

## A TOOL FOR PREDICTION OF THE RECEIVED SIGNAL STRENGTH INTENSITY (RSSI) FOR WIRELESS LAN 802.11b

### UNA HERRAMIENTA PARA LA PREDICCIÓN DE LA DE INTENSIDAD DE LA SEÑAL RECIBIDA (RSSI) PARA WIRELESS LAN 802.11B

O. Gualdrón, S. Pinzón, L. De Luque, I. Díaz, S. Vásquez

Grupo de Investigación en Conectividad y Procesado de Señal  
CPSogualdron@uis.edu.co

**Abstract:** This paper shows a tool software for prediction of the received signal strength intensity (RSSI) for Wireless LAN 802.11b, based on an algorithm for determination of the dominant paths, that combines the most relevant aspects of the models of spread known nowadays.

**Resumen:** Este artículo muestra un software para la predicción de la intensidad de potencia de la señal recibida (RSSI) para Gireles LAN 802.11b, basado en un algoritmo para la determinación de caminos dominantes, que combinan los más relevantes aspectos de los modelos ampliamente conocidos hoy en día

**Keywords:** Wireless local area network (WLAN), Received signal strength intensity - RSSI, Wave propagation.

## 1. INTRODUCCIÓN

La implementación de redes de área local inalámbricas (WLAN) es una de las tecnologías de Internet de mayor auge durante los últimos dos años. Según estudios recientes, en la Unión Europea - UE, el mercado de la tecnología inalámbrica se multiplicará por quince entre el año 2003 y 2007, logrando incrementos en el mercado de más del 200%. Según el estudio, los años 2005 y 2006 serán los años de consolidación de esta tecnología, con unos volúmenes de negocio de 1.464 y 1.914 millones de euros, respectivamente. No obstante, en términos porcentuales el mayor crecimiento se producirá en el año 2004, en el que el valor del mercado se situará en 475 millones de euros, un 212 por ciento más que el año precedente

Los dos aspectos relevantes en la consolidación de la tecnología lo son básicamente la solución que dan las redes inalámbricas en cuanto a infraestructura y movilidad, en comparación con las redes cableadas. En una red cableada los puntos de acceso se encuentran en una disposición predeterminada, lo cual limita el ingreso a la red por parte de los usuarios y los obliga a permanecer en un solo sitio. Pero para un usuario móvil la disponibilidad de ingreso a la red depende del área en la que está trabajando. Estos dos problemas lo solucionan las redes inalámbricas.

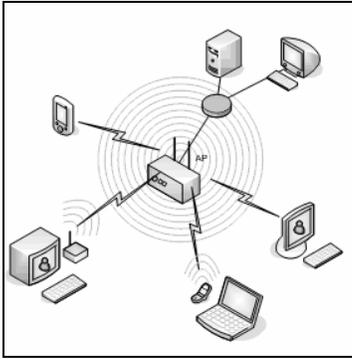


Fig. 1. Red Inalámbrica de Área Local (WLAN)

Profundizando un poco más, el desarrollo satisfactorio de redes inalámbricas requiere por lo menos las siguientes etapas: diseño, planeación, implementación, operación y mantenimiento; de las cuales las más relevantes, por ser soporte de las otras, son las etapas de diseño y planeación.

En la etapa de diseño se analiza la ubicación de la red inalámbrica, se escoge la clase de estándar a instalar, equipos y demás, mientras que en la planeación se realizan actividades de ubicación de los elementos de la red, como lo son los puntos de acceso (*Access Point*) y enlaces externos, siempre teniendo presente la cobertura de la red inalámbrica en el sitio que se instalará. Este punto, tiene gran importancia, porque según sea la planeación de la red inalámbrica ésta ofrecerá a sus usuarios acceso y servicio de calidad.

## 2. PLANEACIÓN EN REDES INALÁMBRICA (WLAN)

La planeación puede considerarse, ofrece resultados excelentes dependiendo del estudio de propagación que se haga en el ambiente. Sin embargo, dado que la propagación en ambientes *indoor*<sup>(1)</sup> *La propagación indoor hace referencia a la propagación de ondas de radio dentro de edificaciones o ambientes cerrados.*, sumado a la consideración de número de nodos, interferencias, distancia, atenuación por diferentes materiales, y demás aspectos en redes inalámbricas, hacen de la planeación un proceso difícil y extenuante; por lo cual los profesionales en redes de datos típicamente acuden a la experiencia para definir las configuraciones inalámbricas, ocasionando, en la mayoría de los casos, ambientes saturados o sistemas con poca cobertura e ineficientes.

Esta planeación se conoce con el nombre de *site surveying* o inspección en sitio, en la cual el profesional a cargo ubica los puntos de acceso y mediante mediciones del RSSI en diferentes puntos y con el método de prueba-error determina tras varios intentos la mejor ubicación de estos.

Otro método, consiste en utilizar herramientas de tipo software que permiten simular y predecir el nivel de intensidad, y en algunos casos determinar la posición óptima de estos. Algunos ejemplos son: WinProp<sup>(1)</sup> *La propagación indoor hace referencia a la propagación de ondas de radio dentro de edificaciones o ambientes cerrados*, SitePlanner (Wireless Valley, [www.wvcomm.com](http://www.wvcomm.com)), CINDOOR (University of Cantabria, España, [www.gsr.unican.es](http://www.gsr.unican.es)), o herramientas propietarias. Sin embargo, su costo es elevado, lo cual limita su adquisición y aplicación en el entorno regional.

Pues bien, debe quedar claro que realizar una excelente planeación es sinónimo que la red inalámbrica se instalará y funcionará de manera correcta. Queda a criterio del lector escoger cuál método preferiría para la planeación, sin embargo, antes de dar una última respuesta deberá equilibrar costos, tiempo, efectividad y calidad. En las siguientes secciones el lector encontrará una breve descripción de los modelos de propagación existentes y sus consideraciones.

## 3. MODELOS DE PROPAGACIÓN

Existen dos modelos de radio propagación: el modelo empírico y el modelo determinístico. El modelo empírico se basa en la regresión de datos obtenidos en campañas de medición realizadas en el escenario a modelar. Es un método muy rápido de predicción pero con una precisión limitada.

El modelo determinístico, o modelo de trazado de rayos (ray tracing), considera el efecto que tiene sobre la propagación de las ondas la presencia de obstáculos (Demuth, 1999) y/o la arquitectura misma del escenario. Los fenómenos más importantes son: reflexión, dispersión y difracción.

**Reflexión:** Ocurre cuando una onda electromagnética afecta a un objeto que es más grande que su longitud de onda, causando ya sea un desvanecimiento de la onda mientras pasa por el obstáculo o reflexiones de la onda por trayectorias totalmente diferentes.

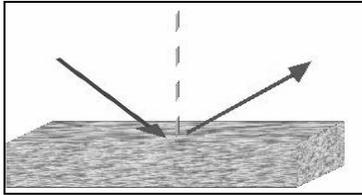


Fig. 2. Reflexión de una onda.

**Difracción:** Ocurre cuando una onda electromagnética es obstruida por una superficie con bordes irregulares. Esto puede hacer que una onda viaje alrededor de esquinas y otros bordes, lo cual permite que la señal alcance su destino cuando no existe línea de vista.

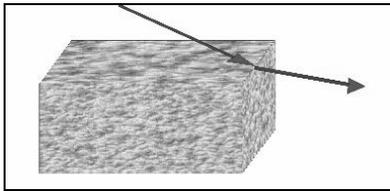


Fig. 3. Difracción de una onda

**Dispersión:** Ocurre cuando una onda electromagnética es obstruida por un objeto con dimensiones más pequeñas que su longitud de onda, lo cual genera disipación de la señal y un efecto similar al de la reflexión en el cual la señal dispersada puede seguir diversas trayectorias de propagación.

La principal característica del modelo determinístico está representado en el incremento de la precisión en la predicción. Sin embargo, este requiere de una base de datos exacta y un consumo de tiempo computacional mayor que el modelo empírico.

#### 4. PARÁMETROS QUE AFECTA LA PROPAGACIÓN<sup>1</sup>

**Atenuación por espacio libre (Free Space).** Representa la diferencia en dB<sup>2</sup> de la intensidad de señal entre el transmisor y el receptor, cuando entre ellos existe una clara línea de vista, en función de la longitud de onda de la señal  $\lambda$  y la distancia,  $d$ , que los separa. Según (Demuth, 1999) estas pérdidas están dadas por:

$$PL_{fs}(d)[db] = 20 \log_{10} \frac{4\pi d}{\lambda} \quad (1)$$

**Atenuación por multi-trayectorias (Multipath).** Representa la pérdida por multi-trayectos que puede seguir una onda para llegar a su destino debido a fenómenos de propagación como reflexión, refracción y dispersión, generándose ya sea un incremento o atenuación en la señal al intersecarse las múltiples ondas.

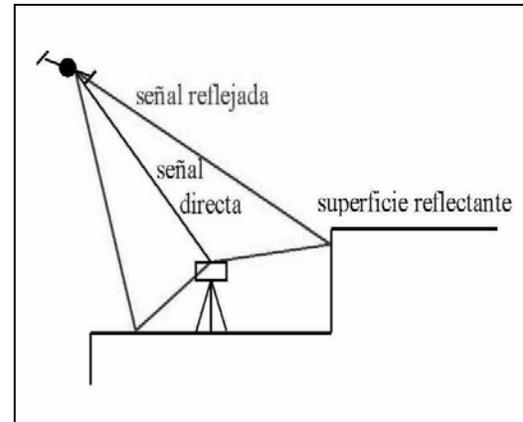


Fig. 4. Efecto Multipath

**Pérdidas de transmisión.** Representan la pérdida de señal causada por los obstáculos que atraviesan los rayos que se propagan. Si el camino interseca con  $n$  obstáculos de transmisión individual ( $L_i$ ) las pérdidas totales estarán dadas por:

$$L_T = \sum_{i=1}^n L_i \quad (2)$$

En este caso, según (Wöfle, 1997) sólo se tiene en cuenta el camino dominante, es decir, la trayectoria de menor pérdida en potencia que seguirían las ondas electromagnéticas hasta el destino.

#### 5. HERRAMIENTA SOFTWARE DE PLANEACIÓN

Existen diversos trabajos que recopilan lo descrito en la sesión anterior, a nuestro criterio los más representativos son los adelantos en el Instituto de Ingeniería en Alta Frecuencia de la Universidad de Stuttgart en Alemania (Wöfle, 1997) y el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de TamKang en Taiwán (Chen, 1999).

<sup>1</sup> Aunque existen otros factores que afectan la propagación, sólo se presentan los que se tuvieron en cuenta.

<sup>2</sup> Equivale a la décima parte de un bel. Es unidad de referencia para medir la potencia de una señal o la intensidad de un sonido. Se puede usar para medir ganancia o atenuación de una señal.

El modelo planteado por (Wöfle, 1997) utiliza una red neuronal *backpropagation* para predecir el RSSI en un escenario dado, basándose en la determinación de los caminos dominantes entre el transmisor y el receptor. Combina parámetros predominantes del modelo determinístico como son: pérdidas de espacio libre y transmisión, visibilidad, forma y tamaño de las habitaciones entre otros con un consumo mínimo de tiempo computacional comparable con el modelo empírico.

En (Chen, 1999) se emplearon algoritmos genéticos y redes neuronales para corregir el error de predicción presentado por el efecto *multipath* en un ambiente *indoor*. Esto fue hecho representando la propagación entre dos puntos mediante la conexión de neuronas en una red neuronal, donde el factor de peso  $W$  se utilizaba para medir la influencia de una neurona sobre otra.

Con base en los modelos anteriores (Wöfle, 1997 y Chen, 1999), al interior del grupo de investigación de conectividad y procesamiento de señal - CPS, de la Universidad Industrial de Santander, se desarrolló una herramienta de tipo software en MATLAB<sup>3</sup> la cual proporciona una distribución de potencia sobre el escenario dado partiendo de la ubicación del punto de acceso y de la estructura de la edificación (arquitectura y materiales de construcción).

El modelo propuesto realiza la predicción de RSSI en un escenario dado teniendo en cuenta:

- La disminución de la señal generada por los obstáculos de la edificación.
- La influencia del material de construcción del escenario en la atenuación del RSSI.
- La separación entre el punto de acceso y cada uno de los usuarios móviles.

En síntesis se utiliza la siguiente ecuación:

$$RSSI = P_{AP} - (L_{FS} + L_T + L_{T-x}) \quad (3)$$

Donde:

$P_{AP}$  = Potencia emitida por el Access Point

$L_{FS}$  = Pérdida por espacio libre

$L_T$  = Pérdida por transmisión (obstáculos)

$L_{T-x}$  = Pérdida por transmisión hasta el punto de cálculo.

Además, la herramienta software permite que el usuario construya su propio escenario partiendo de formas rectangulares con dimensiones variables y estableciendo el tipo de material utilizado en cada una de las estructuras de la edificación.

En la figura 5 se muestra la herramienta desarrollada.

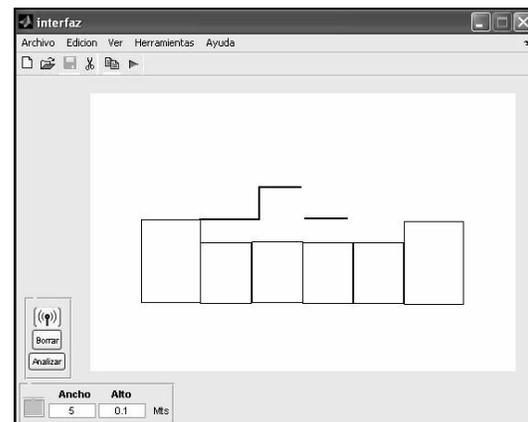


Fig. 5. Herramienta de planeación  
CPS-UIS

Una vez ubicados el punto (o los puntos) de acceso sobre el plano es posible visualizar la distribución de potencia en toda la edificación.

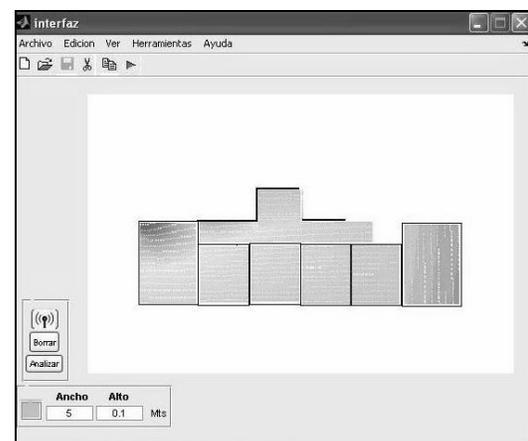


Fig. 6. Distribución de potencia

Además, para reducir los tiempos de cómputo durante la predicción, el RSSI sólo es calculado para nueve puntos por cada una de las salas que componen el escenario (figura 7), y para los demás se realiza una interpolación cúbica.

<sup>3</sup> Este software se desarrolló en MATLAB 7.0

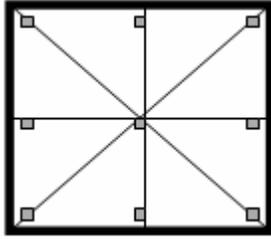


Fig. 7. Selección de puntos por sala.

## 6. RESULTADOS OBTENIDOS

El sitio de prueba fue el 2do piso del edificio de Alta Tensión de la Universidad Industrial de Santander (escenario modelado), del cual se tenía la base de datos correspondiente a campañas de medición realizadas en (Gualdrón, 2004).

Los equipos utilizados fueron:

- 1 Access Point 2000AP+ Marca DLINK
- 1 Tarjeta WLAN USB DWL-120 Marca DLINK

A continuación se muestra el plano original con los puntos de prueba.

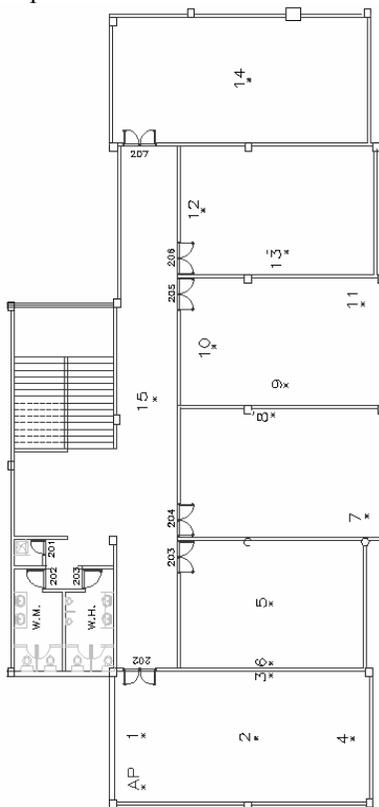


Fig. 8. Plano del Edificio de Eléctrica Antigua

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por la herramienta software junto con los datos experimentales y el error obtenido.

Tabla 1. Datos de Potencia

Puntos	Datos Exp.	Datos Planeación	Error absoluto
1	-34	-39	5
2	-45	-46	1
3	-46	-48	2
4	-43	-52	9
5	-50	-52	2
6	-49	-55	6
7	-60	-60	0
8	-55	-61	6
9	-69	-69	0
10	-65	-63	2
11	-71	-67	4
12	-75	-66	9
13	-75	-72	3
14	-74	-70	4
15	-55	-59	4
<b>Error Medio Absoluto</b>			<b>3,80</b>
<b>Desviación estándar</b>			<b>2,83</b>
<b>Cota máxima de error</b>			<b>9</b>
<b>Cota mínima de error</b>			<b>0</b>

## 7. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta los resultados obtenidos al aplicar (Wöfle, 1997) para predecir el RSSI en escenarios *indoor*.

Para calcular las pérdidas asociadas a la propagación, el modelo considera algunos de los parámetros de mayor influencia en la propagación de ondas electromagnéticas, como son, la topología del edificio, el material de construcción de las paredes, la localización del AP y la frecuencia de transmisión, entre otros.

Las principales conclusiones de este desarrollo son:

- El bajo error obtenido (error medio absoluto = 3,8 dBm) con una cota superior menor 9 dBm permiten clasificar la herramienta software de planeación altamente aceptable y competitiva.

- Así, los profesionales encargados de realizar la planeación de redes inalámbricas tendrán un mecanismo más ágil, simple y confiable para sus instalaciones; lo cual se verá reflejado en cobertura, calidad del servicio y disponibilidad de acceso para el usuario final.

De igual forma, este avance al interior del grupo de investigación significa un inicio en la exploración del tema de radio-propagación y un reto para la divulgación de este tipo de herramientas en la región.

### REFERENCIAS

- Chen, S-A; Lee, Y-H; Yen, R.Y; Zheng, Y-J; Ko, C-H; Sheu, S-T; Chen, M-H. "Optimal prediction tool for wireless LAN using genetic algorithm and neural network concept". Communications, 1999. APCC/OECC '99. Fifth Asia-Pacific Conference on ... and Fourth Optoelectronics and Communications Conference, Vol 1. Pág 786-789, 1999.
- Demuth, Howard. BealeE, Mark. Neural Network Toolbox. For Use with MATLAB. Sección 6-3.
- Wöfle G.1997 F. M. Landstorfer, R. Gahleitner, E. Bonek. "Extensions to the field strength prediction technique based on dominant paths between transmitter and receiver in indoor wireless communications" in 2<sup>nd</sup> European Personal and Mobile Communications Conference 1997, Bonn, Germany, pp. 10-18, Sept. .
- "Prediction of the Field Strength inside Buildings with Empirical, Neural, and Ray-Optical Prediction Models" in 7th COST 259 MCM-Meeting in Thessaloniki, Greece, COST 259, TD (99) 008, Jan. 1999.
- Najnudel Marcelo. "Estudo de Propagação em Ambientes Fechados para o Planejamento de WLANs". Dissertação de Mestrado.
- Ortegón Bolívar, Jairo Augusto. La regulación estatal colombiana promueve los sistemas inalámbricos Wi-Fi y bluetooth.
- Gualdrón O, 2004 S. Pinzón, J. Alvarez, A. Florez, Y. Rodríguez. "Diseño e implementación de una metodología para la evaluación del desempeño de una red inalámbrica (WLAN 802.11b)". II CONGRESO INTERNACIONAL DE LA REGIÓN ANDINA – ANDESCON.
- Rappaport, Theodore. Wireless Communications: Principles and Practice. Prentice Hall Publications.