

Posicionamiento WIFI con variaciones de Fingerprint

Carlos KORNUTA¹, Nelson ACOSTA, Juan TOLOZA²

INCA/INTIA - Facultad de Ciencias Exactas - UNICEN
TANDIL - Argentina
{ ckornuta, nacosta, jmtoloz }@exa.unicen.edu.ar

Abstract. Los sistemas de posicionamiento Indoor estiman la posición de un dispositivo móvil en un entorno cerrado con una precisión relativa. Existen diversas técnicas de posicionamiento, donde el parámetro mayormente utilizado es el RSSI (*Received Signal Strength Indicator*). En este artículo se analiza la técnica *Fingerprint* con la finalidad de estimar el margen de error obtenido con la distancia euclidiana como métrica principal. Se presentan variantes de la construcción de la base de datos *Fingerprint* analizando distintos valores estadísticos con la finalidad de comparar la precisión de diferentes indicadores.

Keywords: Posicionamiento indoor, Localización indoor, RSSI, Fingerprint

1. Introducción

En la actualidad, es necesario contar con mecanismos que posibiliten determinar la ubicación de un dispositivo móvil en el interior de un edificio. Algunos ejemplos de ellos son mapas interactivos de centros comerciales y museos, mapas guiados de campus universitarios, sistemas de monitorización de pacientes en hospitales y/o albergues de personas mayores [1]. Se descarta el uso de GPS, ya que, no puede ser utilizado en ambientes interiores, porque necesitan una línea de visión clara y sin obstáculos entre el dispositivo y un mínimo de tres satélites [2] [14].

La estimación de la posición relativa de un dispositivo móvil, en adelante DM, es el proceso mediante el cual se obtiene información sobre la posición, con respecto a referencias sobre un espacio predefinido [3]. Las técnicas para estimación de la posición Indoor, dependiendo la tecnología de sensores utilizada, son: Tiempo de Arribo (ToA), Ángulo de Arribo (AoA), Indicador de potencia de la señal (RSSI). Dentro de esta última, el algoritmo más utilizado para estimar la posición es *Fingerprint* [4].

En el año 2000, el sistema RADAR [5] obtiene una precisión media en el rango de 2-3 m. En 2003 el sistema LEASE [6] consigue una precisión de 2.1 m. En 2007, se utiliza la técnica de *Fingerprint* [7] para estimar la posición del DM en conjunto con un algoritmo de redes Bayesianas, logrando una precisión de 1.5 m. En [8] se presenta un sistema que

¹ Becario CONICET Tipo I

² Becario Postdoctoral CONICET

utiliza *Fingerprint* y el método de la distancia euclidiana con un algoritmo de mejora utilizando lógica difusa, en una primera instancia obtienen una precisión de 4.47 m y luego con lógica difusa 3 m. El sistema de posicionamiento EKAHAU [9] basado en el parámetro RSSI logra una precisión de 1-5 m dependiendo de las condiciones del entorno. En [10] se presenta un sistema basado en un algoritmo utilizando redes neuronales, logrando la precisión de 1-3 m. En este artículo se analizan diversas variantes de la construcción de la base de datos *Fingerprint*.

La sección 2 muestra el funcionamiento de la localización usando *Fingerprint* y plantea nuestra propuesta, la 3 muestra la experimentación, en la 4 se analizan los datos, la 5 muestra el análisis de los datos y la 6 las conclusiones y futuros trabajos.

2. Localización utilizando FINGERPRINT

El método de *Fingerprint* se basa en que cada posición dentro de un recinto tiene una única firma, compuesta por una tupla (P/L), en donde P contiene información acerca del patrón único y L información relativa a la posición dentro del edificio. La información relativa a la posición, puede ser representada en un formato de tupla de coordenadas o una variable representativa. Esta técnica requiere entrenamiento, donde se realiza el muestreo de cada una de las firmas [11].

En primer lugar, se debe diseñar un *Radio Map* [6], que es un mapa patrón conteniendo las posiciones específicas dentro del edificio y un vector de potencias RSSI que contiene todas las potencias de los Access Point, en adelante AP, alcanzados en cada posición. La creación de un *Radio Map* incluye:

1. En cada posición del escenario se muestrean los valores de potencia de señal (RSSI), armando un vector de potencias para cada posición, cuya dimensión depende de la cantidad de AP visibles.
2. Para cada sector del área que puede recibir señal de N puntos de acceso, se obtiene un vector de los RSSI de cada AP.
3. Para vincular la firma y la información de localización se utiliza un método determinístico, para encontrar la posición del vector más cercano, en muchos casos se usa la distancia Euclídeana.

Para estimar la posición del DM, se capturan los valores de todos los AP visibles desde la posición que se quiere estimar. Los valores adquiridos son comparados con los valores obtenidos en el *Radio Map* para obtener las coordenadas de ubicación del dispositivo [12].

La base de datos *Fingerprint* es un resumen de los datos de la *Radio Map*, que facilita la ubicación minimizando el cálculo y reduce el error. Los algoritmos de estimación correlacionan los valores obtenidos entre la información de la localización y la base *Fingerprint*, para determinar la posición relativa del DM. El método determinístico más conocido es el “*vecino más próximo*”, donde se utilizan los vectores medios, los cuales contienen el promedio de los valores RSSI de cada AP en cada punto del mapa.

3. Creación del Radio Map y la base de datos Fingerprint

La experimentación se realiza en el sector de becarios del instituto de investigación INTIA/INCA, de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. El área tiene una dimensión aproximada de 36 m². Para realizar las mediciones y captura de datos se divide el área correspondiente en un eje de coordenadas (*fila*, *columna*) (Figura 1), cada región del mapa tiene una separación de 90 cm con respecto al punto anterior.

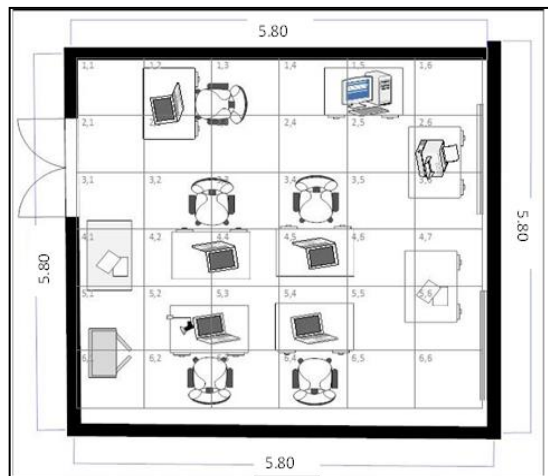


Figura 1. Ubicación de las coordenadas en el mapa

La captura de datos se realiza usando IWLIST en Ubuntu 8.04. El proceso de captura de datos para el armado del *Radio Map* (Figura 1) es:

1. Posicionamiento del DM en un punto de coordenadas del mapa.
2. Escaneo y captura de RSSI por 180 segundos para estabilizar la señal.
3. Escaneo, captura y almacenamiento de RSSI y SSID, de la señal de los diferentes AP que están al alcance, en esa posición por 90 segundos.
4. Traslado del dispositivo al siguiente punto de coordenadas del mapa, y se retoma en el punto (1) si no es el último.

En la Figura 2 se visualiza la distribución de los AP. El sector de becarios del INTIA es el AP 4, y el edificio tiene 58 m de largo. Por cada punto de muestreo se obtienen 100 vectores de parámetros RSSI, conteniendo 11 valores correspondientes a los AP disponibles en el rango de alcance del DM. Por convención, cuando un AP se encuentra fuera del rango de alcance, se asigna el valor 0.

Con los datos del *Radio Map* se construye la base de datos *Fingerprint* (formada por los valores promedio), y además se ha estudiado otros valores para representar cada AP en cada posición:

- **Media RSSI:** la media aritmética de todas las observaciones del AP.
- **Dupla Intercuartílica:** Considerando el total de valores obtenidos por cada AP, se ordenan los datos en forma ascendente, luego se divide en 4 conjuntos con igual cantidad de elementos. Se eliminan los cuartiles extremos, y de los cuartiles centrales se calcula:
 - promedio y
 - moda aritmética.
- **Moda:** Se calcula la moda con el total de muestras obtenidas.
- **Promedio de Dupla Intercuartílica:** Se promedian los valores promedio y moda de la Dupla Intercuartílica.



Figura 2. Distribución de los AP, denominados 1: chacra, 2: default, 3: inca, 4: inca2, 5: intia, 6: isistan-2, 7: pladema-2, 8: pladema-invitado, 9: slab, 10:unicen2, 11: wlbiolab.

4. Análisis de datos

Tomando como referencia el AP 3, que se encuentra a aproximadamente 15 m, 4 paredes de ladrillos y un durlock, del lugar donde se realiza la captura y muestreo de los valores correspondientes a la señal de los AP encontrados. Las variaciones con respecto a la potencia de la señal, analizando por filas, son las siguientes:

- Desde la posición inicial (1,1) en línea recta, cada 180 cm la potencia de la señal, disminuye en 2 dBm. En la posición (1,5), vuelve a su valor normal y luego vuelve a disminuir. Por lo que fluctúa entre -86 y -90.
- Si consideramos la fila 2 de coordenadas, el valor de la potencia de la señal, disminuye luego de los 270 cm en 2 dBm.
- La fila 3, el valor disminuye, en 360 cm en 2 dBm, y aumenta a -89 en el punto siguiente, para volver a su punto inicial en el siguiente par de coordenadas.
- La fila 4, el valor se mantiene constante, sin grandes variaciones, hasta el último punto, en el cual el valor de la potencia aumenta a -79.

- La fila 5, desde la posición inicial, luego de 90 cm, el valor de la señal disminuye a -86, se mantiene estable y en el punto (5,4), vuelve a aumentar la potencia en 3 dBm y disminuye la misma a -92, y se mantiene estable en los valores iniciales.
- La fila 6, luego de 180 cm la señal aumenta 5 dBm y disminuye, alcanzando el valor -91, y regresa a los valores iniciales.

En contraste con los valores obtenidos por el AP 4 que se encuentra dentro del mismo sector de muestreo. Los valores de la potencia de la señal, son los siguientes:

- Se comienza (1,1) con un valor inicial de -54, luego la señal fluctúa entre +/- 9 dBm, a excepción del punto (1,6).
- La fila 2, existen fluctuaciones y variaciones menores que en el punto anterior, la señal oscila en un rango de 3 dBm, con la excepción del punto (2,5) que la señal disminuye 10 dBm y culmina con un valor aproximado al -55 dBm.
- La fila 3, varía entre -41 y -17 dBm, se estabiliza cerca de sus valores iniciales.
- La fila 4, varía entre -43 y -8 dBm en (4,3), en la posición (4,5) a 180 cm vuelve a estabilizarse en sus valores iniciales.
- La fila 5, varía entre -47 y -55 dBm, y entre -47 y -55 dBm, oscilando en 8 dBm
- La fila 6, varía entre -49 y -59 dBm, con una variación de +/-10 dBm.

Se infiere al efectuar un análisis de los datos que los valores de la señal fluctúan en un espectro más amplio, si el AP se encuentra a menor distancia física del punto de muestreo. Si el AP se encuentra más distante del punto de referencia, el valor de la señal no tiene grandes cambios, oscila en +/-3 aproximadamente.

En la Tabla 1 se presentan los valores de absorción de la señal Wifi según el Material [13], que influyen en la degradación del parámetro RSSI.

Tabla 1. Atenuación de la potencia Wifi producida por los materiales a 2.4 GHz:

Obstáculo	Pérdida Adicional (dB) (aprox.)
Ventana no metálica (Vidrios)	3
Ventana Metálica	5 a 8
Pared Fina	5 a 8
Pared Media	10
Pared Gruesa (15 cm)	15 a 20
Pared muy gruesa (30 cm)	20 a 25
Piso o techo grueso	15 a 20
Piso o techo muy grueso	15 a 25

En la Tabla 2 se identifican 4 coordenadas principales dentro del mapa que corresponden a puntos determinados en los cuales podría existir una discrepancia de los valores y del conjunto de AP detectados, se seleccionan tres AP a modo ejemplo, identificando RSSI promedio, máximo y mínimo.

Tabla 2. Análisis de la variación de los AP

Coordenadas	AP	Promedio	Máximo	Mínimo
1.1	3	-89	-81	-97
	7	-75	-71	-79
	6	-64	-57	-69
1.6	3	-91	-77	-97
	7	-72	-71	-79
	6	-63	-57	-71
6.1	3	-86	-77	-95
	7	-73	-69	-77
	6	-63	-53	-71
6.6	3	-87	-79	-93
	7	-75	-71	-81
	6	-52	-45	-71

5. Análisis de Resultados

Se posiciona el dispositivo en un punto del mapa (Figura 1) y se obtiene el vector de potencias de los AP visibles. Luego, con este vector patrón y con cada uno de los vectores de potencias almacenados (Media, Dupla intercuartílica, moda, promedio de dupla) se calcula la distancia euclidiana obteniendo las distancias a cada punto de coordenadas. Se determina la posición estimada como el menor valor que satisface la ecuación, es decir la menor distancia entre el conjunto de entrenamiento obtenido (base de datos *Fingerprint*) y el patrón de datos ingresado.

5.1 Posición (1,5):

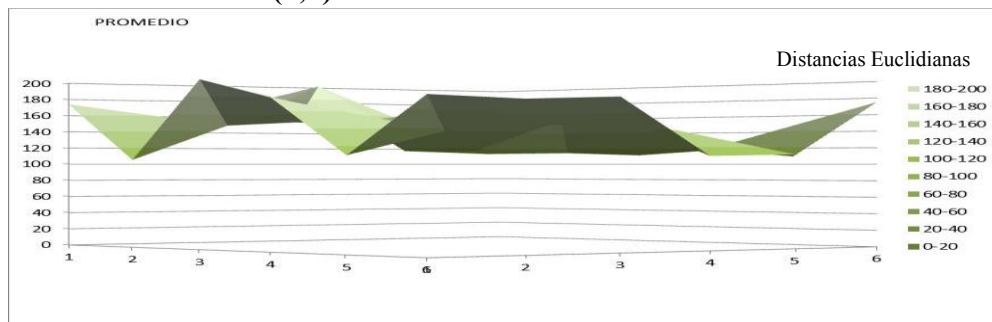


Figura 3. Gráfico de superficie PROMEDIOS posición (1,5)

Considerando la Figura 3, con el patrón: $[0, 0, 0, -89, -61, -59, -75, -75, -67, -89, 0]$ y realizando el cálculo con los vectores promedios, la sección que minimiza la distancia es la posición de coordenadas (1,2), en este caso podemos observar que existe un error de 1.80 m, el cual considerando la tabla 1, puede ser originado por las fluctuaciones de las

señales de los AP, producida por la atenuación provocada por la pared adyacente al punto de muestreo, provocando disminución de RSSI e impidiendo la visibilidad de un AP 3.

5.2 Posición (5,3)

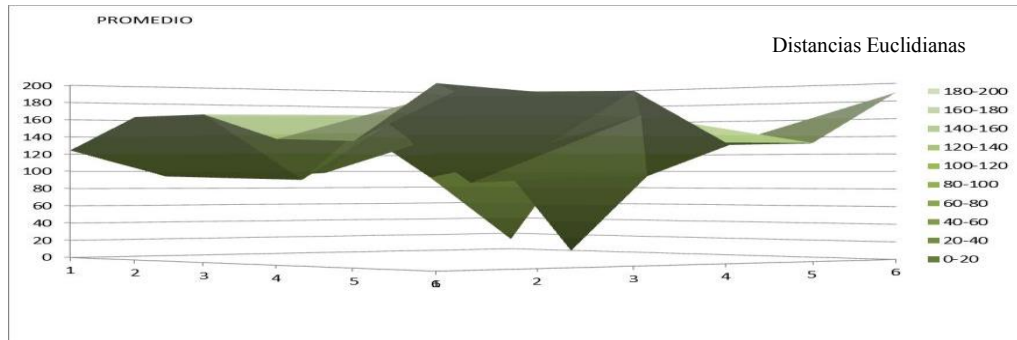


Figura 4. Gráfico de superficie PROMEDIOS posición (5,3)

La Figura 4 muestra el “vector patrón” de la posición (5,3): [0,0, -91, -45, 0, -63, -81, -83, -69, 0, -93]. La menor distancia obtenida por los promedios corresponde justamente a la posición 5.3, donde se observa un mínimo en el punto. Algunos vectores donde varía la señal de los AP más cercanos (3, 6 y 9); en un rango entre $\pm 2/4$ dBm, la precisión, se reduce obteniendo la ubicación del DM en el punto (4,5) con un error de 1.7 m.

Observando el plano presentado en la Figura 1, se advierte que en ese entorno no existen paredes adyacentes al punto de captura, ver ejemplo (1,5) Figura 3.

5.3 Posición (4,5)

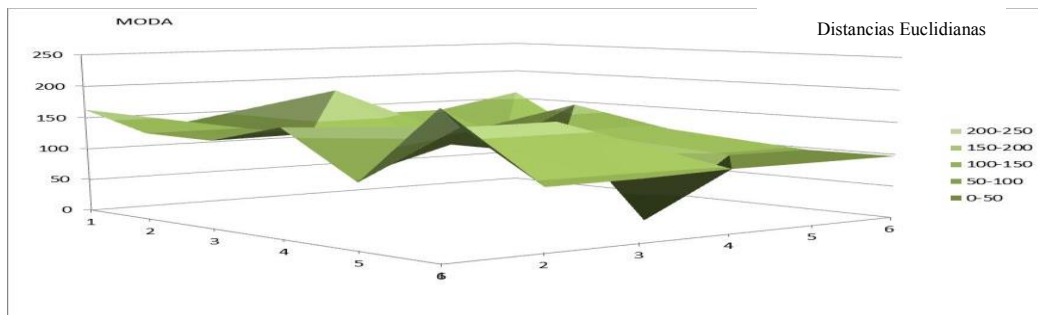


Figura 5. Gráfico de superficie MODA posición (4,5)

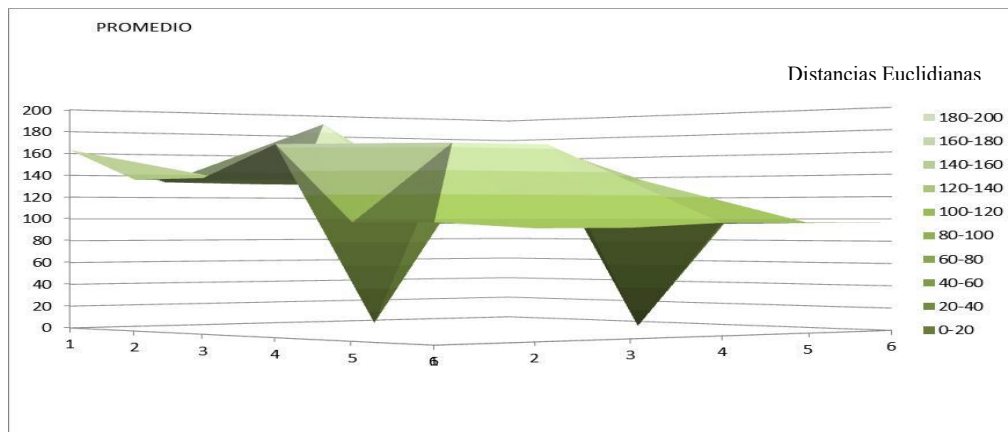


Figura 6. Gráfico de superficie PROMEDIO posición (4,5)

Las Figuras 5 y 6 muestran el patrón: $[-95, 0, -93, -43, 0, -57, -77, -75, -65, -89, 0]$, correspondiente a la posición (4,5). Ambos gráficos coinciden en la posición, sin embargo, la Figura 5 obtenido por el cálculo de la distancia de los vectores moda almacenados en la base de datos, proporciona una mejor representación, originando un valor mínimo absoluto en el punto de posicionamiento. La Figura 6 calculada en base al promedio tiene otro resultado bastante cercano. En ambos ejemplos no existen obstáculos como paredes o ventanas adyacentes que provoquen un aumento de la absorción de la señal.

6. Conclusiones y Futuros Trabajos

Para analizar la tasa de error realizan 60 pruebas en cada punto del mapa (Figura 1), obteniendo el vector patrón para estimar la posición del DM. Del total de pruebas realizadas, se registró que el 70 % de las mismas obtenían las distancias presentadas en el gráfico de la Figura 7. Como se observa, en las coordenadas centrales del mapa es donde existe un menor margen de error, obteniendo como valor mínimo 1.2 m y como máximo 2.4 m. Al analizar los resultados, obtenidos en las secciones inferiores y superiores, se comprueba que el rango de errores varía entre 2.4 – 3.6 m.

De esta manera, se infiere que en las secciones donde existen determinados obstáculos adyacentes (paredes, ventanas, entre otros) los cuales causan el aumento de la absorción de la señal y del efecto multi-trayectoria es donde se presentan márgenes de errores mayores.

Se ha documentado una experiencia donde se ha logrado localizar un DM con un menor error trabajando con promedio y moda, sobre una base de datos *Fingerprint* con variantes.

Considerando toda la zona de análisis se logra posicionar con un error máximo promedio de 3.6 metros. En las zonas centrales, alejadas a unos 0.90 metros de las paredes, se logra posicionar con un error máximo de 1.7 metros.

La tecnología promete y se seguirá trabajando para reducir el error. Los próximos enfoques incluyen un método de votación para selección de la mejor técnica de forma automática, complementar el análisis considerando tiempo de vuelo de señal WIFI, pruebas en diversas oficinas, y pruebas en espacios abiertos.

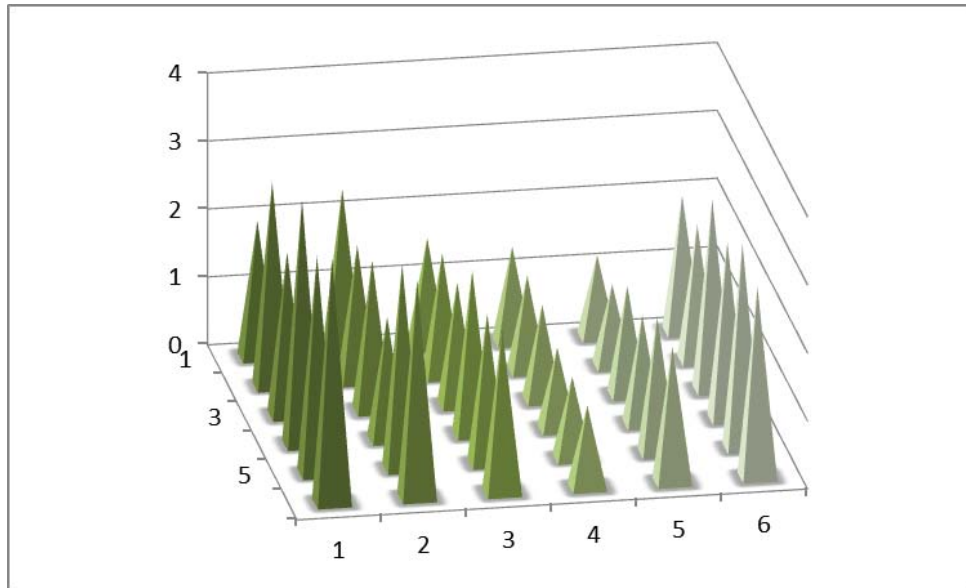


Figura 7. Errores obtenidos en el posicionamiento, donde se destaca cómo se incrementa el error cerca de las paredes

Referencias

- [1] A. M. Ladd, K. E. Bekris, G. Marceau, A. Rudys, L. E. Kavraki, and D. S. Wallach, Robotics-based location sensing using wireless ethernet. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM'02), New York, 2002.
- [2] G. M. Djuknic and R. E. Richton, Geolocation and assisted GPS, *IEEE Computer*. Vol. 34, Nro. 2, pp:123-125. 2001
- [3] T. S. Rappaport, J. H. Reed, and B. D. Woerner, Position location using wireless communications on highways of the future, *IEEE Communic.* Vol. 34, Nro.10, pp: 33-41. , 1996.
- [4] K. Pahlavan, X. Li, and J. P. Makela, Indoor geolocation science and technology, *IEEE Communications Magazine*., Vol. 40, Nro. 2, pp: 112-118, 2002.
- [5] P. Bahl and V. N. Padmanabhan. RADAR: An in-building RF based user location and tracking system, *IEEE Infocom 2000*. Vol.2, Nro. 1, pp: 775-784. 2000.

- [6] M. A. Youssef, A. Agrawala, and A. U. Shankar, WLAN location determination via clustering and probability distributions, in *Proc. IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, Fort Worth*, 2003.
- [7] A. Teuber, B. Eissfeller, WLAN indoor positioning based on Euclidean distances and fuzzy logic, *Proceedings of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC'06)*, Munich, Alemania, 2006.
- [8] Ekahau, *Ekahau positioning engine 2.0; 802.11 based wireless LAN positioning system*, Ekahau Technology, Internal Report, www.ekahau.com, 2012.
- [9] Roberto Battiti, Thang Lee Nhat, Alessandro Villani, Location-aware computing: a neural network model for determining location in wireless LANs, 2002.
- [10] Pahlavan, K., & Krishnamurthy, P. Principles of Wireless Networks - A Unified Approach, Prentice Hall. 2002. ISBN-10: 0130930032
- [11] Brachmann, F. A comparative analysis of standardized technologies for providing indoor geolocation functionality, Symposium on Computational Intelligence and Informatics (13th CINTI), 2012 IEEE, Hungary, Budapest 2012
- [12] P. Enge and P. Misra, Special issue on gps: The global positioning system, Proceedings of the IEEE.Pp: 3-172. 1999.
- [13] Marcelo Najnudel, Estudo de propagação em ambientes fechados para o planejamento de wlans, Universidad Católica de Rio de Janeiro. Tesis. 2004.
- [14] J. Toloza, N. Acosta, A. de Giusti. An approach to determine magnitude and direction error in gps system. Asian Journal of computer science And Information Technology. Vol. 2, Nro. 9, Pp: 1-5. 2012.