

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 723 795**

51 Int. Cl.:

H04W 4/02 (2008.01)

H04W 4/80 (2008.01)

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2013** **E 13189393 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019** **EP 2731363**

54 Título: **Un método y sistema para estimación de la distancia en línea recta precisa entre dos dispositivos de comunicación**

30 Prioridad:

12.11.2012 IN MU32732012

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

02.09.2019

73 Titular/es:

**TATA CONSULTANCY SERVICES LIMITED
(100.0%)
Nirmal Building, 9th Floor Nariman Point
Maharashtra
400021 Mumbay, IN**

72 Inventor/es:

**GHOSE, AVIK;
JHA, ABHINAV;
CHAKRAVARTY, TAPAS y
BHAUMIK, CHIRABRATA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 723 795 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

Un método y sistema para estimación de la distancia en línea recta precisa entre dos dispositivos de comunicación

Campo de la invención

5 La invención se relaciona generalmente con el campo de la comunicación inalámbrica. Más particularmente la invención se relaciona con el sistema y método para calcular la distancia en línea recta precisa entre dos o más de dichos dispositivos Bluetooth mediante la determinación de la proximidad de un primer dispositivo de comunicación portátil habilitado con Bluetooth con otros dispositivos de comunicación portátil habilitados con Bluetooth.

Antecedentes de la invención

10 Un dispositivo de comunicación portátil habilitado con Bluetooth, tal como teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, asistentes digitales personales (PDA), avisadores, reproductores MP3, teléfonos celulares, dispositivos de mensajería instantánea, reproductores de discos compactos (CD) portátiles, dispositivos de correo electrónico inalámbricos y dispositivos similares, son usados por un individuo en su vida diaria. Estos dispositivos tienen varias funcionalidades avanzadas como transferencia de medios digitales, uso de internet etc. habilitados por el uso de Bluetooth, infrarrojos y otras formas de comunicación. Una aplicación avanzada disponible estos días en los
15 dispositivos habilita la estimación de proximidad de dispositivos similares en el entorno alrededor. Además de la estimación de proximidad, el cálculo de la distancia de otros dispositivos similares también juega un rol vital en el pareado del dispositivo, para varios propósitos como comunicación, y transferencia de datos. Un equipo de técnicas anteriores describe varias formas de calcular la distancia del dispositivo habilitado con Bluetooth en la proximidad, cuando hay una distancia significativa de separación entre los dispositivos.

20 Un indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) da una medida directa de la distancia más corta entre el dispositivo transmisor y los dispositivos receptores, donde la intensidad de señal y la distancia son inversamente proporcionales, esto es cuanto más débil es la intensidad de señal recibida, mayor es la separación entre transmisor (Tx) y receptor (Rx). Además de la medida de la distancia, si se usan tres o más de tales estaciones de Tx/Rx, es posible calcular la ubicación exacta de un receptor particular (NODE) en un plano 2D.

25 Sin embargo, la presencia de obstáculos, muebles blandos, paredes, techos etc. interiores resultan en variaciones espaciales y temporales significativas de la señal de radio. Esta variación resulta en una estimación de la posición dudosa así como cálculo de distancia entre dos puntos o dispositivos. Cuando los dispositivos habilitados con Bluetooth están presentes en un entorno cerrado digamos entorno interior y la distancia de separación entre los dispositivos habilitados con Bluetooth es considerablemente pequeña, normalmente menos de 4 metros en un
30 entorno cerrado e en una habitación pequeña (o espacio de trabajo digamos de menos de 12 pies. En la aplicación completa la palabra pie será entendida como que significa 30,48 cm.), la incertidumbre en el cálculo de la distancia aumenta. Algunos de los modelos/técnicas existentes facilitan la estimación en el entorno interior como sigue: Una publicación titulada "Experiments on local positioning with Bluetooth" por Kotanen A. et al publicada el 28-30 de abril del 2003 en las actas de la conferencia del IEEE de Information Technology: Coding and Computing [Computers and
35 Communications], 2003 en NJ, EE.UU.

Una publicación titulada "Environmental-adaptive indoor radio path loss model for wireless sensor networks localization" por Rong-Biao Zang et al publicada el 24 de marzo del 2011 en AEU International Journal of Electronics and Communications, en Elsevier, Jena, Alemania.

40 Una publicación titulada "Mitigating propagation errors for indoor positioning in wireless sensor networks" por Ladha C. et al publicada el 1 de octubre del 2007 en las actas de la conferencia del IEEE de Mobile Adhoc and Sensor Systems, MASS 2007.

Una publicación titulada "Polarization diversity improves RSSI based location estimation for wireless sensor networks" por Chethan K. P. et al publicada el 14 de diciembre del 2009 en las actas de la conferencia del IEEE de Applied Electromagnetics (AEMC) en Piscataway, NJ, EE.UU.

45 Una publicación titulada "Properties of indoor received signal strength for WLAN location fingerprinting" por Kaemarungsi K. et al publicada el 22-26 de agosto del 2009 en las actas de la conferencia del IEEE de Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. Mobicuit OUS 2004 en la primera conferencia Internacional Anual en Boston, MA, USAM y Piscataway, NJ, EE.UU.

50 Una publicación titulada "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems" por HUI LIU et al publicado el 1 de noviembre del 2009 en las transacciones del IEEE en Systems, MAN, and Cybernetics: Part C: Applications and Reviews en el Centro de Servicio del IEEE, Piscataway, NJ, EE.UU.

Una solicitud de Patente de EE.UU. (US2005/136845) titulada "Method and apparatus for location determination using mini-beacons" de Fujitsu et al.

Los modelos existentes tratan esta variación espacial como una distribución aleatoria de Lognormal y basada en la fórmula de Friss estándar la relación entre la intensidad de señal recibida y la distancia estimada. Los modelos existentes trabajan con grandes errores potenciales en la predicción de distancias y mediciones reales en el entorno cerrado, dado que el énfasis está en alcanzar una precisión razonable en afirmación para espacios más grandes como almacenes, espacios de trabajo de tamaño grande etc. Las técnicas existentes no son capaces de predecir la distancia correctamente para ubicaciones interiores con un radio de precisión de menos de +/- 2 metros.

Para la estimación de proximidad centrada en personas funcionales, la necesidad de mejor precisión surge. La estimación de proximidad centrada en personas funcionales requiere identificar y conocer cuáles del conjunto dado de personas, donde cada persona es identificada de manera única mediante la ID del dispositivo Bluetooth incorporado en sus respectivos teléfonos móviles, están interactuando entre sí. La interacción de un conjunto dado de personas con dispositivos habilitados resulta en la siguiente situación:

1. Dos o más personas están posicionadas en lugares separados por digamos 1-2m;
2. Un conjunto pequeño de personas estará en movimiento relativo por un corto periodo de tiempo digamos acercándose entre ellas, seguido por un periodo donde están estacionarias con respecto a las demás con las que están interactuando de manera activa.

Además, los modelos de propagación presentes aceptan el hecho de que habrán más de 3-4 dB de diferencia en la predicción del RSSI en una distancia dada y las mediciones reales en un punto dado de tiempo. Esto es porque obtener precisión en posicionamiento interior todavía supone un reto significativo.

De la técnica anterior discutida anteriormente se observa que hay una necesidad en la técnica de desarrollar un sistema y método para mejor estimación de la distancia en línea recta entre dos personas que llevan dispositivos habilitados con Bluetooth. Además existe la necesidad de desarrollar un modelo de canal preciso para la estimación de la distancia que es preciso para distancias cortas mientras que conserva los requisitos funcionales.

Compendio de la invención

Antes de la habilitación de los presentes métodos, sistemas, y hardware sea descrita, se ha de entender que esta invención no está limitada a los sistemas particulares, y metodologías descritas, ya que pueden haber múltiples realizaciones posibles de la presente invención que no están expresamente ilustradas en la presente descripción. También tiene que entenderse que la terminología usada en la descripción es con el propósito de describir solo las versiones o realizaciones particulares, y no pretende limitar el alcance de la presente invención. La presente invención está definida por el método de la reivindicación 1 y el sistema de la reivindicación 10.

La presente invención proporciona un método y sistema para estimar la proximidad entre dispositivos de comunicación portátiles habilitados con Bluetooth y que además utilizan esta información de proximidad para derivar la distancia en línea recta precisa entre dichos dispositivos.

En una realización de la invención un método es proporcionado para capturar valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) desde al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo por el dispositivo 202 de comunicación de referencia; calcular los valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos mediante la utilización de los valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) y derivar distancias en líneas rectas entre el dispositivo 202 de comunicación de referencia y el dispositivo 204 de comunicación objetivo mediante la utilización de valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos.

En una realización de la invención un sistema es proporcionado para al menos un dispositivo 202 de comunicación de referencia y al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo, donde el dispositivo 202 de comunicación de referencia además comprende un módulo 208 de captura del indicador de la intensidad de señal recibida (RSSI); al menos un servidor 206 de sistema, además comprende un módulo 210 de cálculo de valores constantes y un módulo 212 de derivación de distancias en línea recta.

Breve descripción de los dibujos

El compendio anterior, así como la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas, se comprende mejor cuando se lee junto con los dibujos anexos. Con el propósito de ilustrar la invención, se muestran en los dibujos construcciones ejemplares de la invención; sin embargo, la invención no está limitada a los métodos y aparatos específicos descritos en los dibujos:

La Figura 1 muestra un diagrama 100 de flujo para derivar estimaciones de distancias en línea recta precisas.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques que ilustra la arquitectura 200 del sistema para derivar estimaciones de distancias en línea recta precisas.

La Figura 3 muestra un diagrama 102 de flujo para capturar valores de RSSI en varias distancias.

La Figura 4 muestra una gráfica de RSSI versus distancia mediante el uso de cruces por cero.

La Figura 5 muestra un diagrama 104 de flujo para calcular los valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos.

5 La Figura 6 muestra un diagrama 106 de flujo para derivar distancias en línea recta precisas y crear grupos de puntos de solución.

La Figura 7 muestra orientaciones relacionadas con teléfonos usadas para recopilación de datos.

La Figura 8 muestra una gráfica de RSSI medida versus distancia para varias orientaciones de teléfonos.

La Figura 9 muestra una gráfica de comparación de RSSI medidas con los modelos.

10 La Figura 10 muestra una gráfica de distancias estimadas calculadas a partir de RSSI medidas de la realización ejemplar.

Descripción detallada de la invención

Algunas realizaciones de esta invención, que ilustran sus características, serán discutidas ahora:

15 Las palabras “que comprende”, “que tiene”, “que contiene”, y “que incluye”, y otras formas de las mismas, pretenden ser equivalentes en significado y ser abiertas en que un elemento o elementos que siguen a cualquiera de estas palabras no pretende ser un listado exhaustivo de tales elementos, o pretende estar limitado a solo el o los elementos listados.

20 También debería observarse que como se usa en este documento, las formas singulares “un”, “uno”, y “el” incluyen referencias plurales a menos que el contexto claramente dicte lo contrario. Aunque cualquier sistema, método, aparato, y dispositivo similar o equivalente a los descritos en este documento pueden ser usados en la práctica o prueba de realización de la presente invención, las partes y sistemas preferidas son descritas ahora. Las realizaciones descritas son meros ejemplos de la invención, que puede ser realizada de varias formas.

Las realizaciones descritas son meros ejemplos de la invención, que puede ser realizada de varias formas.

25 El término “dispositivo habilitado” se refiere a un dispositivo de comunicación portátil que tiene Bluetooth y/o cualquier dispositivo que tiene Bluetooth y es usado de manera intercambiable. El dispositivo que tiene Bluetooth es descubrible e identificable por otros dispositivos habilitados.

30 La presente aplicación proporciona un método para estimar la proximidad entre al menos un dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil habilitado con Bluetooth y al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil habilitado con Bluetooth para derivar distancias en línea recta entre el dispositivo 202 de comunicación de referencia y el dispositivo 204 de comunicación objetivo, dicho método comprende los pasos implementados procesados de:

a. capturar valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) a partir de al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo mediante el dispositivo 202 de comunicación de referencia mediante el uso de un módulo 208 de captura del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI);

35 b. calcular valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos mediante la utilización de los valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) mediante el uso del módulo 210 de cálculo de valores constantes; y

c. derivar distancias en línea recta precisas entre el dispositivo 202 de comunicación de referencia y el dispositivo 204 de comunicación objetivo mediante el uso de valores constantes calculados de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos que usan un módulo 212 de derivación de distancias en línea recta.

40 La presente invención proporciona un sistema para estimar la proximidad entre al menos un dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil habilitado con Bluetooth y al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil habilitado con Bluetooth para derivar la distancia en línea recta precisa entre el dispositivo 202 de comunicación de referencia y el dispositivo 204 de comunicación objetivo, dicho sistema comprende:

45 a. al menos un dispositivo 202 de comunicación de referencia y al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo, donde el dispositivo 202 de comunicación de referencia además comprende un módulo 208 de captura de indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) adaptado para capturar valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) de al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo;

50 b. al menos un servidor 206 de sistema, que además comprende un módulo 210 de cálculo de valores constantes adaptado para calcular valores constantes de las propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos mediante el uso de valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) capturados; y un módulo 212 de

derivación de distancias en línea recta adaptado para derivar la distancia en línea recta precisa entre el dispositivo 202 de comunicación de referencia y el dispositivo 204 de comunicación objetivo.

La Figura 1 se refiere a un diagrama 100 de flujo para derivar estimaciones de distancias en línea recta precisas.

5 El proceso comienza en el paso 102, donde al menos un dispositivo (202) de comunicación de referencia captura un indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) de al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo. En el paso 104, los valores constantes de las propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos son calculados mediante el uso de valores del indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI). El proceso termina en el paso 106, una distancia en línea recta precisa entre el dispositivo 202 de comunicación de referencia y el dispositivo 204 de comunicación objetivo es derivada mediante el uso de valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos.

10 En referencia a la Figura 2 hay un diagrama de bloques que ilustra la arquitectura del sistema para 200 derivar la estimación de la distancia en línea recta.

15 La arquitectura 200 de estimación de distancias en línea recta precisas comprende un dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil; un dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil; un servidor 206 de sistema; un módulo 208 de captura; un módulo 210 de cálculo de valores constantes y un módulo 212 de derivación de distancias en línea recta.

20 Según una realización ejemplar de la presente invención un dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil es adaptado para capturar valores del indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI) desde al menos un dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil. Además en una realización de la presente invención un módulo 208 de captura es adaptado para almacenar los valores de RSSI capturados desde dicho dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil.

25 En una realización ejemplar, el dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil y el dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil pueden ser seleccionados del grupo de dispositivos habilitados con Bluetooth que incluye teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, ordenadores de mano, asistencia de datos personal (PDA), faxes, teléfonos móviles, teléfonos, ordenadores portátiles, ordenadores personales, impresoras, receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), cámaras digitales, y consolas de videojuegos y similares.

En una realización ejemplar, el dispositivo 202 de comunicación de referencia puede actuar como un punto de referencia que puede ser estacionario para la operación de captura de los valores de RSSI y el dispositivo 204 de comunicación objetivo puede actuar como el punto objetivo que puede ser bien móvil o estacionario.

30 En otra realización ejemplar, tanto el dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil como el dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil son móviles.

El dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil y el dispositivo 204 de comunicación objetivo portátil son identificados de manera única por el ID del dispositivo Bluetooth incorporado en ellos. La identificación única de dispositivos se traduce a identificación única de personas individuales.

35 Una aplicación incrustada en el dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil captura y graba los valores de RSSI, y además almacena valores de RSSI capturados y grabados en el módulo 208 de captura. El módulo 208 de captura almacena los valores de RSSI observados para distancias en orden ascendente empezando desde 1 pie hasta 10 pies, para el dispositivo 204 de comunicación objetivo desde el dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil.

40 Además el servidor 206 de sistema es adaptado para calcular la distancia precisa entre dos personas identificadas de manera única mediante su iD de MAC respectiva del módulo de Bluetooth. El servidor 206 de sistema también es configurado para recibir los valores de RSSI transmitidos por el dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil. El servidor 206 de sistema además comprende un módulo 210 de cálculo de valores constantes y un módulo 212 de derivación de distancias en línea recta.

45 El módulo 210 de cálculo de valores constantes adaptado para calcular valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos mediante el uso de los valores del indicador de intensidad de señal recibida (RSSI). El módulo 210 de cálculo de valores constantes realiza los cálculos en base a la ecuación matemática mencionada a continuación para calcular las constantes:

$$L_d = L_0 + (c_1 (|\sin(2\pi d / \Omega + \theta)|^2 + c_2) \log(d))$$

50 Donde,

L_d = el RSSI a la distancia de "d" pies.

L_0 = el RSSI a un pie,

Ω = longitud de onda espacial del canal (determinada de manera aproximada a partir de un conjunto limitado de mediciones)

c_1 y c_2 = constantes que son propiedades del entorno en el cual se toma la lectura.

θ = un error de fase debido a multicamino que va desde 0 a $\pi/2$.

5 Los valores de RSSI son considerados en orden ascendente de la distancia desde el dispositivo 202 de comunicación de referencia portátil, seguido por varias distancias conocidas hasta 10 pies.

Los valores de RSSI recogidos en el servidor 206 de sistema son utilizados en la ecuación mencionada anteriormente para obtener los valores de c_1 y c_2 mediante el uso de técnicas de ajuste de curvas. El valor de RSSI en 1 ft es necesario para estimaciones posteriores. El valor de 1 ft da los valores constantes usados en el cálculo para encontrar distancias reales. El valor a 1 ft difiere para diferentes entornos de comunicación como espacios de oficina o centros comerciales.

El módulo 212 de derivación de distancias en línea recta es adaptado para derivar la distancia precisa real entre los dos dispositivos portátiles separados por una distancia pequeña de 1 m a 10 m.

15 El módulo 212 de derivación de distancias en línea recta almacena los valores de distancias derivados a partir de varios modelos bien conocidos para propagación de onda Interior para bandas de ISM y un modelo usado en la presente invención es el Modelo Estadístico. El Modelo Estadístico calcula sin pérdida de potencia como una función de un entorno dado como sigue:

$$L = L_0 + 10n \log(d) \quad (\text{en dB}) \quad (1)$$

20 Donde L_0 es el RSSI medido a 1 metro y usado para calibración, L es el RSSI predicho a la distancia de "d" metros. Para un entorno dado la constante es referida como "n". Para el espacio libre, $n = 2$ y para entornos interiores, n es experimentalmente determinado como >2 , normalmente $n = 4$. La ecuación (1) implica que el RSSI sigue una función de decaimiento de potencia y que la distancia relativa entre el transmisor y el receptor puede ser determinada de manera única si el RSSI es medido. Sin embargo, la curva de RSSI real es diferente debido a los efectos del multicamino y por lo tanto la distancia no puede ser calculada de manera única a partir del RSSI. Las mediciones muestran que 2 o más distancias pueden tener valor de RSSI idéntico como medido.

25 El modelo según la ecuación (1) es además modificado según la consideración de Rappaport para tener en cuenta los efectos de multicamino como distribución X_σ aleatoria de lognormal y el modelo modificado es:

$$L = L_0 + 10n \log(d) + X_\sigma \quad (2)$$

30 Según otra realización ejemplar, además del método de medición estándar, las mediciones mediante el trato del ángulo relativo de orientación entre los dos módulos de Bluetooth esto es Tx y Rx como un parámetro importante de interés puede ser extendida. El parámetro fundamental de interés puede ser la distancia relativa.

En base a un gran conjunto de mediciones, un modelo estadístico que representa de manera precisa el canal en un entorno dado es dado a continuación.

La ecuación modificada

$$35 \quad L = L_0 + x \log(d) \quad (3)$$

Donde x se define como sigue:

$$x = c_1 (|\sin(2\pi d / \Omega + \theta)|)^2 + c_2 \quad (4)$$

Donde,

L_0 = RSSI a distancia unidad (1 metro o 1 pie)

40 c_1 y c_2 = constantes que son propiedades de un entorno dado y las unidades de medición de distancia.

Ω = longitud de onda espacial del canal (determinada de manera aproximada a partir de un conjunto limitado de mediciones)

θ = medida arbitraria de efectos de fase de multicamino, abastecida principalmente para el valor de orientación relativo que va desde 0 a $\pi/2$.

ES 2 723 795 T3

Poner el valor de "x" de la ecuación (4) en la ecuación (3) y ajustar los valores de "c₁" y "c₂" para una ubicación dada, un ajuste razonablemente bueno de la función de RSSI con efectos multicamino interior par distancias hasta ~ 12-14 pies.

- 5 En una realización ejemplar, a través de las propuestas dadas por las ecuaciones 3 y 4, un nuevo paradigma de modelaje es introducido. Las teorías existentes son mostradas en las ecuaciones 1 y 2 que tratan las variaciones de distancia dadas por "d" en las ecuaciones (4) directamente con pérdida de camino dada por "L"; con los otros parámetros siendo valores constantes basados en datos medidos, la pérdida de camino como una senoide atenuada. Así las variaciones espaciales no son tratadas como valores aleatorios, así mejora la probabilidad de estimación precisa.
- 10 En una realización ejemplar, las tablas de mediciones a continuación muestran que mientras el modelo tiene un sentido de previsibilidad en distancias cortas, las desviaciones aumentan para distancias más grandes en exceso de 4 metros, donde la aleatoriedad es más prevalente, como es evidente de. Sin embargo, para distancias más cortas el modelo propuesto se ve suficientemente preciso para permitirnos predecir proximidad entre dos personas que llevan teléfonos móviles con Bluetooth con un potencial para una precisión mucho mejor que la existente.

15

Tabla 1

RSSI 2 pies	Distancia calculada	PROMEDIO	Error de Porcentaje
-52	2,176629932	1,732131	13,39342979
-51	1,947734041		
-46	1,117519069		
-50	1,742908999		
-50	1,742908999		
-48	1,395612425		
-51	1,947734041		
-51	1,947734041		
-50	1,742908999		
-49	1,559623498		

Tabla 2

RSSI 4 pies	Distancia calculada	PROMEDIO	Error de Porcentaje
-53	4,953032424	4,042639	1,065984406
-51	3,320116923		
-51	3,320116923		
-52	4,055199967		
-51	3,320116923		
-51	3,320116923		
-54	6,049647464		
-51	3,320116923		
-54	6,049647464		
-50	1828		

Tabla 3

RSSI 6 pies	Distancia calculada	PROMEDIO	Error de Porcentaje
-59	7,389056099	5,180466	13,65890471
-54	3,617250785		
-56	4,813519741		

RSSI 6 pies	Distancia calculada	PROMEDIO	Error de Porcentaje
-56	4,813519741		
-53	3,135714764		
-53	3,135714764		
-58	6,405409432		
-57	5,552707876		
-57	5,552707876		
-59	7,389056099		

Tabla 4

RSSI 8 pies	Distancia calculada	PROMEDIO	Error de Porcentaje
-56	8,292774682	9,240038	15,50047774
-57	10,05120279		
-56	8,292774682		
-57	10,05120279		
-58	12,18249396		
-57	10,05120279		
-57	10,05120279		
-56	8,292774682		
-56	8,292774682		
-55	6,841978356		

La Figura 3 muestra un diagrama 102 de flujo para capturar valores de RSSI en varias distancias.

El proceso comienza en el paso 302, donde los valores de RSSI son capturados con las distancias correspondientes desde los dispositivos 204 de comunicación portátil objetivos. En el paso 304, los datos capturados en el paso 302, son transmitidos al servidor 206 de sistema. En el paso 306, la ubicación en la cual los datos son capturados es verificada. Si los datos se han tomado ya en la ubicación particular el flujo va al paso 308. Este paso es importante pues verifica que los datos de RSSI son tomados en cada distancia de ubicación requerida. En el paso 308, en el cual el dispositivo objetivo es movido 2 pies alejado de la ubicación actual para capturar avalores de RSSI en esta ubicación. Además, la lectura puede ser tomada para distancias de 10 ft. El proceso termina en el paso 310, en el cual el mismo proceso es seguido hasta que la distancia de los dispositivos objetivo del dispositivo de referencia es de 12 pies. De lo contrario el paso 306 se repite mientras que la condición del paso 310 no se alcance.

En una realización ejemplar de la presente invención, los datos enviados desde el dispositivo 202 de comunicación de referencia al servidor 206 de sistema puede ser una tupla consistente en el valor de RSSI, la distancia real y la ubicación virtual (id de habitación) y similares. El servidor 206 de sistema lee los datos y calcula si tiene suficientes lecturas para esa distancia. Si hay suficientes lecturas, la interfaz del programa de aplicación (API) puede devolver "TERMINADO" o "CONTINUA". Tan pronto como la aplicación obtiene una respuesta como "TERMINADO" puede notificar al usuario moverse otros 1-2 pies más lejos.

La Figura 4 muestra una gráfica de RSSI versus la distancia usando cruces por cero.

En una realización ejemplar de la presente invención, la curva llega mediante el uso de la ecuación $L_d = L_0 + (c_1(|\sin(2\pi d/\Omega + \theta)|^2 + c_2) \log(d))$ es de la forma $\text{sin}d * \text{log}d$ donde "d" es la distancia. La solución directa a tal curva puede ser altamente compleja y por lo tanto existe la necesidad de una solución indirecta mediante el uso de "cruces por cero". Reformulando la ecuación anterior,

$$L_d - L_0 = (c_1 (|\sin(2\pi d / \Omega + \theta)|^2 + c_2) \log(d))$$

En una realización ejemplar de la presente invención, a partir de la ecuación reformulada anterior que, todos los términos de RSSI están en el Lado Izquierdo (LHS), en adelante referido como LHS, y el Lado Derecho (RHS), en adelante referido como RHS, consiste en términos dependientes de la distancia y relativos a la orientación.

5 En una realización ejemplar de la presente invención, la orientación en la fase de determinación puede ser desconocida para nuestra fase inicial, así fija $\theta = \pi/4$ dado que puede variar entre 0 y $\pi/2$, el valor promedio y conoce el hecho de que siempre habrá un error correspondiente a un máximo de $\pi/4$ de diferencia de fase. Dada la contribución de fase es +/- 3 dB es claro que el error puede solo causar una desviación de ~0,5 pies, que es aceptable. Así puede existir la posibilidad de corregir la orientación mediante el uso de lecturas de un acelerómetro y giroscopio del teléfono inteligente asumiendo que ambas personas tienen un teléfono inteligente, para minimizar este error. Si uno de los participantes tiene un teléfono con funciones que no tiene los sensores requeridos, entonces un error de ~0,5 pies es estimación de distancia puede ser considerado.

10 En una realización ejemplar de la presente invención, como la ecuación reformulada si la LHS y la RSH es calculada poniendo "d" desde 1 pie a 12 pies con un paso de 0,1 se traza para obtener una curva que tendrá varios puntos solapados entre LHS y RHS cada uno apuntando a una solución posible para ese valor de RSSI, como se muestra en la Figura 4, donde todos los puntos marcados con estrella son posibles soluciones.

15 En una realización ejemplar de la presente invención, si hay más mediciones de RSSI entonces los cruces por cero son calculados otra vez, para obtener otro conjunto de mediciones de distancia. Después de un conjunto de tales mediciones se asume que el mayor número de soluciones estará alrededor de la distancia real. Así las mediciones de distancia son divididas en grupos y entonces el centroide del grupo más populoso es encontrado, que dará la distancia real.

La Figura 5 muestra un diagrama 104 de flujo para calcular los valores constantes de propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos.

20 El proceso comienza en el paso 502, donde los valores de RSSI capturados de las distancias respectivas almacenadas en el servidor 206 de sistema son recuperadas y usadas en el paso 504. En el paso 504, los valores constantes de las propiedades del entorno de comunicación de los dispositivos son calculados. El proceso termina en el paso 506, donde los valores constantes son almacenados en el servidor 206 de sistema.

25 En una realización ejemplar de la presente invención, el módulo (210) de cálculo de valores constantes usa la fórmula mencionada a continuación para el cálculo de los valores constantes:

$$L_d = L_0 + (c_1 (|\sin(2\pi d / \Omega + \theta)|^2 + c_2) \log(d))$$

Donde,

L_d = el RSSI a la distancia de "d" pies.

L_0 = el RSSI a un pie,

30 Ω = longitud de onda espacial del canal (determinada de manera aproximada a partir de un conjunto limitado de mediciones)

c_1 y c_2 = constantes que son propiedades del entorno en el cual se toman las lecturas.

θ = un error de fase debido al multicamino que va desde 0 a $\pi/2$.

35 La Figura 6 muestra un diagrama 106 de flujo para derivar distancias en línea recta precisas y crear grupos de puntos de solución.

40 El proceso comienza en el paso 602, donde los valores de RSSI almacenados de las distancias respectivas almacenadas en el servidor 206 de sistema y la ubicación del dispositivo de comunicación de referencia son recuperados. En el paso 604, los valores constantes almacenados en el servidor 210 de sistema son recuperados. En el paso 606, la distancia en línea recta precisa es calculada en base al paso 602 y el paso 604 y el punto de cruce por cero es determinado. En el paso 608, los puntos de datos son almacenados localmente. En el paso 610, la condición del umbral predefinido es verificada. Si el umbral predefinido es menos que el número de soluciones o puntos de datos almacenados entonces el flujo es dado al siguiente paso 612. En el paso 612, el grupo de puntos de soluciones es creado y el centroide del grupo más popular es encontrado. En este paso para cada valor de RSSI una distancia es calculada mediante el uso del método de agrupación. El proceso termina en el paso 614, donde el resultado del paso 612 junto con la información del centroide son almacenados en el servidor de sistema.

45 En una realización ejemplar de la presente invención, lecturas de RSSI son enviadas desde el dispositivo 202 de comunicación de referencia al servidor 206 de sistema y para cada valor una distancia es calculada mediante el uso del método de agrupación. Una distancia estimada final es calculada y almacenada en el servidor 206 de sistema. No hay intervención manual para cada valor de RSSI recibido, el servidor 206 de sistema busca todos los valores de RSSI para el dispositivo de referencia en una ventana de tiempo previa de ~1 min y entonces realiza el cálculo cuando un número de umbral de distancias estimadas son agrupadas. El proceso es mostrado en la Figura 6.

La Figura 7 muestra orientaciones relativas a teléfonos usados para recolección de datos.

En una realización ejemplar de la presente invención, la Figura 7 muestra las orientaciones relativas de los dos teléfonos habilitados con Bluetooth mientras miden el RSSI a una distancia particular. A través de mediciones extensivas y ajustes empíricos, el efecto de la orientación relativa como un parámetro de modelo es incluido.

La Figura 8 muestra una gráfica de RSSI medido versus distancia para varias orientaciones de teléfonos.

- 5 En una realización ejemplar de la presente invención, la Figura 8 muestra mediciones de RSSI sobre la distancia en pies llevada a cabo mediante la variación de las orientaciones relativas entre dos teléfonos en rápida sucesión. También está trazada la curva de ajuste de RSSI mediante un enfoque clásico. Claramente la curva de ajuste no modela los valores de RSSI calculados muy correctamente. Ciertamente, no tiene en cuenta las orientaciones relativas. El efecto de la orientación relativa no es aleatorio; por lo tanto puede ser modelado de manera precisa.
- 10 También una naturaleza sinusoidal de la función RSSI es también considerada.

La Figura 9 muestra una gráfica de comparación de RSSI medida con los modelos.

En una realización ejemplar de la presente invención, la Figura 9 muestra la comparación del modelo de canal propuesto con unos datos medidos para RSSI. También comparados es el método clásico. La propuesta ofrece un ajuste definitivo para la variación espacial vista normalmente en entornos cerrados.

- 15 En una realización ejemplar de la presente invención, las mediciones muestran que mientras el modelo tiene un sentido de previsibilidad en las distancias cortas, como se muestra en la Figura 7, las desviaciones aumentan para distancias más grandes en exceso de 4 metros (normalmente), donde la aleatoriedad es más prevalente, como es evidente de la Figura 8. Sin embargo, para distancias más cortas el modelo propuesto se ve suficientemente preciso para permitirnos predecir proximidad (entre dos personas que llevan teléfonos móviles con Bluetooth) con un
- 20 potencial para una precisión mucho mejor que la trazada antes en la Figura 9.

La Figura 10 muestra una gráfica de distancia calculada estimada de RSSI medidos de la realización ejemplar.

- En una realización ejemplar de la presente invención, la Figura 10 muestra los resultados de experimentos de estimación de distancia llevados a cabo mediante el uso del modelo de canal propuesto. El eje X contiene la distancia real en la cual las lecturas de RSSI fueron tomadas y el eje Y muestra la distancia calculada mediante el
- 25 uso de $L = L_0 + \alpha \log(d)$, después de que el modelo fue entrenado con verdad de tierra para calibrar c_1 , c_2 y θ . La línea roja muestra el valor promedio para la distancia calculada y el cuadrado gris es el margen de error. Aquí, para cada distancia una serie de mediciones de RSSI son tomadas; estima la distancia a partir de cada valor medido de RSSI mediante el uso de la ecuación $L = L_0 + 10n \log(d) + X_\sigma$ y la ecuación $L = L_0 + \alpha \log(d)$, calcula el promedio de las mediciones.

30

REIVINDICACIONES

1. Un método para estimar la proximidad entre un dispositivo (202) de comunicación de referencia y un dispositivo (204) de comunicación objetivo para derivar distancias en línea recta precisas entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo, donde el método se caracteriza en
 5 estimar la proximidad basado en el ángulo relativo de orientación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo de este modo facilitando el análisis de los efectos de la fase de multicamino durante la estimación, el método comprende:

representar un canal asociado con el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo en forma de un modelo estadístico, donde el canal es representado en un entorno dado, y
 10 donde el modelo estadístico está basado en una ecuación,

$$L_d = L_0 + (c_1 (|\sin(2\pi d / \Omega + \theta)|^2 + c_2) \log(d))$$

donde, L_d es indicativo del indicador del valor de intensidad de señal recibida, RSSI, en una distancia "d", donde L_0 es indicativo del valor de RSSI a una distancia unidad, donde c_1 y c_2 son constantes que indican propiedades del entorno dado y las unidades de medición de distancia, donde Ω es indicativo de la longitud espacial del canal, y
 15 donde θ es una medida de los efectos de fase de multicamino que indica el ángulo relativo de orientación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo;

calcular los valores de las constantes, c_1 y c_2 , mediante el uso de la ecuación, donde los valores de las constantes, c_1 y c_2 , son calculados por un módulo (210) de cálculo de valores constantes, y donde los valores de las constantes (c_1 y c_2) son calculados correspondientes a los valores de RSSI capturados para distancias conocidas;

20 capturar un valor del indicador de intensidad de señal recibida, RSSI, del dispositivo (204) de comunicación objetivo mediante el dispositivo (202) de comunicación de referencia mediante el uso de un módulo (208) de captura del RSSI; y

25 derivar una distancia en línea recta precisa entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo mediante el uso de un módulo (212) de derivación de distancias en línea recta, donde la distancia es derivada mediante, sustituyendo en la ecuación, los valores de las constantes, c_1 y c_2 , calculadas, el valor del indicador de intensidad de señal recibida, RSSI, el valor de RSSI a una distancia unidad, la longitud de onda espacial del canal y el ángulo relativo de orientación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo.

2. El método de la reivindicación 1, donde el dispositivo (202) de comunicación de referencia reconoce el dispositivo (204) de comunicación objetivo mediante el uso de al menos uno entre un nombre de Bluetooth y una identificación MAC del dispositivo (204) de comunicación objetivo para capturar el al menos un valor del RSSI.

3. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo están separados por una distancia de entre 60,96 cm y 3,048 m.

35 4. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo se comunican en una banda de frecuencia de 2,4 GHz a 2,48 GHz.

40 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el al menos un valor del RSSI es la medición de una intensidad de señal de la comunicación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo.

6. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el RSSI que tiene un valor menor o igual a menos 60dBm o mayor o igual a menos 44dBm no está considerado para derivar la distancia en línea recta precisa entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo.

45 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde las propiedades del entorno de comunicación del dispositivo (202) de comunicación de referencia y el al menos un dispositivo (204) de comunicación objetivo, incluye al menos un espacio de oficina, pasillo, y laboratorios de tamaño pequeño.

8. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el al menos un valor de RSSI capturado desde el al menos un dispositivo (204) de comunicación objetivo es leído para 30,48 cm y seguido por una distancia predefinida de hasta 3,048 m mediante el dispositivo (202) de comunicación de referencia.

50 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el al menos un dispositivo (204) de comunicación objetivo incluyen al menos uno entre teléfonos móviles, tabletas, ultra libros, teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, ordenadores de mano, asistencia de

datos personal (PDA), faxes, teléfonos móviles, teléfonos, ordenadores portátiles, ordenadores personales, impresoras, receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), cámaras digitales, y consolas de videojuegos.

5 10. Un sistema para estimar la proximidad entre un dispositivo (202) de comunicación de referencia y un dispositivo (204) de comunicación objetivo para derivar distancias en línea recta precisas entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo, donde el sistema se caracteriza en estimar la proximidad basado en el ángulo relativo de orientación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo de este modo facilitando el análisis de los efectos de la fase de multicamino durante la estimación, el sistema comprende:

10 a. un dispositivo (202) de comunicación de referencia y un dispositivo (204) de comunicación objetivo, donde el dispositivo (202) de comunicación de referencia comprende un módulo (208) de captura de indicador de intensidad de señal recibida, RSSI, adaptado para capturar al menos un valor de RSSI del dispositivo (204) de comunicación objetivo; y

b. un servidor (206) de sistema que comprende un módulo (210) de cálculo de valores constantes y un módulo (212) de derivación de distancias en línea recta,

15 donde el módulo (210) de cálculo de valores constantes está adaptado para calcular valores de constantes, c_1 y c_2 , que indican las propiedades de un entorno dado del dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo mediante el uso de la ecuación

$$L_d = L_0 + (c_1 (|\sin(2\pi d / \Omega + \theta)|^2 + c_2) \log(d))$$

20 donde L_d es indicativo del indicador del valor de intensidad de señal recibida, RSSI, en una distancia d , donde L_0 es indicativo del valor de RSSI a una distancia unidad, donde c_1 y c_2 son las constantes que indican las propiedades del entorno dado y las unidades de medición de distancia, donde Ω es indicativo de la longitud espacial del canal, y donde θ es una medida de los efectos de fase de multicamino que indica el ángulo relativo de orientación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo;

25 donde los valores de las constantes, c_1 y c_2 , son calculados correspondientes a valores de RSSI capturados para distancias conocidas, y

30 donde el módulo (212) de derivación de distancias en línea recta está adaptado para derivar distancias en línea recta precisas entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo mediante la sustitución en la ecuación de los valores de las constantes, c_1 y c_2 , calculadas, el valor del indicador de intensidad de señal recibida RSSI, el valor de RSSI en la distancia unidad, la longitud de onda espacial del canal y el ángulo relativo de orientación entre el dispositivo (202) de comunicación de referencia y el dispositivo (204) de comunicación objetivo.

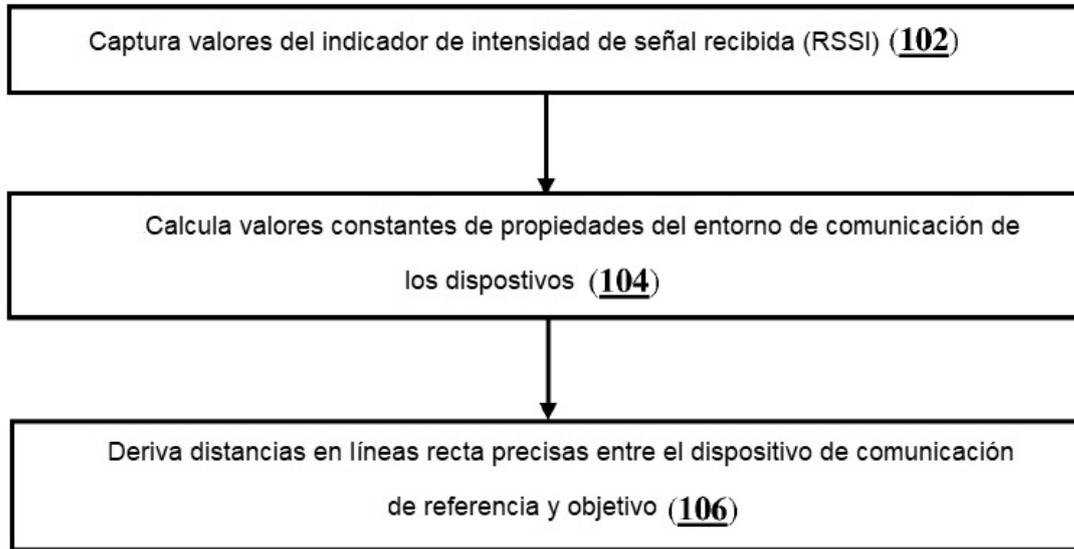


Figura 1

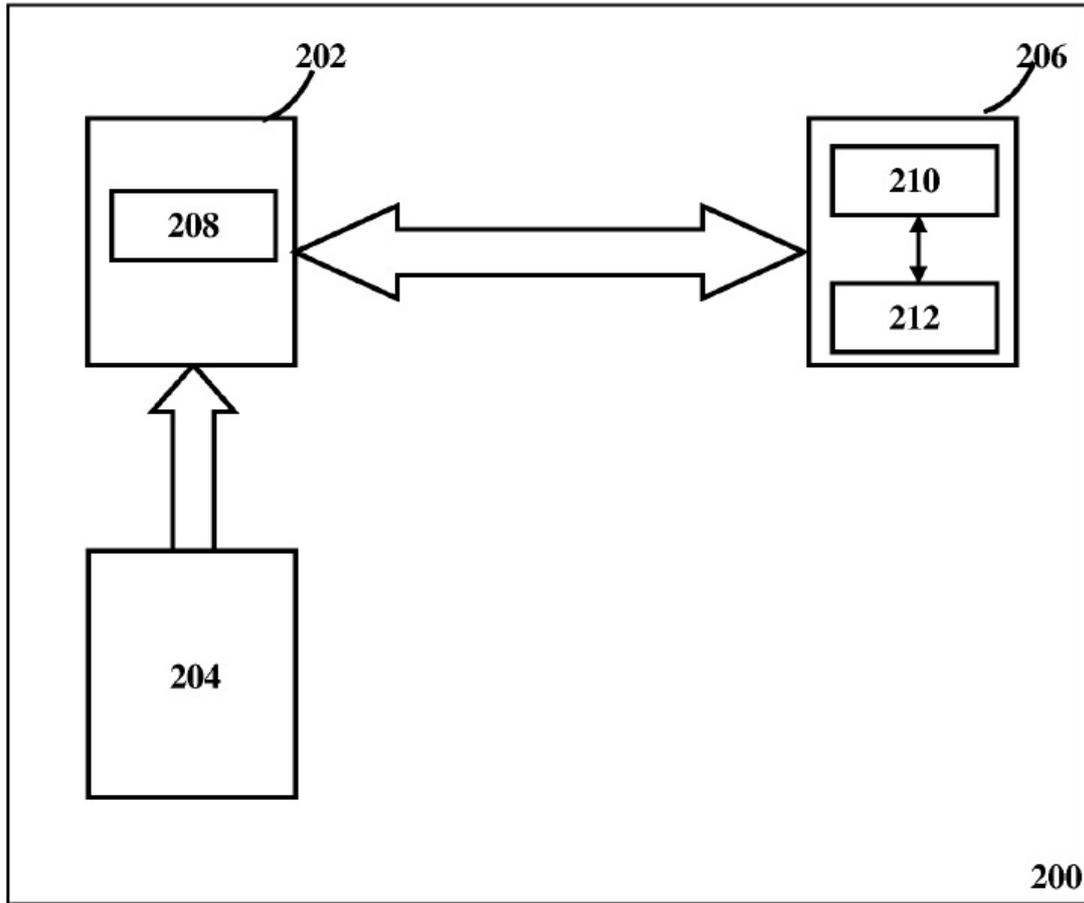


Figura 2

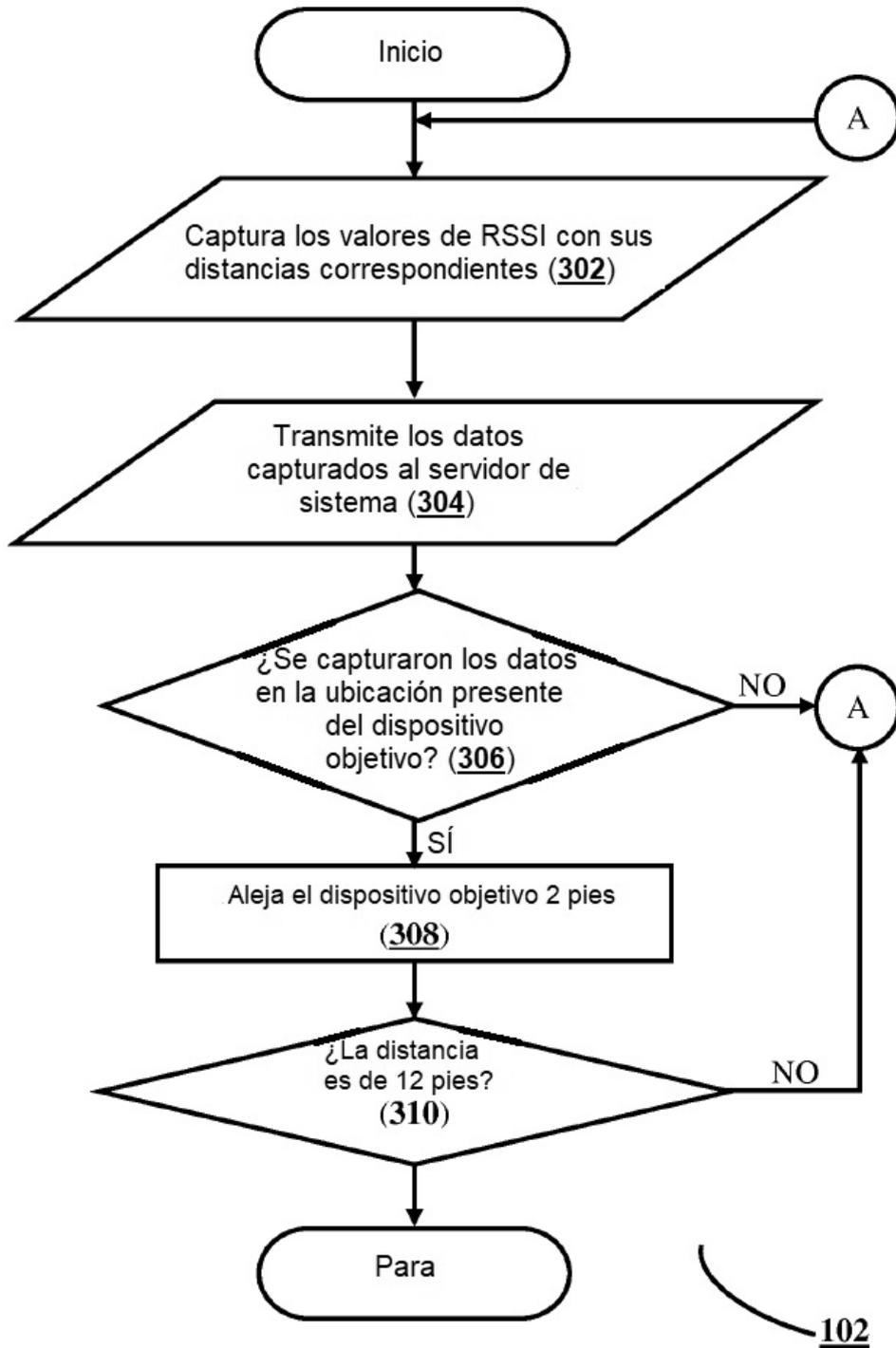


Figura 3

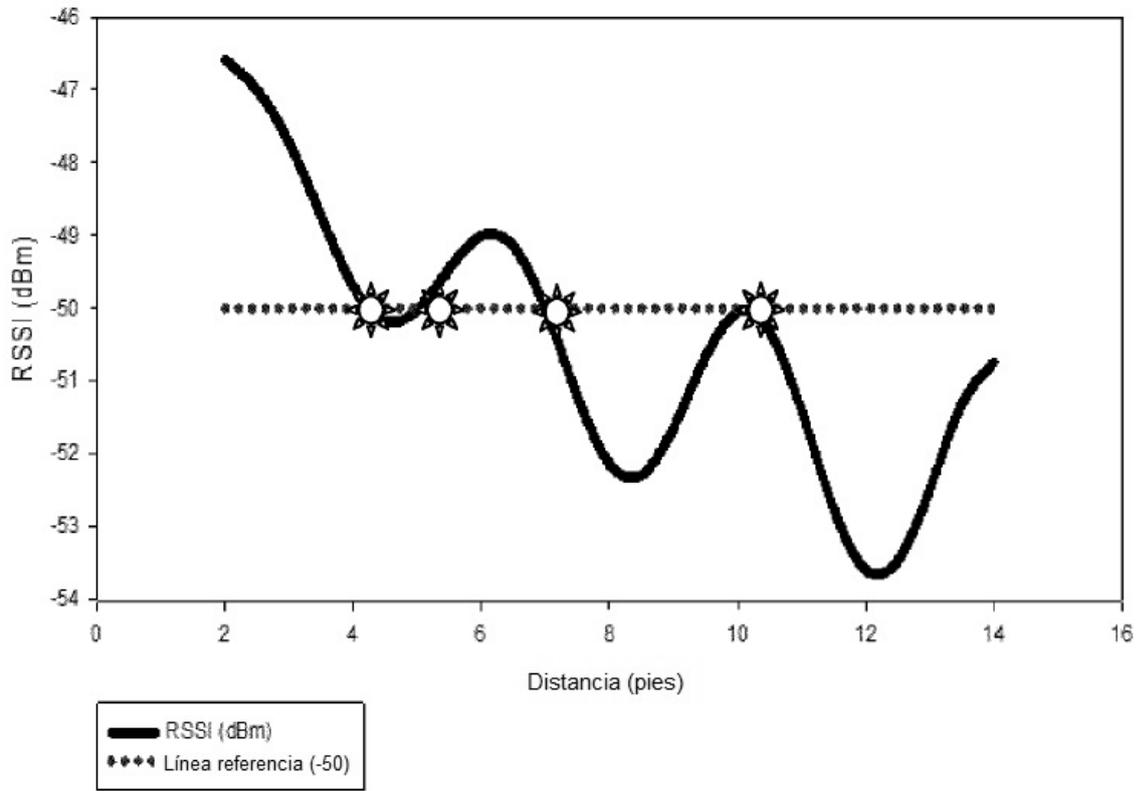
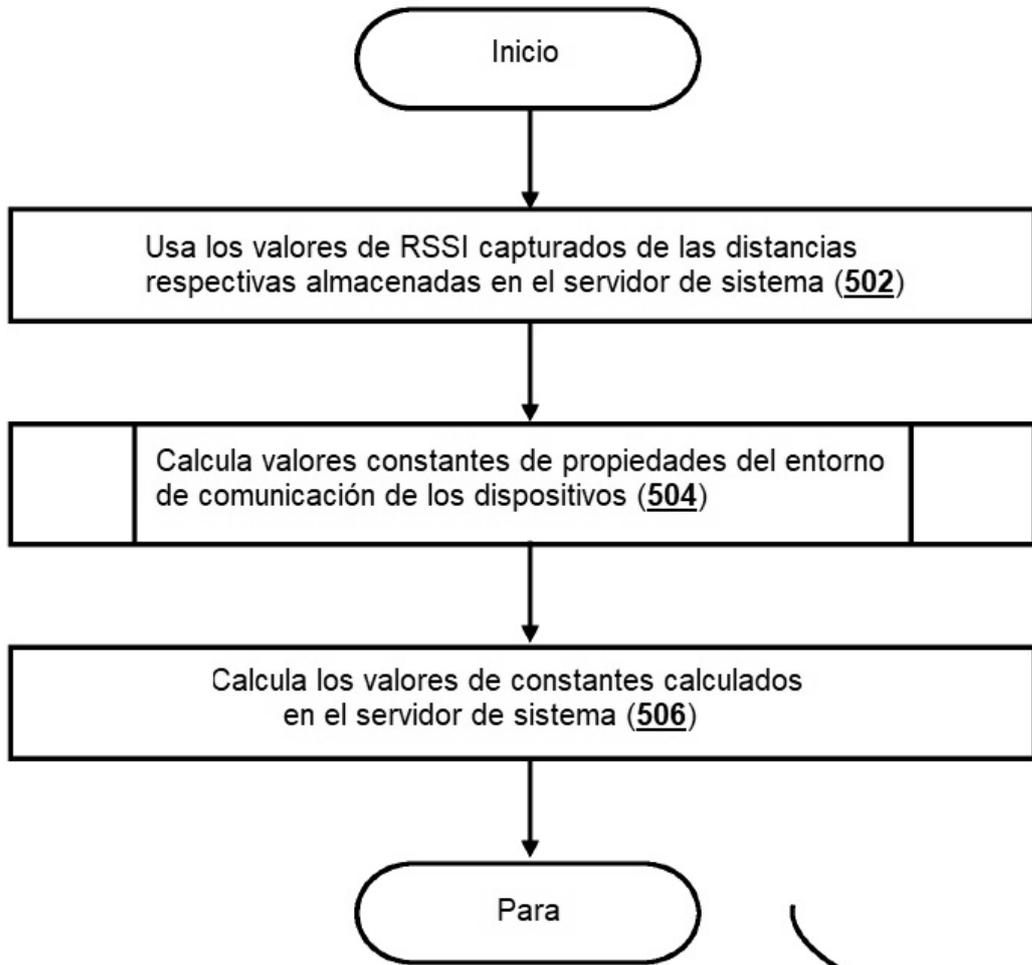
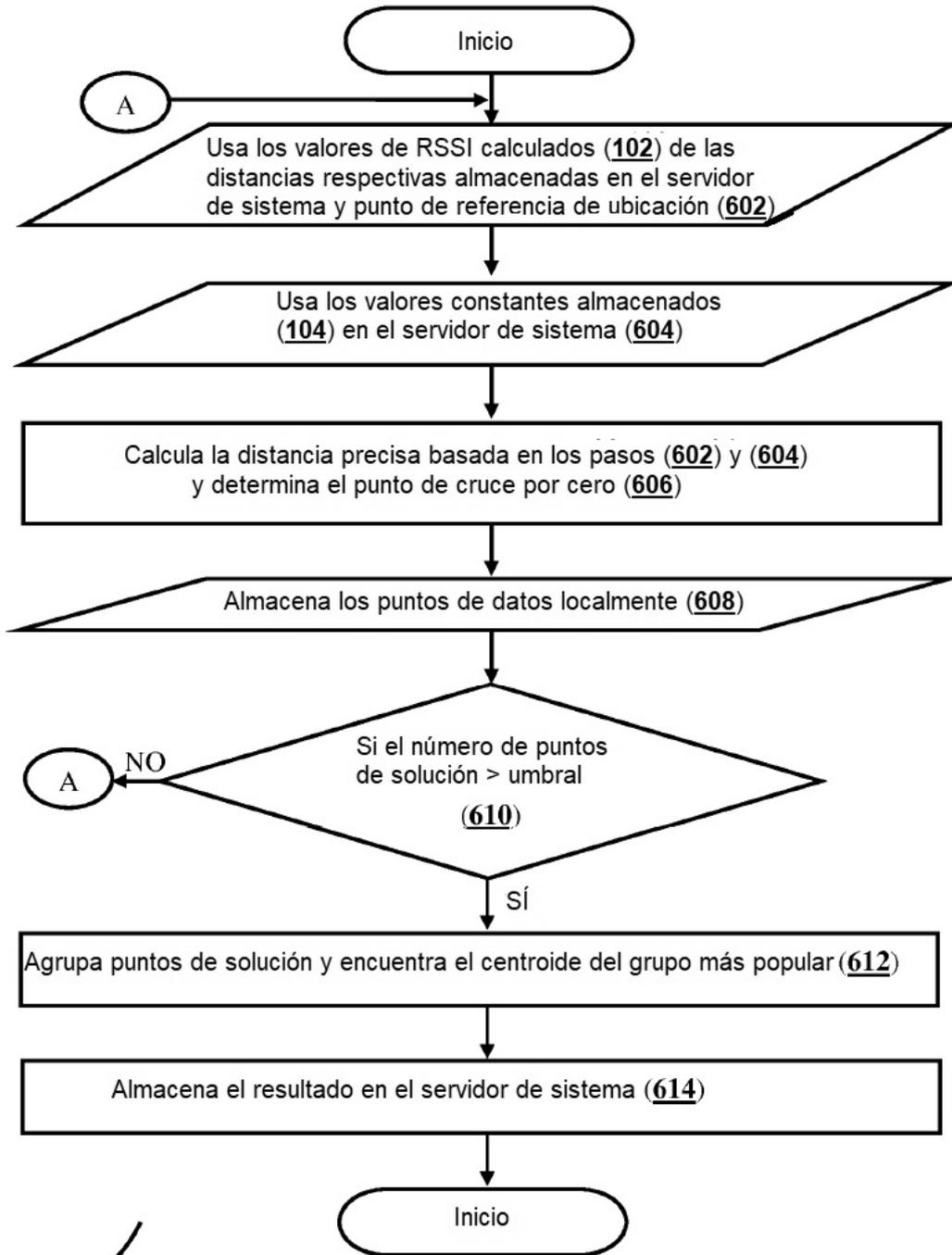


Figura 4



104

Figura 5



106

Figura 6

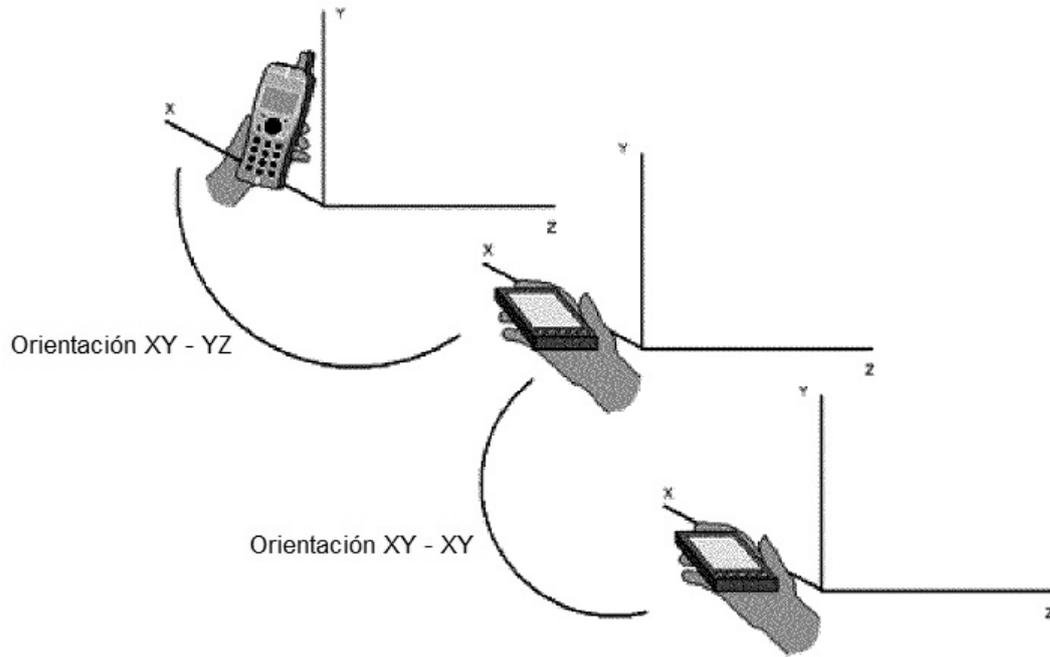


Figura 7

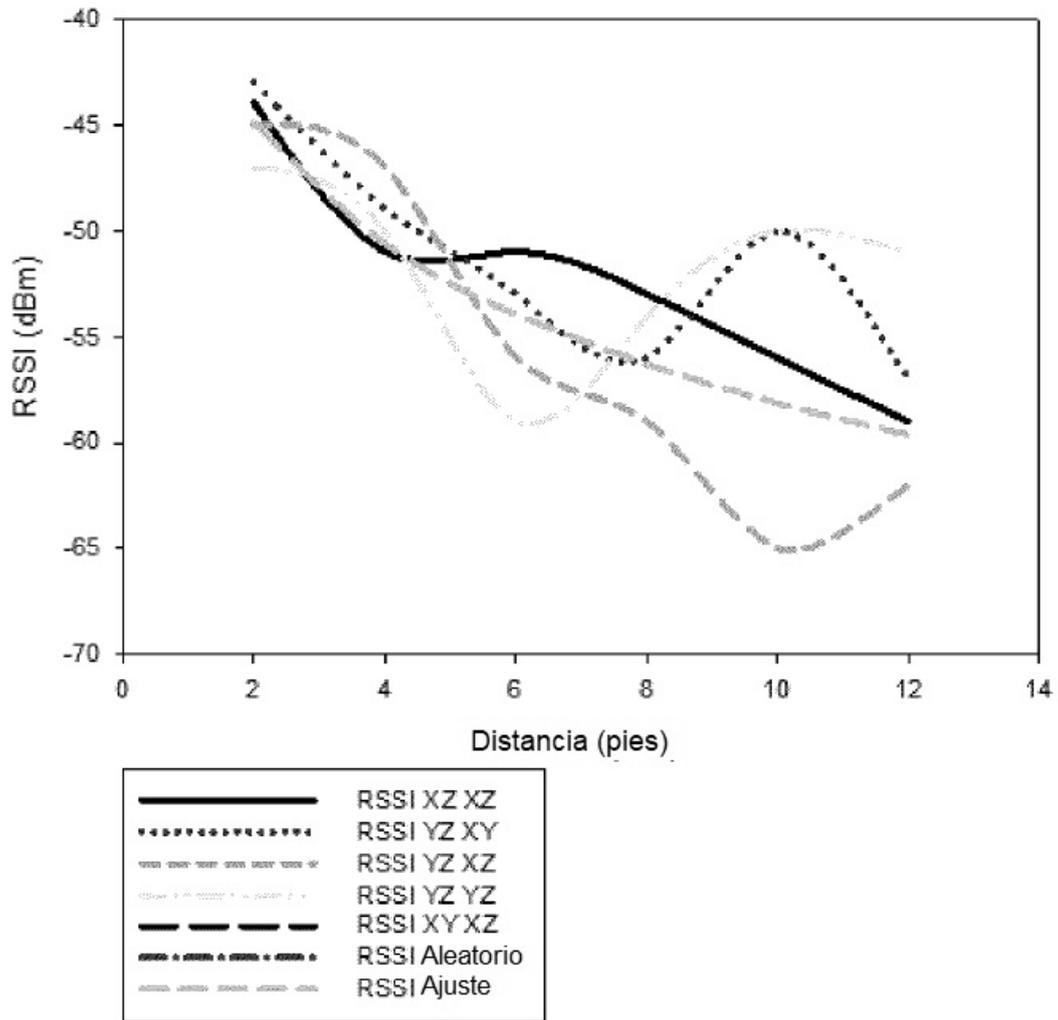


Figura 8

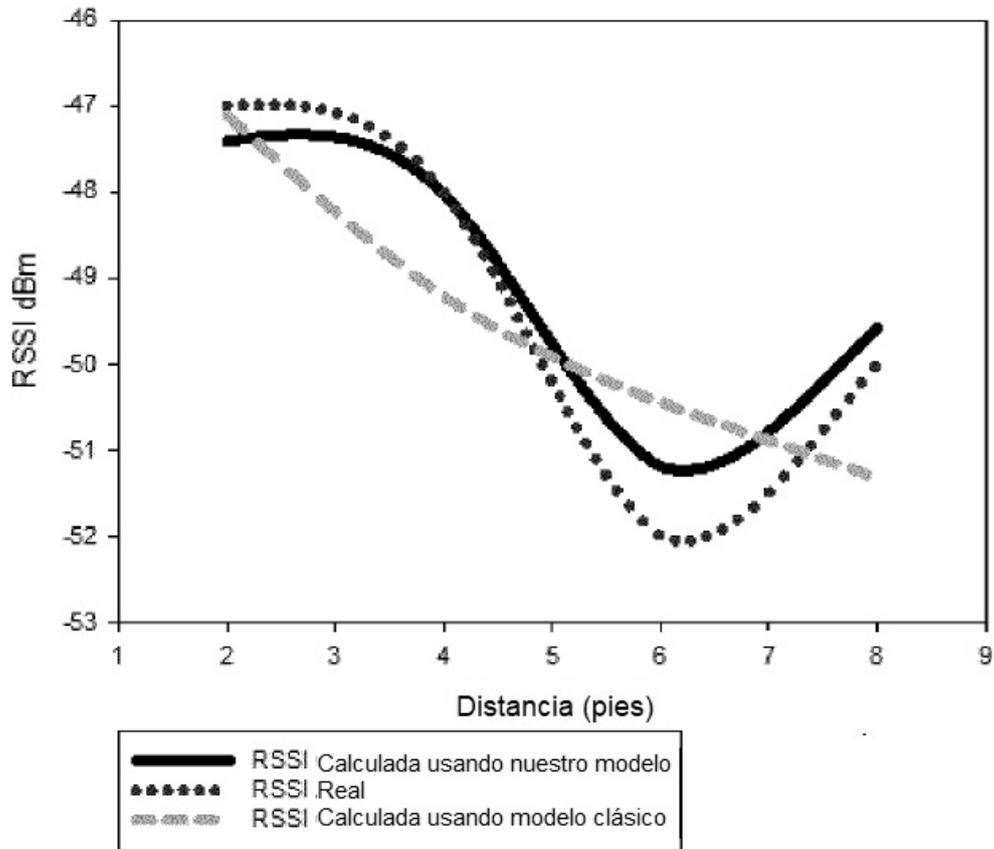


Figura 9

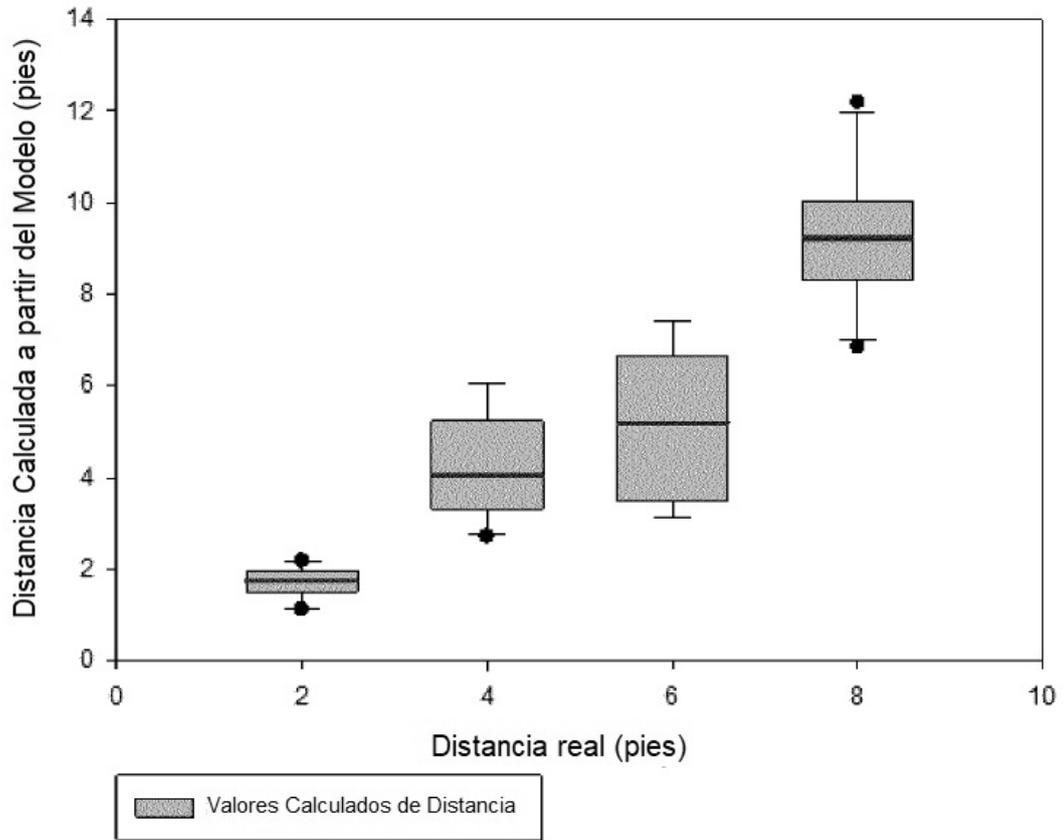


Figura 10