



## DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN SOBRE CSMA/CA EN REDES IEEE 802.11G EN MODO AD HOC

(Hosts distribution and density over CSMA/CA in IEEE 802.11g networks on  
Ad Hoc mode)

**José Domínguez**

Universidad Dr. Rafael Belloso Chac n - Venezuela

Correo electrónico: [jdomiguezalgebra@hotmail.com](mailto:jdomiguezalgebra@hotmail.com), [jgdt0001@gmail.com](mailto:jgdt0001@gmail.com)

### RESUMEN

El propósito principal de la presente investigación, fue determinar la influencia de la densidad y distribución de hosts sobre el control de acceso al medio en redes IEEE 802.11g, tomando como variables fundamentales la densidad y distribución de los mismos y el protocolo CSMA/CA para el acceso al medio de transmisión. La investigación fue de tipo explicativa, con un diseño experimental puro. La misma se basó en los postulados teóricos de Bates (2003), Comer (2000), León García (2001), Stallings (2005), Tanenbaum (2003), entre otros. El procedimiento a utilizar fue diseñado por el investigador y consistió de cuatro (04) fases: Enfoque teórico, experimentación, Recolección y análisis de los datos y elaboración de conclusiones y recomendaciones. La cantidad de hosts a utilizar en la red se ubicó en seis (06) equipos portátiles con especificaciones técnica similares. Para la recolección de la información se diseño un (1) instrumento, tipo formato de datos, en el cual se registraron diez (10) parámetros diferentes para evaluar el desempeño de la red en diversos escenarios. Seguidamente se tabularon los datos en cuadros, para proceder al análisis cuantitativo de los mismos. Se concluye que la densidad y distribución de los hosts en redes IEEE 802.11g afectan el acceso al medio de transmisión.

**Palabras clave:** Densidad, distribución, red, ad hoc, control de acceso al medio.

### ABSTRACT

The main purpose of this investigation was to determine the influence of host distribution and density on medium access control in IEEE 802.11g network while working on Ad Hoc mode. Host density and distribution as well as medium access control protocol, CSMA/CA, were the main parameters to be taken into consideration in order to measure host medium access. The investigation was explicative type with a pure experimental design. The Investigation was theoretically supported by authors like Bates (2003), Comer (2000), León Garcia (2001), Stallings (2005), Tanenbaum (2003), among others. The procedure implemented during the investigation was designed by the author and consisted of four (04) phases: Theoretical review, experimentation, data recollection and analysis and conclusions and recommendations issued. Density and distribution parameters were measured on a six (06) host based network, all of which had similar configuration. A data collection instrument, data form type, was design as to collect required data. Ten



(10) different data parameters were collected in order to assess network performance under varied scenarios. Once data was collected, it was tabulated and a quantity analysis was performed. The research shows that host density and distribution on IEEE 802.11g working on Ad hoc mode, affects medium access.

**Key word:** Density, distribution, network, ad hoc, medium access control.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo y en Venezuela en particular, se est  n dando rápidas y profundas transformaciones en relación con el mundo de las comunicaciones, particularmente en lo relacionado con la implementación de entornos de redes que facilitan el intercambio de información. La posibilidad de compartir la información, así como el poder acceder a la misma desde diferentes partes del mundo, le ha dado un vuelco enorme a la concepción de información valiosa.

Dada la importancia que las redes han adquirido, se han desarrollado una gran variedad de plataformas, las cuales permiten la adaptación de los diferentes escenarios de usuarios que requieren de las mismas. Esta característica ha llevado al necesario desarrollo de ambientes de redes más efectivos, confiables y efectivos. Uno de estos escenarios es el referido a las redes inalámbricas, definidas bajo el estándar IEEE 802.11g. Este tipo de estructura de red presenta una serie de ventajas, entre las cuales destacan su facilidad de instalación y la movilidad que pueden tener los diversos equipos conectados a la misma.

En este orden de ideas, la presente investigación se refiere a la influencia de la densidad y distribución de hosts sobre el control de acceso al medio a través de CSMA/CA, en redes IEEE 802.11g en modo Ad hoc. A través de la misma se intenta determinar el mejor escenario posible para desplegar este tipo de redes de forma tal que sea posible obtener el mejor acceso al medio y en consecuencia el mejor comportamiento de las mismas.

Con el objeto de lograr una mejor comprensión de la investigación realizada, a continuación se definen una serie de conceptos básicos para la misma.

## REDES INALAMBRICAS

Una red de área local por radio frecuencia o WLAN (Wireless LAN) puede definirse como una red local que utiliza tecnología de radiofrecuencia para enlazar los equipos conectados a la red, en lugar de los cables coaxiales o de fibra óptica que se utilizan en las LAN convencionales cableadas, o se puede definir de la siguiente manera: cuando los medios de unión entre sus terminales no son los cables antes mencionados, sino un medio inalámbrico, como por ejemplo la radio, los infrarrojos o el láser. De igual manera una LAN inalámbrica es un sistema de comunicación de datos flexible implementado como una extensión o una alternativa de una LAN cableada dentro de un edificio o campus universitario.

La flexibilidad proporcionada por las redes inalámbricas hace posible su



utilización en diversos escenarios, entre los que destaca el modo de conjunto de servicios básicos independientes, IBSS por sus siglas en inglés Independent Basic Service Set, al cual se le conoce también como modo Ad Hoc. Este tipo de red inalámbrica constituye el eje central del presente informe, por lo cual se les define a continuación.

### **REDES WLAN MODO AD HOC**

Una red móvil ad-hoc o MANET, por sus siglas en Inglés Mobile Ad hoc Network es una colección de nodos móviles autónomos que se comunican entre sí mediante enlaces inalámbricos o wireless, sin que exista una infraestructura de red fija y en donde la administración se realiza de forma descentralizada. En este nuevo entorno, los nodos participan en la toma de decisiones, realizando las funciones propias del mantenimiento de la red y tomando parte en los algoritmos de encaminamiento.

En una MANET, al no existir infraestructura, no se definen puntos de acceso (Access Points), esta característica hace posible que cada uno de los nodos ejerza simultáneamente las funciones de nodo final y de router, es lo que se llama una red inalámbrica multi-salto (multi-hop). La no existencia de puntos de acceso permite una gran flexibilidad y movilidad a cada host presente en una red Ad Hoc, haciéndola ideal para aplicaciones donde los usuarios deben permanecer en el campo de trabajo, alejados de las instalaciones físicas.

En el estándar IEEE se establece que una red inalámbrica en modo Ad Hoc es aquella en la cual los computadores improvisan una red sobre la marcha. La red no tiene ninguna estructura; generalmente cualquier nodo está en capacidad de comunicarse con cualquier otro. Aunque parece que en este tipo de red el orden sería difícil de controlar, existen algoritmos que se han diseñado para seleccionar una máquina como estación base de la red y el resto como esclavas, así como métodos de difusión e inundación para identificar quien es quien en la red.

Las redes Ad Hoc presentan una serie de características muy particulares que facilitan su uso bajo determinadas condiciones, particularmente aquellas donde la movilidad de los usuarios es fundamental.

A continuación se describen algunas de ellas.

Es una red establecida para un servicio especial, a menudo improvisada, personalizada según la aplicación.

- Una red ad hoc típica se instala por un período del tiempo limitado. Por ejemplo para enviar un flujo de video, determinar si el fuego ha comenzado en un bosque; establecer una videoconferencia, entre otros.
- Los protocolos ad hoc deben autoconfigurarse para adaptarse a los cambios del ambiente, del tráfico y de la misión; surge de estas características una



arquitectura de red flexible, maleable pero robusta.

- Poseen gran movilidad ya que los nodos son fácilmente reubicados y/o movidos.
- Generalmente el enrutamiento implica múltiples saltos, debido a que el camino de origen hacia el destino comúnmente requiere que se atraviesen varios nodos.
- Existe una misma organización, por lo que la red tiene parámetros propios de configuración: direccionamiento, enrutamiento, posición, identificación y control de mando.
- La conservación de la energía es de vital importancia, por lo cual se hace necesario el diseño de protocolos eficientes debido a que no tienen capacidad de generar la energía que ellos necesitan.
- Amplia escalabilidad, lo que hace posible que la red ad hoc pueda crecer y tener varios miles de nodos (censores, despliegue del campo de batalla, mallas urbanas de vehículos, entre otros.).
- Una de las funciones más críticas a realizar dentro de una red está representada por la determinación de la ruta que deben seguir los paquetes, este proceso es particularmente cambiante en redes Ad hoc, por lo cual los protocolos de enrutamiento a utilizar resultan claves.

Hasta el presente el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) ha desarrollado diversas versiones de su protocolo IEEE 802.11, el cual controla todos los aspectos relacionados con las redes inalámbricas, la versión 802.11g regula las redes Ad Hoc. En la siguiente tabla se muestran detalles de la velocidad de transmisión y las distancia en las que una red Ad Hoc 802.11g puede funcionar.

**Tabla 1. Velocidad de transmisión y alcance de IEEE 802.11G**

Velocidad de transmisión	Ambiente interno	Ambiente externo
54 Mbits / s	27 m	75 m
48 Mbits / s	29 m	100 m
36 Mbits / s	30 m	120 m
24 Mbits / s	42 m	140 m
18 Mbits / s	55 m	180 m
12 Mbits / s	64 m	250 m
9 Mbits / s	75 m	350 m
6 Mbits / s	90 m	400 m

Fuente: Domínguez (2009)

A pesar de que el protocolo IEEE 802.11g establece valores promedios para las métricas asociadas con el comportamiento de estas redes, los cuales están



intr secamente asociados con la manera como el medio de transmisión inalámbrico es utilizado mediante el protocolo CSMA/CA; existen factores externos, no considerados en el protocolo, que pudiesen afectar el comportamiento de estas redes. Entre estos factores se encuentran la manera como los hosts son desplegados en este tipos de redes y la cantidad de los mismos que se pueden ubicar en un área determinada específica. Estos dos parámetros, densidad y distribución de hosts, fueron considerados en la investigación y se definen a continuación.

### DENSIDAD DE HOSTS

La densidad de hosts se considera como el número de equipos de computación con capacidad para realizar transmisiones inalámbricas basadas en el protocolo IEEE 802.11g, distribuidos en una determinada área geográfica, cuyas dimensiones son fijas y establecidas en la presente investigación, manteniendo la mayor dispersión posible dentro de lo establecido en el estándar IEEE 802.11g.

### DISTRIBUCIÓN DE HOSTS

La distribución de hosts será considerada como la disgregación, siguiendo figuras geométricas básicas, de los diferentes equipos con capacidad de transmisión inalámbrica presentes en la red. Dicha disgregación será controlada en la investigación y se mantendrá dentro de los límites establecidos en el estándar IEEE 802.11g.

Para determinar la influencia de estas dos variables sobre el control de acceso al medio en este tipo de redes se diseño un experimento, el cual consistió en el diseño y montaje de una red experimental en modo Ad Hoc bajo el estándar IEEE 802.11g, mediante la cual se realizaron una serie de transmisiones enmarcadas dentro de los escenarios experimentales diseñados por el investigador. Durante el desarrollo de la misma se realizaron las siguientes actividades:

**Establecimiento de los escenarios de prueba:** con el objetivo de mantener el control sobre las variables objeto de estudio, el investigador diseño nueve (09) escenarios de prueba para la recolección de los datos arrojados por el experimento. Dichos escenarios se diseñaron tomando como base los límites establecidos en el estándar IEEE 802.11g en relación a las distancia máxima que el mismo establece, con el objetivo de garantizar niveles de señal óptimos.

En este orden de ideas, el diseño de los escenarios estuvo basado en tres (03) figuras geométricas básicas: rectángulo, triángulo y semi circulo. Así mismo, la densidad de los hosts distribuidos en cada uno de los mismos se varió de tres formas diferentes, comenzando con un valor inicial correspondiente al 100% de los mismos y realizándose variaciones de la misma, mediante la desconexión de hosts de la red, hasta alcanzar una densidad del 66,66%.

Es así como los escenarios de prueba quedaron configurados de la siguiente



manera:

Escenario 1: Distribución rectangular con una densidad del 100%.

Escenario 2: Distribución rectangular con una densidad del 83,33%.

Escenario 3: Distribución rectangular con una densidad del 66,33%.

Escenario 4: Distribución triangular con una densidad del 100%.

Escenario 5: Distribución triangular con una densidad del 83,33%.

Escenario 6: Distribución triangular con una densidad del 66,66%.

Escenario 7: Distribución semi circular con una densidad del 100%.

Escenario 8: Distribución semi circular con una densidad del 83,33%.

Escenario 9: Distribución semi circular con una densidad del 66,66%.

Continuando con el mismo orden de ideas, el investigador procedió a realizar la distribución de los hosts presentes en la red en los diferentes escenarios de prueba y limitó el área sobre la cual se desplegó la misma a doscientos (200) metros cuadrados. Los anexos A, B, C, D, E, F, G, H e I muestran los diferentes escenarios planteados en la presente investigación.

**Definición del experimento a realizar:** una vez definidos los escenarios de prueba se procedió a la ejecución del experimento, el cual consistió en el montaje de una red IEEE 802.11g en modo Ad Hoc para realizar una serie de transmisiones entre los diferentes hosts que conformaron la misma. La data que se transmitió consistió en diferentes tipos de archivos, desde texto plano hasta video, para poder observar el tráfico en la red bajo diferentes modelos de calidad de servicio.

La red Ad Hoc utilizada estuvo conformada por seis (06) hosts, cada uno de ellos representado por un computador portátil (laptop). Cada host presenta características técnicas similares, de manera particular en relación con la capacidad de transmitir bajo el protocolo IEEE 802.11g. Así mismo, el montaje de la red se basó en el sistema operativo Windows XP dada la facilidad que el mismo ofrece para el montaje y configuración de las mismas.

**Ejecución de los experimentos del estudio:** se realizaron transmisiones de datos entre los diferentes nodos de la red, tomándose un promedio de cinco (05) lecturas por cada uno de los escenarios definidos a fin de obtener valores promedios que garanticen la uniformidad de los datos obtenidos; para la recolección de los datos entre cada una de las transmisiones se guardó un tiempo de espera de 2 minutos para minimizar cualquier posible interferencia debido a situaciones atmosféricas o ambientales.

Las transmisiones se realizaron mediante el envío de un conjunto de archivos, con formatos diversos que incluyeron texto plano, video, gráficos, entre otros. Esto se hizo con la finalidad de poder analizar el comportamiento de la red cuando la misma se ve forzada a asignar diferentes niveles de calidad de servicio en la transmisión.

Una vez ejecutado el experimento se procedió a la recolección y análisis de los datos con el fin de proceder a su análisis, el siguiente cuadro muestra un resumen de los datos recolectados:

**Cuadro 1: Resumen de escenarios**

Datos	Número de Escenario								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tamaño del archivo	25850216,4	19239888,2	25572659,4	25708138,2	19344339,8	25850216,4	25850216,4	25850216,4	25850216,4
Tiempo de Trans.	79,4380	54,3680	61,0810	61,5254	64,2092	79,4380	79,4380	79,4380	79,4380
Número de paq. enviados	26794,0	19846,6	26685,2	26836,8	20636,6	26794,0	26794,0	26794,0	26794,0
Promedio de paq./seg	361,77	365,2552	441,0618	440,4598	324,0218	361,7686	361,7686	361,768	361,7686
Tamaño prom. paquete.	948,81	953,4972	942,3094	942,075	922,8000	948,8144	948,814	948,8144	948,814
Bytes recibidos	25421488,4	18922318,6	25145672,2	25278725,4	19014130,2	25421488,4	25421488,4	25421488,4	25421488,4
Promedio de bytes/seg	342654,99	348239,68	415552,914	414961,492	298664,208	342654,999	342654,999	342654,999	342654,999
Velocidad promedio trans.	2,7414	2,786	3,324	3,319	2,389	2,741	2,741	2,741	2,7414
Bytes percl. en trans.	428728,00	317569,60	426987,200	429412,800	330209,600	428728,000	428728,000	428728,000	428728,000

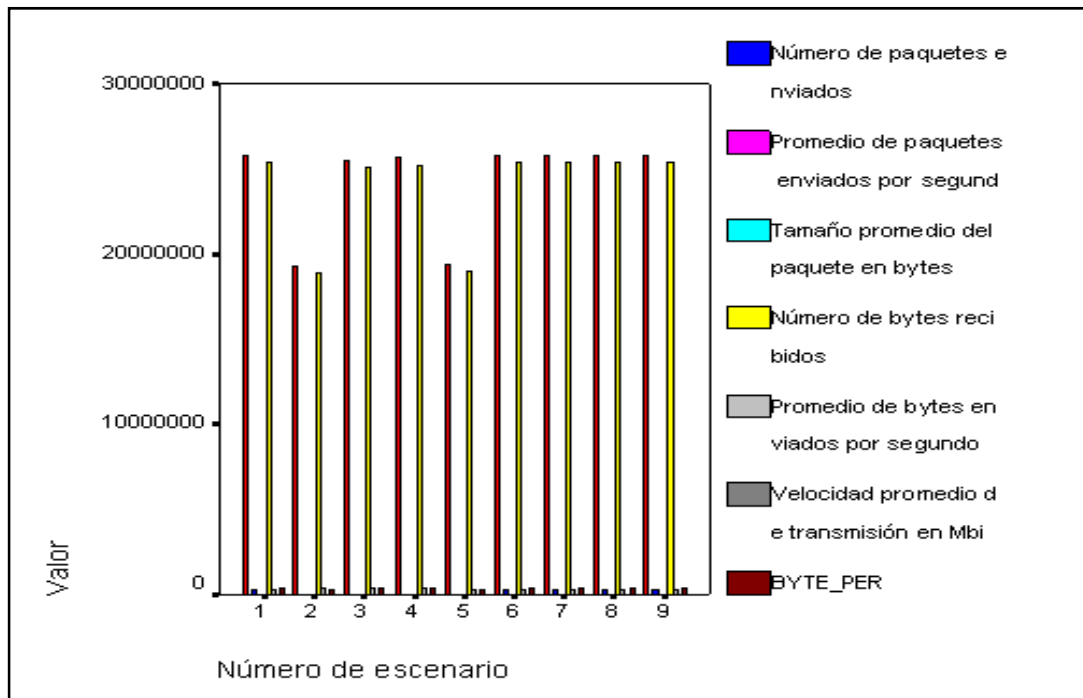
Fuente: Domínguez, 2009

El cuadro 1 muestra el valor de la media para cada uno de los diferentes parámetros recolectados en los diferentes escenarios que el investigador definió para la red Ad Hoc que se deseaba estudiar, con el propósito de establecer la eficiencia del protocolo CSMA/CA para controlar el acceso al medio. Dichos valores

medios se obtuvieron a partir de las cinco (05) transmisiones que se realizaron en cada uno de los escenarios planteados, utilizando para ello el software de análisis estadístico SPSS versión 12.0. En los datos reflejados en el cuadro 10 se puede observar que el menor tiempo de transmisión de los archivos se obtiene al utilizar el escenario 2, en el cual los hosts se encuentran distribuidos de forma rectangular y la densidad de los mismos alcanza 83,33%. De igual manera el número de bits que se pierden en la transmisión es el menor entre todos los escenarios establecidos.

No obstante, el cuadro 1 muestra una discrepancia en relación con la velocidad de transmisión alcanzada mediante la aplicación de los escenarios 2, 3 y 4; se observa que cuando se realizaron las transmisiones utilizando los escenarios 3 y 4, el valor obtenido para el parámetro velocidad de transmisión resulta mayor en comparación con el valor obtenido para el mismo parámetro al aplicar el escenario 2. Esta situación planteó un dilema al momento de determinar el mejor escenario para la red estudiada, el cual permitiera un mejor uso del medio de transmisión. En el gráfico 1 se presenta la información mostrada en el cuadro 1 de manera gráfica para una mejor visualización del dilema planteado.

**Gráfico 1. Resumen de escenarios**



Fuente: Domínguez, 2009

No obstante lo observado anteriormente no garantiza una conclusión definitiva, por lo cual el investigador procedió a calcular la tasa de error de bits, o tasa BER por sus siglas en Inglés Bit Error Rate, para cada uno de los escenarios, procedimiento que arrojó los siguientes resultados.



**Cuadro 2. Cálculo de la tasa BER para los diferentes Escenarios**

Tasa BER	Número de Escenario								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,33E-01	1,32E-01	1,34E-01	1,34E-01	1,37E-01	1,33E-01	1,33E-01	1,33E-01	1,33E-01

Fuente: Domínguez, 2009

Para el cálculo de la tasa BER se utilizaron los valores promedios obtenidos a través de SPSS 12.0, así como mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$BER = \frac{\text{Número de bits perdidos}}{\text{Número de bits transmitidos}} \quad (1)$$

Como se puede observar el cálculo de la tasa BER refleja el menor valor de la misma para el escenario 2, en contraposición con los valores obtenidos para los escenarios 3 y 4 donde se reflejan los promedios más altos para este parámetro, esto confirma que bajo una distribución en forma rectangular y con una densidad de hosts de 83,33% se obtiene el menor número de bits perdidos durante las transmisiones en una red Ad Hoc.

### CONCLUSIONES

Una vez concluido el análisis de los datos la investigación permite afirmar que la densidad y distribución de los hosts presentes en redes IEEE 802.11g en modo Ad Hoc influye sobre el control de acceso al medio de transmisión, el cual se realiza mediante la implementación del protocolo CSMA/CA, que deben realizar los equipos conectados a la red, de manera muy particular se observa que al incrementarse la densidad de hosts presentes en la red, las métricas utilizadas para seguir el comportamiento de la red tienden a mostrar valores menos favorables, esto es un indicio claro de que se produce un mayor retardo para que los hosts accedan al medio y puedan transmitir.

### RECOMENDACIONES

Los resultados de la investigación destacan la conveniencia de financiar proyectos en las universidades, donde se desarrollen procesos tendientes al mejoramiento de las redes inalámbricas existentes con el objetivo fundamental de generar nuevas tecnologías, lo cual contribuiría a mantener la excelencia educativa y a la generación de más y mejor conocimiento, de manera muy particular en relación a una utilización más efectiva del medio de transmisión inalámbrico, el cual constituye el recurso más valioso en este tipo de tecnología.

Igualmente se sugiere a las universidades realizar estudios tendientes a extender el alcance de la presente investigación, con el fin de comprender aún



mejor como las variables objeto de estudio de la misma influyen sobre el control de acceso al medio en las redes IEEE 802.11G, pudiendo de esta manera generar un cúmulo de conocimiento más amplio que conlleve a una utilización más efectiva de las mismas.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bates, R. (2003). Comunicaciones inalámbricas de banda ancha. Primera edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de España.

Bavaresco de Prieto, A. (2000). *Proceso Metodológico en la Investigación*. Sexta edición, Maracaibo. Fondo LUZ.

Comer, D. (2000). *Internetworking with TCP/IP, principles, protocols and architectures*. Cuarta edición. Editorial Shanon.

García Serrano, A. (2008). *Redes Wi-Fi*. Editorial Anaya multimedia. Primera edición.

IEEE 802.11g Standard (2003). Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. <http://www.ieee802.org/11/>

León García, A. (2001). *Redes de comunicación: conceptos fundamentales y arquitecturas básicas*. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España.

Stallings, W. (2005). *Comunicaciones y redes de computadores*. Séptima edición. Editorial McGraw-Hill.

Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Ordenadores*. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México.