el fin de reducir al retardo inicial en proporcionar la velocidad estimada mediante estas realizaciones, puede calcularse una estimación grosera de la velocidad tras unos pocos segundos, por ejemplo, cinco segundos, y puede ser finalmente ajustada tras recoger más muestras. El número óptimo de m puede encontrarse empíricamente.

35 Los métodos de acuerdo con estas realizaciones operan como sigue. Las estimaciones de posición de baja calidad se eliminan, dejando un número n de estimaciones de posición de una calidad aceptable. La mediana de la velocidad para las n estimaciones de posición consecutivas se calcula usando la distancia recorrida en el tiempo. Éste es el límite superior de la velocidad. La velocidad media se calcula usando las estimaciones de posición primera y última. Éste es el límite inferior de la velocidad. La velocidad final se calcula como una media ponderada de la mediana y de las velocidades medias.

40 La mediana de la velocidad se calcula encontrando en primer lugar las velocidades de n estimaciones de posición consecutivas como sigue:

$$V_i = \frac{\Delta d_i}{\Delta t_i} = \frac{d_i - d_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}, 1 \leq i \leq n$$

45 A continuación, las n velocidades calculadas son clasificadas de menor a mayor y se selecciona el punto medio como sigue:

$$\{V_a, V_b, \dots, V_k\}, V_a \leq V_b \leq \dots \leq V_k$$

La velocidad media se calcula considerando la estimación de la última posición y de la primera posición de las n estimaciones de posición consecutivas, como sigue:

$$\{(d_1, t_1), (d_2, t_2), \dots, (d_n, t_n)\} \Rightarrow V_{avg} = \frac{d_n - d_1}{t_n - t_1}$$

- 5 La última etapa es encontrar la velocidad final utilizando la media ponderada de la mediana y de la velocidad media. El factor de ponderación se denomina α como sigue:

$$V = \alpha V_{median} + (1 - \alpha) V_{avg}$$

El valor de α es ajustado a 0,5 para encontrar el valor medio. Pueden encontrarse empíricamente valores de α dependiendo del uso del sistema. Un ejemplo de un valor ideal de α es 0,5.

- 10 La Figura 3 representa un ejemplo de la realización descrita anteriormente de la estimación de velocidad basándose en una derivada numérica de la distancia recorrida. El método de estimación de velocidad incluye un tamaño de ventana [301], en la cual se utilizan muestras [302] de posicionamiento para la estimación de la velocidad: Se determinan múltiples estimaciones de velocidad [303] basándose en las estimaciones de posición [302] consecutivas, y se utilizan para calcular la velocidad mediana. La estimación de velocidad basándose en las
15 estimaciones de posición [304] primera y última se determina y utiliza como límite de velocidad inferior. Los límites de velocidad medio e inferior pueden ser combinados para encontrar la velocidad de movimiento del usuario.

Bajo otro aspecto de la invención, el número de muestras de estimación de posición cambia para adaptarse de acuerdo con la tasa de cambio de la velocidad. El número de muestras de estimación de posición es ajustado basándose en la tasa media de cambio de velocidad y no en la variación instantánea.

- 20 Bajo otro aspecto de la invención, la velocidad de un usuario es estimada basándose en la derivada numérica de la distancia recorrida utilizando muestras de estimación de posición ponderadas de acuerdo con su calidad de estimación. Las técnicas descritas en la Solicitud de Patente de U.S. relacionada, titulada, *Cálculo de Calidad de Caracterización de Punto de Acceso a WLAN para su Uso en un Sistema de Posicionamiento en WLAN* (incorporada anteriormente), pueden ser utilizadas para determinar la calidad de estimación. En un sistema de
25 posicionamiento basado en WLAN, la posición de un usuario es estimada basándose en la potencia de la señal recibida de las ondas de radio de los puntos de acceso a WLAN en el radio de alcance. La estimación de posición también puede ser marcada con un factor de calidad que es un indicador del error de la estimación de posición esperado. Las realizaciones de la invención utilizan resultados de estimación de posición ponderados de acuerdo con su calidad de estimación para calcular la velocidad del usuario.

- 30 Por ejemplo, cuando se utiliza la técnica de ajustar una recta a puntos de estimación de posición para determinar la velocidad, las distancias de la recta a los puntos de posición estimados (por ejemplo, [208] de la Figura 2) son ponderadas de acuerdo con la calidad de las estimaciones de posición. Por lo tanto, la recta se encuentra de tal manera que las distancias ponderadas desde los puntos de posición a la recta se minimizan. Como otro ejemplo, cuando se utiliza la técnica de encontrar múltiples estimaciones de posición y de encontrar el límite superior y el
35 inferior de la velocidad, las estimaciones de posición que tienen una baja calidad son ignoradas. El umbral para seleccionar el umbral de baja calidad puede encontrarse empíricamente.

- Bajo al menos una realización de la invención, se estima la velocidad del usuario basándose en la medición del efecto Doppler indirectamente, midiendo la variación de potencia de la Potencia de Señal Recibida. La variación de potencia es medida examinando las muestras de potencia en el dominio de la frecuencia tomando la Transformada de Fourier de las muestras de potencia. El ancho de banda de la Transformada de Fourier de las muestra de potencia es a continuación correlacionado directamente con la velocidad de un usuario. La Figura 4 muestra un ejemplo de variación de RSS [401] en función del tiempo [402]. Un dibujo de la variación de ejemplo se muestra en [403]. En otras palabras, la variación de la potencia de la señal se utiliza como un indicador de la velocidad de un usuario, y es mapeada en la velocidad del usuario.

- 45 La potencia de la señal recibida puede resultar impactada por los siguientes problemas del canal: la distancia entre un transmisor y un receptor, el desvanecimiento de sombra y el efecto de multi-ruta y de pequeño desvanecimiento.

La distancia entre el transmisor y el receptor impacta directamente en el valor absoluto de la Potencia de Señal Recibida media. La relación entre la Potencia de Señal Recibida y la distancia entre el punto de acceso a la WLAN y el usuario final es función del entorno en el cual operan. El desvanecimiento de sombra y el desvanecimiento de multi-ruta son inherentemente aleatorios y hacen que la Potencia de Señal Recibida varíe con el tiempo. En el caso de un usuario estacionario, aunque el desvanecimiento de sombra y de multi-ruta hacen que la potencia varíe, la variación es limitada puesto que sólo movimientos en los alrededores del receptor hacen que la potencia varíe. Si se considera un usuario móvil, los cambios y la tasa de cambio en los alrededores del receptor es mucho mayor. Como resultado, la variación de la Potencia de Señal Recibida es mayor que para usuarios estacionarios.

Los métodos puestos en práctica de acuerdo con estas realizaciones operan como sigue. Se recogen valores de Potencia de Señal Recibida en una ventana de tiempo dada. La ventana de tiempo puede ser una ventana fija o puede ser ajustada para que se adapte de acuerdo con la tasa de cambio de velocidad del usuario. El ajuste de la ventana adaptativa basada en la tasa de cambio de velocidad de usuario es más exacto, pero el tamaño de la ventana y la aceleración no son linealmente dependientes. Un mayor tamaño de ventana evita grandes errores de estimación debido a un cambio de potencia instantáneo, pero reduce la capacidad de rastreo de la estimación. Un ejemplo de un valor útil del tamaño de ventana es igual a veinte muestras, que están separadas un segundo.

Se calcula una variación a partir de los valores de Potencia de Señal Recibida. La variación de la potencia de la señal puede encontrarse determinando el ancho de banda de una Transformada de Fourier de muestras de Potencia de Señal Recibida. La desviación estándar de la potencia de señal también puede ser utilizada como una aproximación grosera de la variación de la señal. Si la variación de la potencia de la señal está por debajo de un umbral dado, se asume que el usuario es estacionario. Si está por encima del umbral, es mapeada a un valor para la velocidad para el usuario.

El mapeo de la variación de potencia a la velocidad puede encontrarse empíricamente basándose en los casos de uso y en el entorno en el cual opera el usuario. El método de mapear el ancho de banda de la Transformada de Fourier a la velocidad es como sigue. Para una velocidad dada de un usuario, se encuentra el ancho de banda de la Transformada de Fourier. La relación de la velocidad conocida respecto al ancho de banda de la Transformada de Fourier es denotada por A, y puede encontrarse como sigue:

$$A = \frac{V_{known}}{BW_{FFT}}$$

La relación A se utiliza como factor de conversión para mapear en ancho de banda de la Transformada de Fourier a la velocidad de un usuario. En resumen, se determina el ancho de banda de la Transformada de Fourier de las muestras de Potencia de Señal Recibida de un usuario, y se multiplica por A para encontrar la velocidad del usuario.

La Figura 4 muestra un ejemplo de variación de Potencia de Señal Recibida [401] en función del tiempo [402] y también la Transformada de Fourier de la variación de la RSS, representando la potencia de la RSS [405] en función de la frecuencia [406], y un ancho de banda [404] correspondiente de la Transformada de Fourier.

Bajo una realización de la invención, la estimación de la velocidad se basa en el periodo de observación (o de detección) medio de puntos de acceso a la WLAN. El periodo de observación es un periodo de tiempo en el cual un usuario está expuesto a una señal transmitida mediante un punto de acceso en una ventana de tiempo dada. Un usuario estacionario permanece en el área de cobertura del mismo conjunto de puntos de acceso, pero un usuario móvil detecta puntos de acceso a medida que el usuario móvil se mueve del área de cobertura de un punto de acceso a otra.

La Figura 5 muestra un ejemplo de un usuario que se mueve en una dirección dada, a lo largo de una pista de usuario [501]. Existen diferentes puntos de acceso que cubren diferentes partes de la ruta del movimiento, por ejemplo, el AP2 y el AP6. Si se considera una pista de usuario [501], las distancias de los puntos de acceso desde la pista del usuario son una variable aleatoria, y la cobertura de los puntos de acceso puede cambiar de un punto de acceso a otro, por ejemplo, el área de cobertura del AP2 [502] y el área de cobertura del AP6 [503]. El cálculo del periodo de observación medio se basa en todos los puntos de acceso en el radio de alcance, independientemente de su existencia en la base de datos de referencia [104] (de la Figura 1).

Si un punto de acceso existe en la base de datos de referencia [104], la estimación de su área de cobertura, por ejemplo, [502], es obtenida a partir de la base de datos de referencia [104], y el área de cobertura [502] se utiliza para ponderar el periodo de observación del punto de acceso. Si un punto de acceso no existe en la base de datos de referencia [104], puede utilizarse una media nominal del área de cobertura de todos los puntos de acceso de la

base de datos de referencia, para ponderar el periodo de observación. Como alternativa, puede utilizarse un valor del área de cobertura por defecto.

5 Con el fin de calcular el periodo de observación medio, se considera una ventana de tiempo de W para recoger muestras de Potencia de Señal Recibida y calcular el periodo de observación medio. Un número total de puntos de acceso detectados durante la ventana de tiempo W es m , donde m_1 existe en la base de datos de referencia [104] y m_2 no existe. Si el periodo de observación del punto de acceso i se denota como t_i y el área de cobertura se denota como C_i y el área de cobertura media nominal de todos los puntos de acceso de la base de datos de referencia [104] se denota como C , el periodo de observación medio se calcula como sigue:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} \frac{t_i}{C_i} + \frac{\sum_{i=1}^{m_2} t_i}{C}}{m}$$

10 El periodo de observación medio es traducido a la velocidad del usuario encontrando la distancia media que el usuario recorre en un área de cobertura del punto de acceso dado. El radio de cobertura del área de cobertura [502] de un punto de acceso en la base de datos de referencia [104] es conocido. Las técnicas descritas en la Solicitud de Patente de U.S. relacionada, titulada *Estimación de Posición Usando Características de Propagación por Radio de un Punto de Acceso a WLAN en un Sistema de Posicionamiento de WLAN* (incorporada anteriormente), puede ser
15 utilizada para determinar los radios medios de los puntos de acceso.

En referencia a la Figura 6, un punto de acceso [601] tiene un área de cobertura [600] con un radio de cobertura [602], que es denotado por R . Un usuario puede detectar el punto de acceso [601] hasta el radio de cobertura [602]. Por lo tanto, la distancia media de una ruta de un usuario desde el punto de acceso [601] es $(R/2)$ [603]. Si la distancia media recorrida [604] por el usuario en el área de cobertura [600] del punto de acceso [601] es denotada por d , puede ser calculada como sigue:
20

$$d = 2 \times \sqrt{R^2 - \left(\frac{R}{2}\right)^2} = 2R\sqrt{0.75}$$

Debido a que el tiempo medio para recorrer la distancia d en el área de cobertura es el periodo de observación medio, la velocidad del usuario mientras se mueve en el área de cobertura [600] del punto de acceso [601] con un área de cobertura [600] conocida puede ser calculada como sigue:

$$V = \frac{d}{\bar{t}}$$

25 Pueden utilizarse métodos similares para determinar la velocidad del usuario utilizando puntos de acceso que no están en la base de datos de referencia [104] utilizando el área de cobertura media de todos los puntos de acceso de la base de datos de referencia [104] o utilizando un valor por defecto.

30 De acuerdo con las realizaciones de la invención, la calidad de la estimación de la velocidad de un usuario puede ser calculada basándose en el número de puntos de acceso utilizados para calcular el periodo de observación medio. Además, si el periodo de observación medio de puntos de acceso calculado por un usuario dado está por encima de un umbral dado, el usuario es estacionario. Si está por debajo del umbral, puede calcularse la velocidad del usuario. El umbral para detectar un usuario estacionario depende de características de la movilidad de los usuarios y del caso de uso, y puede encontrarse empíricamente.

35 Un ejemplo de un valor útil de tamaño de ventana para calcular el periodo de observación medio es veintiún segundos. Un ejemplo de un umbral útil para detectar usuarios estacionarios para aplicaciones de navegación urbana es igual a ocho segundos.

Bajo otro aspecto de la invención, los resultados de diferentes métodos de estimar la velocidad de un usuario son consolidados en un número utilizando un filtro transversal adaptativo. La salida del filtro transversal es la

combinación lineal óptima de estimación de la velocidad del usuario. Las realizaciones de la invención incluyen métodos de combinar los resultados de la estimación de velocidad de diferentes fuentes para encontrar coeficientes óptimos, correspondientes a las fuentes, para combinar las fuentes linealmente. Por ejemplo, la estimación de la velocidad del usuario basada en una derivada de la distancia con respecto al tiempo, la variación de la potencia y el periodo de observación medio pueden ser consolidados en un número.

Un filtro [700] transversal adaptativo se muestra en la Figura 7. Las entradas al filtro transversal son diferentes estimaciones de velocidad $V_1[701]$, $V_2[702]$ y $V_3[703]$. Las estimaciones de velocidad $V_1[701]$, $V_2[702]$ y $V_3[703]$ son ponderadas mediante coeficientes $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$ correspondientes. La salida del filtro $V[706]$ se compara con la velocidad $V[705]$ real del usuario, y el error residual, $e[707]$, se utiliza para ajustar los coeficientes de filtro $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$. El valor de e se calcula como sigue:

$$e = V - V'$$

El valor de error, e , es a continuación utilizado para ajustar los coeficientes de filtro [708]. Existen diferentes métodos estándar para ajustar coeficientes de filtro, por ejemplo, Menor Cuadrado, Menor Cuadrado Medio o Menor Cuadrado Medio Recursivo. Los coeficientes de filtro $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$ óptimos deben encontrarse una vez, y después pueden ser utilizados para combinar diferentes estimaciones de velocidad de diferentes métodos. En la práctica, se crea un banco de pruebas y se mueve de la misma manera que el usuario basándose en el caso de uso deseado.

Un método de ejemplo de obtener la velocidad $V[705]$ real del usuario para determinar los coeficientes de filtro $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$ es utilizar un GPS, porque la estimación de velocidad mediante GPS es suficientemente exacta para la mayoría de las aplicaciones. Un banco de pruebas de ejemplo está equipado con un GPS y también con un receptor de WLAN. La velocidad del banco de pruebas es estimada periódicamente utilizando puntos de acceso a la WLAN usando todos los diferentes métodos. Todas las diferentes velocidades $V_1[701]$, $V_2[702]$ y $V_3[703]$ de diferentes métodos son introducidas en el filtro transversal, junto con los coeficientes de filtro $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$. El valor inicial de los coeficientes puede hacerse igual para todos, por ejemplo, igual a 1/3. La velocidad real se toma del receptor de GPS. El banco de pruebas puede moverse hasta que los coeficientes de filtro $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$ convergen al valor óptimo. El valor óptimo de los coeficientes de filtro $W_1[704A]$, $W_2[704B]$ y $W_3[704C]$ es registrado, y se utilizan para combinar las estimaciones de velocidad como sigue:

$$V = \sum_{i=1}^3 W_i V_i$$

Bajo otro aspecto de la invención, la velocidad cero se detecta estimando la velocidad del usuario de acuerdo con la variación de potencia del método de la Potencia de Señal Recibida, en combinación con estimar la velocidad del usuario de acuerdo con el método del periodo de observación medio. La combinación de los resultados de estos dos métodos aumenta la probabilidad de detectar usuarios estacionarios, y como resultado, los umbrales pueden hacerse más conservadores para reducir la probabilidad de una falsa detección.

Bajo otra realización de la invención, un dispositivo de WLAN de usuario explora los puntos de acceso, y ninguno de los puntos de acceso existe en la base de datos de referencia [104] actual. En este caso, el usuario no puede ser localizado, pero la velocidad del usuario puede ser estimada, porque la variación de potencia del método de la Potencia de Señal Recibida y el cálculo del método del periodo de observación medio pueden aún ser utilizados para estimar la velocidad del usuario. En este caso, la velocidad puede ser utilizada para predecir una posición futura del usuario, aunque la posición actual no pueda ser estimada.

Bajo otro aspecto de la invención, la dirección del movimiento, la orientación, se calculan basándose en señales de la WLAN. La orientación se calcula basándose en un número m de muestras de estimación de posición consecutivas. El número m debe ser alto para hacer que los resultados definan una función diferenciable y para eliminar ruidos de estimación y repentinos cambios en la estimación de la orientación. Por otro lado, el valor de m debe ser lo suficientemente bajo como para rastrear cambios de una manera escalonada. La calidad de la estimación de la posición puede ser utilizada para ponderar muestras de estimación de la orientación.

Un método de ejemplo para estimar la orientación es como sigue. Considérense las últimas m estimaciones de posición del usuario, y exclúyanse las estimaciones de posición de baja calidad. El número de estimaciones de posición de calidad aceptable es denotado por M . Se encuentra la dirección del movimiento entre las muestras de la

primera estimación de posición y de la estimación de posición $M-1$ siguiente; el cálculo de la orientación de la primera estimación de posición y de la estimación de posición i se denota por $B(1,i)$, $0 < i < (M-1)$. El método siguiente determina la media ponderada de la orientación de $M-1$ resultados, ponderada de acuerdo con su calidad de estimación. Si la calidad de estimación de la estimación de ubicación i es denotada por Q_i . La orientación se calcula como sigue:

5

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{M-1} B(1,i)Q_i}{M-1}$$

Esta técnica de estimar la orientación se muestra gráficamente en la Figura 8. La dirección de movimiento del primer punto [801] hacia todos los puntos [802] – [806] consecutivos se calcula para un número M de puntos (seis en este ejemplo), y se calcula la media de $(M-1)$ como la orientación [807] real.

- 10 El valor de M puede encontrarse empíricamente basándose en el modelo de movilidad de los usuarios. El modelo de movilidad se utiliza para encontrar la duración media que el usuario tarda en cambiar su orientación, y también dicta la precisión requerida y el máximo retardo tolerable. En una aplicación de navegación típica un valor de M útil es 15, tomándose muestras a intervalos de un segundo. Se ha observado también que la precisión de la estimación de la orientación para M menor de 10 muestras es muy pobre.
- 15 Resulta evidente que el alcance de la presente invención no está limitado a las realizaciones descritas anteriormente, sino que por el contrario está definido por las reivindicaciones adjuntas, y estas reivindicaciones abarcan modificaciones de y mejoras a lo que se ha descrito.

REIVINDICACIONES

1. Un método utilizado para estimar una velocidad de movimiento de un dispositivo habilitado por Wi-Fi (101), que comprende:
- 5 que el dispositivo habilitado por Wi-Fi (101) reciba señales transmitidas por al menos un punto de acceso habilitado por Wi-Fi (102) en el radio de alcance del dispositivo habilitado por Wi-Fi (101); y
- procesar las citadas señales de Wi-Fi para generar la citada estimación de la velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi (101);
- caracterizado porque** la generación de la citada estimación se basa en al menos uno de:
- 10 medir una ventana de tiempo durante la cual el dispositivo habilitado por Wi-Fi (101) detecta la existencia de la señal transmitida por el al menos un punto de acceso habilitado por Wi-Fi (102); y
- medir variaciones de potencias de señal individuales transmitidas por el al menos un punto de acceso habilitado por Wi-Fi (102) como recibido por el dispositivo habilitado por Wi-Fi (101).
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo habilitado por Wi-Fi se comunica con al menos uno de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi para hacer que el punto de acceso habilitado por Wi-Fi transmita señales.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la estimación de la velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi es llevada a cabo por el dispositivo habilitado por Wi-Fi.
4. El método de la reivindicación 1, que comprende también utilizar la velocidad de movimiento estimada para estimar una subsiguiente posición del dispositivo habilitado por Wi-Fi.
- 20 5. El método de la reivindicación 1, en el que una ubicación geográfica de al menos uno de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi está contenida en una base de datos de referencia accesible por el dispositivo habilitado por Wi-Fi para estimar la velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi.
6. El método de la reivindicación 1, que comprende también obtener un área de cobertura de Wi-Fi correspondiente a al menos un punto de acceso habilitado por Wi-Fi de puntos de acceso conocidos, y si el punto de acceso habilitado por Wi-Fi no es conocido, utilizar un valor de cobertura de Wi-Fi por defecto para el punto de acceso junto con la ventana de tiempo medida para estimar la velocidad de movimiento del dispositivo habilitado por Wi-Fi.
- 25 7. El método de la reivindicación 1, que comprende también utilizar una pluralidad de posiciones y de valores de tiempo asociados del dispositivo habilitado por Wi-Fi estimados utilizando las ubicaciones geográficas de los puntos de acceso habilitados por Wi-Fi.
- 30 8. Un sistema que comprende medios para implementar un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.
9. Un programa de ordenador que comprende instrucciones dispuestas, cuando se ejecutan, para implementar un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 35 10. Almacén legible mediante una máquina que almacena un programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 9.

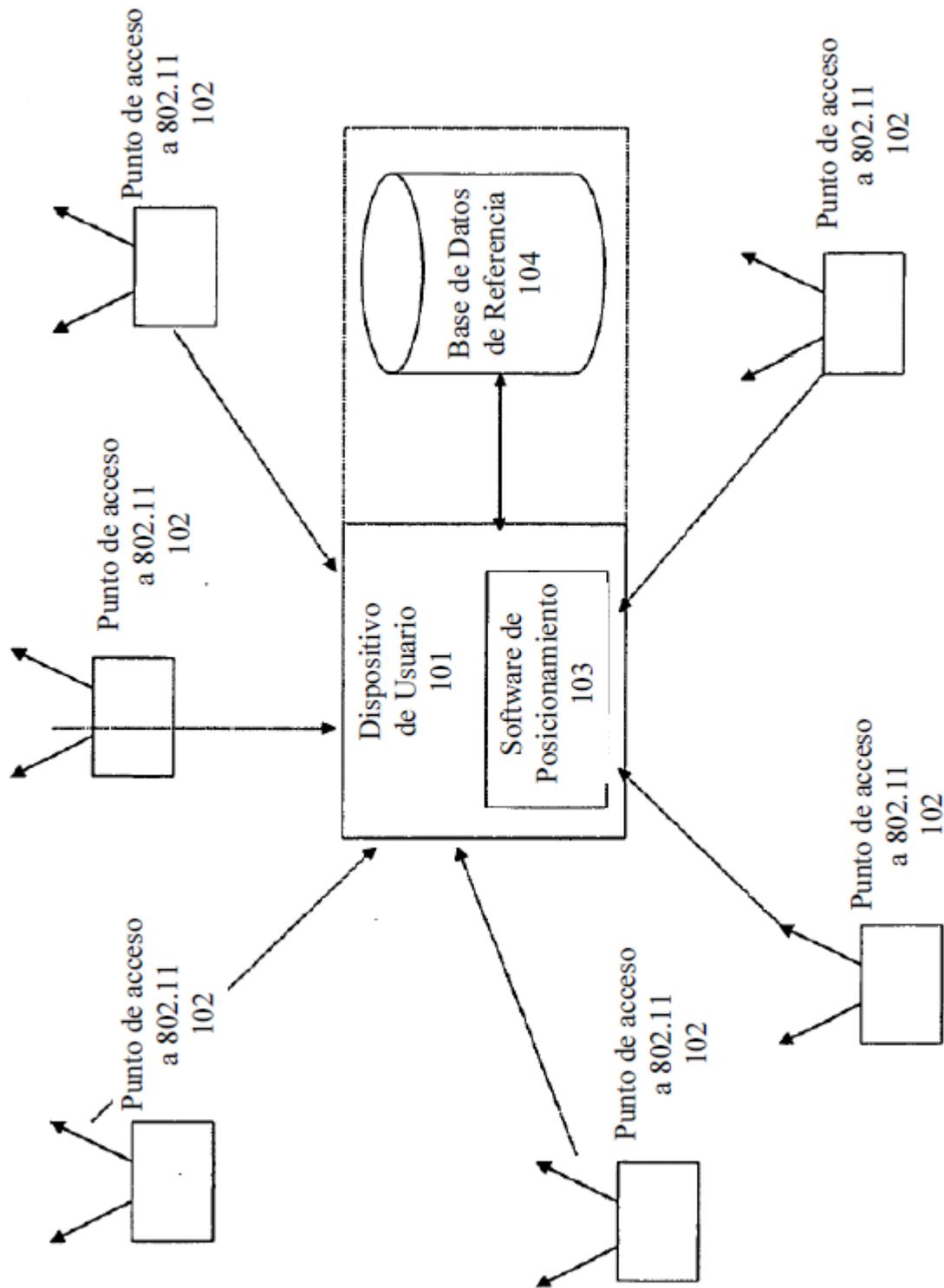


Figura 1

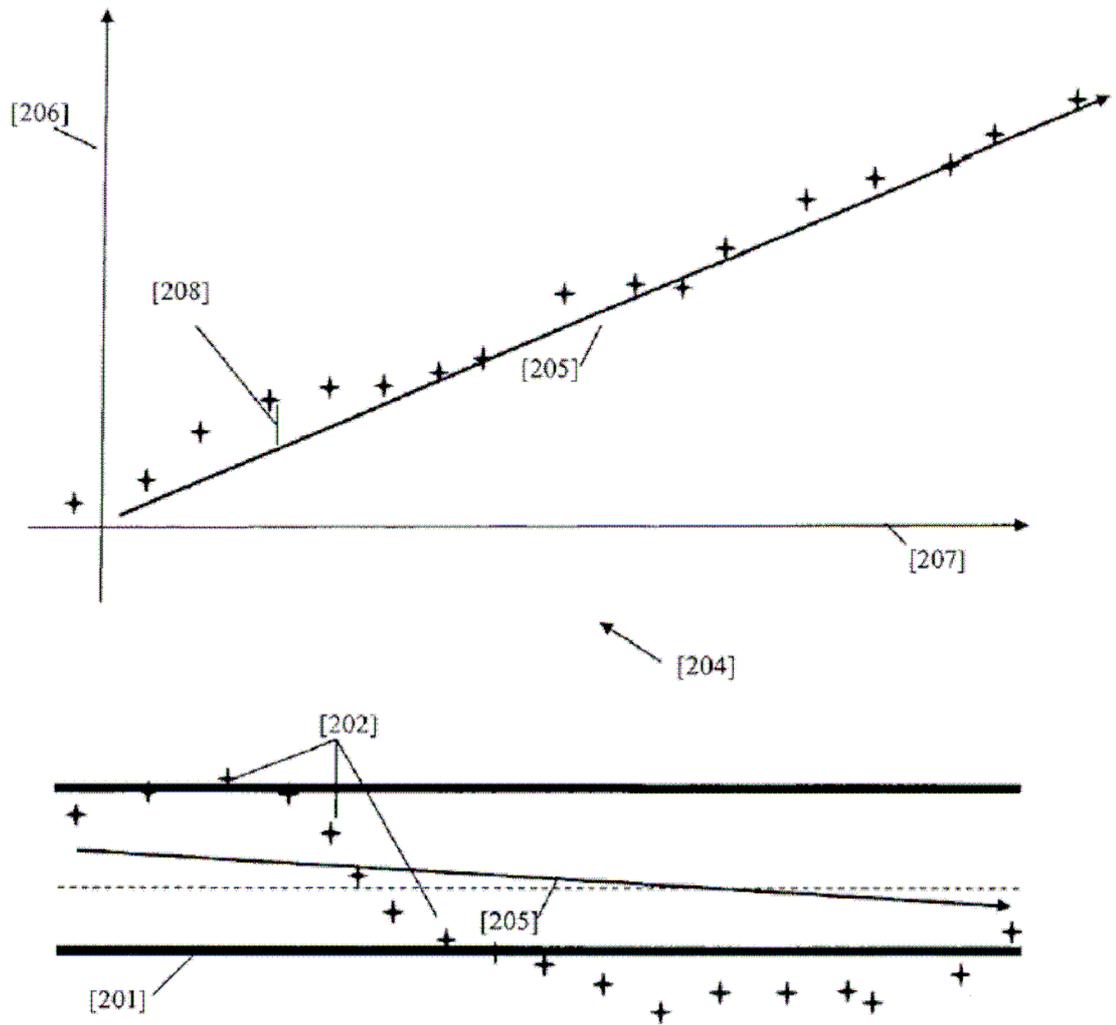


Figura 2

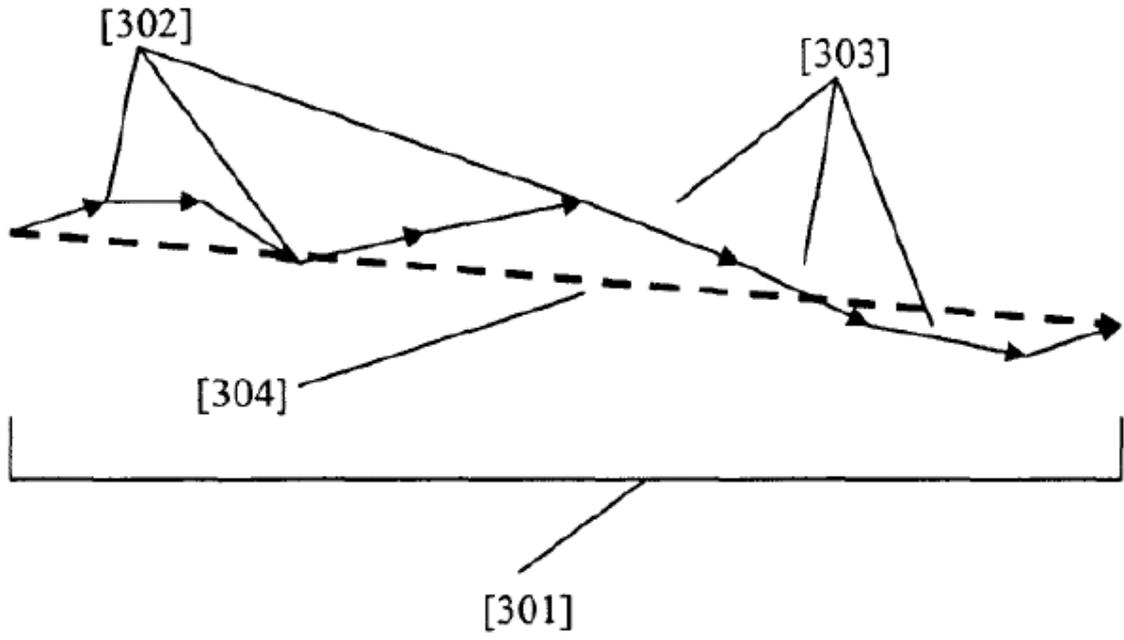


Figura 3

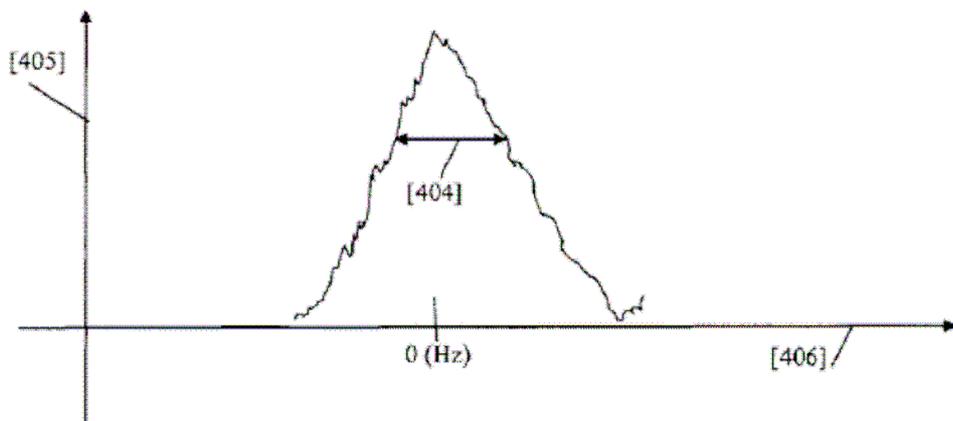
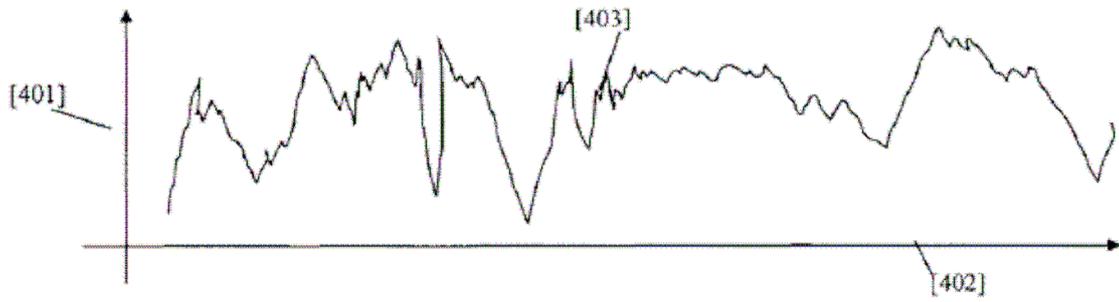


Figura 4

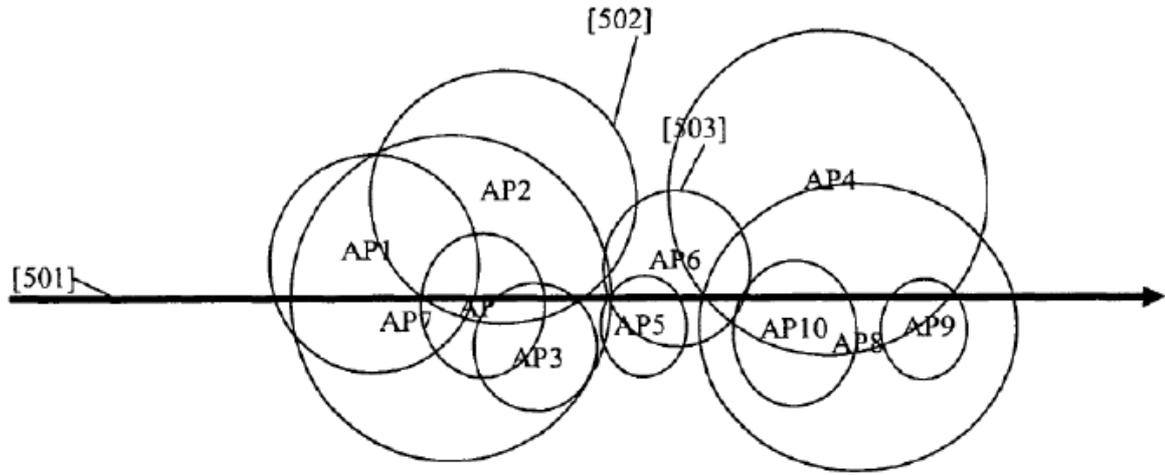


Figura 5

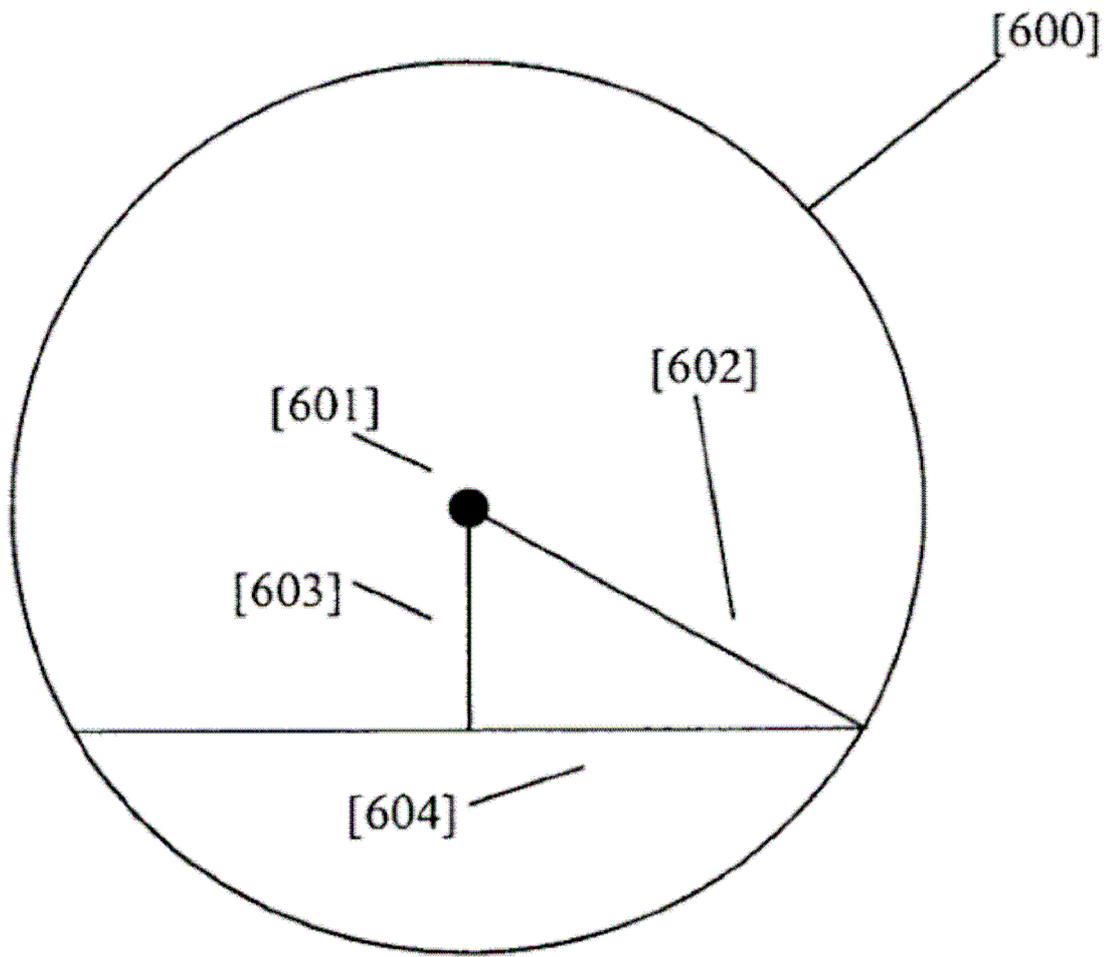


Figura 6

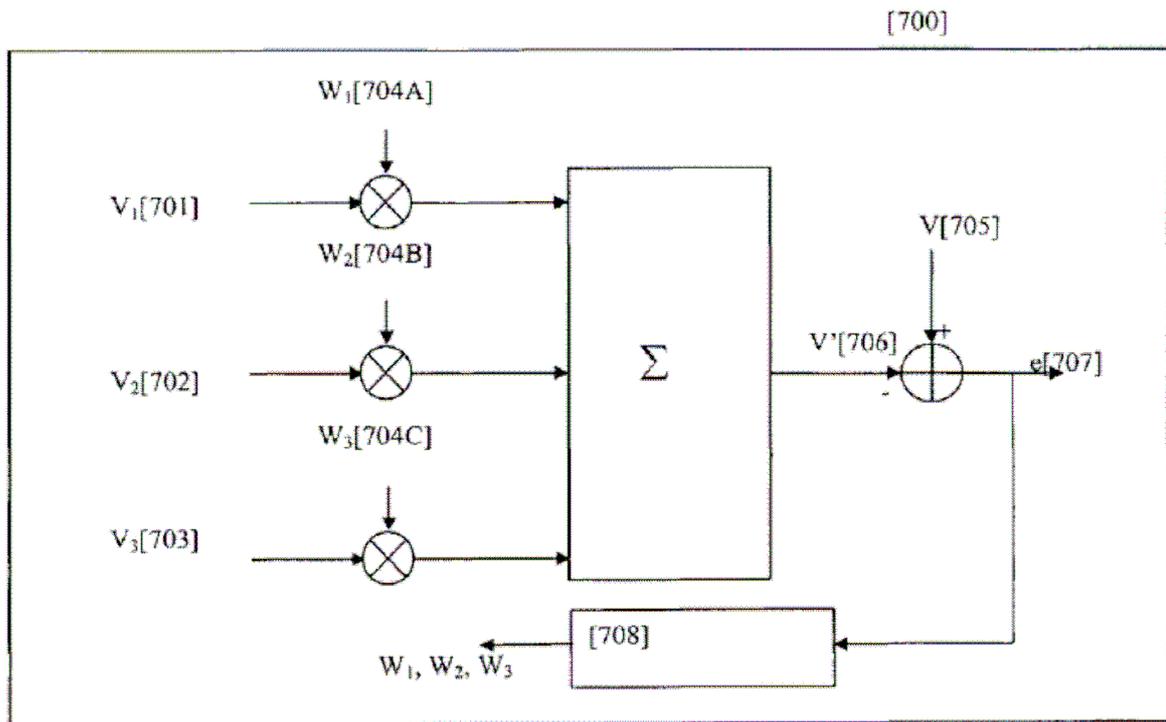


Figura 7

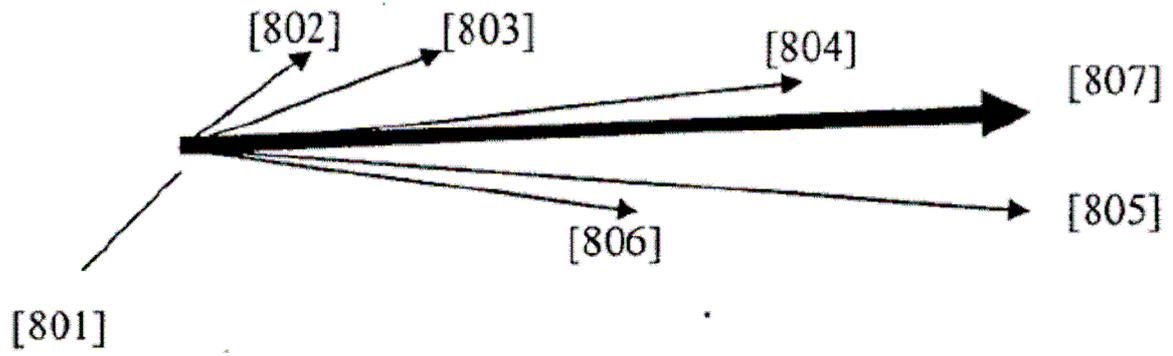


Figura 8