

CALIDAD DE SERVICIO EN REDES WLAN UTILIZANDO ACCESO AL MEDIO BASADO EN TIEMPOS DE CONTENCIÓN

Rafael alejandro Olivera Solís¹, Félix Florentino Álvarez Paliza²

¹Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, rolivera@uclv.edu.cu, ²Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, fapaliza@uclv.edu.cu

RESUMEN

La Calidad de Servicio (QoS) es un tema medular en las redes actuales, donde el ancho de banda es un recurso preciado y debe ser eficientemente distribuido. Las aplicaciones interactivas y generadoras de tráfico en tiempo real están en crecimiento exponencial y demandan un aumento de los recursos que la red debe disponer para que ellas funcionen satisfactoriamente. Las redes WLAN (*Wireless Local Area Network*), en su variante WiFi (Estándar 802.11) han cobrado un auge con marcada relevancia en disímiles entornos. Las principales aplicaciones que se usan son de contenidos multimedia, de voz y video con resoluciones cada vez mayores. Es por ello que se promueve la necesidad de estudiar y analizar las técnicas de acceso al medio, contempladas en el estándar 802.11e para garantizar la QoS de los usuarios. Este artículo está encaminado a comprobar la efectividad del estándar 802.11e y las técnicas de acceso al medio para redes WLAN. Se realizan pruebas de simulación en diferentes escenarios con aplicaciones de voz y video.

PALABRAS CLAVES: WLAN, QoS, 802.11e, EDCA.

QUALITY OF SERVICE IN WLAN NETWORKS USING MEDIUM ACCESS BASED IN CONTAINMENT TIMES

ABSTRACT

Quality of Service (QoS) is a core issue in current networks, where bandwidth is a precious resource and must be efficiently distributed. Interactive and real-time traffic generation applications are growing exponentially and demand to increase resources to accomplish with the proper network functioning. The WLAN networks (Wireless Local Area Network), in its WiFi variant (802.11 Standard) have gained a boom with marked relevance in dissimilar environments. The main applications used are multimedia content, voice and video with increasing resolutions. That is why the need to study and analyze media access techniques referred to in 802.11e, to ensure QoS to users. This article aims to test the effectiveness of the 802.11e standard and medium access techniques for WLAN networks. Simulation tests are performed for a variety of scenarios to afford voice and video applications.

KEY WORDS: WLAN, QoS, 802.11e, EDCA.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de comunicaciones inalámbricas se tornan cada día más avanzadas y están siendo cada vez más utilizadas en diversas aplicaciones. Su popularidad ha estado sustentada por un grupo de factores entre los que se destaca su relativa facilidad de instalación, la movilidad que le ofrece a los usuarios, el uso de bandas de frecuencia libres, altas velocidades de conexión, posibilidad de dar cobertura en zonas con escasa o ninguna infraestructura de telecomunicaciones, la flexibilidad de incorporar nuevos usuarios a la red, la escalabilidad y la posibilidad de evitar congestiones en zonas de alta densidad de tráfico.

La IEEE definió un grupo de trabajo con el objetivo de proveer Calidad de Servicio al estándar 802.11, donde se definió el protocolo 802.11e, el cual introduce una tercera función de coordinación llamada HCF (*Hybrid Coordination Function*), que incorpora dos nuevos mecanismos de acceso al canal: EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*) y HCCA (*HCF Controlled Channel Access*) [1].

En [2] se realiza un análisis de QoS para redes VoWLAN con interoperabilidad para redes móviles, pero no se tiene en cuenta el tráfico de video, ni la influencia de este último sobre el funcionamiento de una red WLAN. En [3] se realizan diferentes experimentos donde se comprueba la efectividad del estándar 802.11e, utilizando el OPNET Modeler 14.0. Los experimentos se llevan a cabo en un escenario sencillo y de poca complejidad, donde cada aplicación tiene un emisor-receptor común y no se analiza la interacción de las diferentes aplicaciones de tiempo real en un mismo terminal. Además, los experimentos se realizan con los parámetros que ofrece el estándar 802.11e por defecto y se dejan propuestos una serie de parámetros para optimizar su funcionamiento.

Este trabajo se dedica a comprobar la efectividad de los mecanismos de acceso al medio que propone 802.11e (EDCA) mediante simulación, para demostrar las potencialidades de este estándar de ofrecer QoS en redes WLAN. El artículo se ordena como sigue. A continuación, se describen las principales características de 802.11e y EDCA. Luego se define el escenario de simulación y sus variantes. Más adelante se realiza un análisis de los resultados obtenidos en las simulaciones y se llegan a conclusiones pertinentes. Al final aparecen las referencias bibliográficas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se hará referencia al estándar 802.11e y los mecanismos de acceso al medio que contiene, haciendo especial énfasis en EDCA.

QoS en redes WLAN

En las WLAN se presentan problemas tales como la disponibilidad de ancho de banda, por lo que resulta fundamental la QoS. Las mejoras introducidas por el estándar IEEE 802.11e dotan a estas de calidad de servicio [4]. La QoS en redes de telecomunicaciones suele implementarse por medio de mecanismos para dar un tratamiento preferente a unas clases de tráfico frente a otras, sobre todo a la hora de tratar con tráfico multimedia, el cual presenta requisitos de ancho de banda y tiempo real [5].

La QoS garantiza la transmisión de datos en ciertas condiciones que ya se encuentran establecidas por diferentes entidades que controlan los servicios WiFi. Una de estas condiciones es que el tiempo de retardo de extremo a extremo de los datos no exceda un nivel específico de tiempo y además garanticen un determinado ancho de banda para un servicio específico.

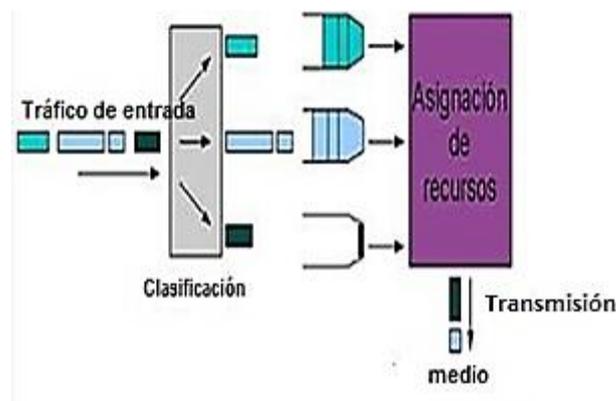


Figura 1: Esquema de QoS para redes WiFi [4].

En la Fig. 1 se representan las 2 acciones fundamentales para garantizar la QoS. En el clasificador del tráfico de entrada pueden utilizarse varios criterios de clasificación, por ejemplo, por equipos de destino, por marcas de paquetes, por aplicación, etc. La clasificación es buscar a qué parámetros de QoS negociados o contratados pertenece un paquete (o tráfico) en particular: tráfico máximo en ráfaga, tráfico mínimo sostenido, latencia

máxima o variación en la latencia. Después de clasificar el tráfico, la red conoce los requerimientos de QoS y se procede a asignar los recursos necesarios. La fase de clasificación es común para todas las interfaces que necesitan QoS, la diferencia radica a la hora de asignar los recursos en dichas interfaces.

Parámetros de QoS en redes WLAN

Retardo: Tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino. Un retardo excesivo puede inutilizar aplicaciones VoIP.

Paquetes sueltos: Los enrutadores pueden fallar en liberar algunos paquetes si estos llegan cuando los buffers ya están completos. La aplicación del receptor puede preguntar por la información que será retransmitida posiblemente causando largos retardos a lo largo de la transmisión.

Jitter: los paquetes del transmisor pueden llegar a su destino con diferentes retardos. Un retardo de un paquete varía impredeciblemente con su posición en las colas y ello puede afectar seriamente la calidad del flujo de audio y/o vídeo.

Errores: En ocasiones, los paquetes son mal dirigidos, combinados entre sí o se corrompen cuando se encaminan. El receptor tiene que detectarlos y justo cuando el paquete es descartado, pregunta al transmisor para repetirlo.

Pérdida de Paquetes: Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP, que no es orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. En las redes inalámbricas puede estar causada por pobre nivel de señal, limitaciones de rango e interferencias provocadas por otros dispositivos compartiendo el mismo rango de frecuencias [2].

Estándar 802.11e

El estándar 802.11 no proporciona soporte de QoS para las aplicaciones multimedia, para esto la IEEE definió un grupo de trabajo con el objetivo de proveer Calidad de Servicio a dicho estándar, donde se definió el protocolo 802.11e. Este protocolo introduce una tercera función de coordinación llamada HCF, que incorpora dos nuevos mecanismos de acceso al canal, EDCA y HCCA. Además, se hace una distinción entre aquellas estaciones que no utilizan los servicios QoS, que se denominan nQSTA (*non Quality of Service aware Station*), y aquellas que, si los utilizan, llamadas QSTA (*Quality of Service aware Station*) [6], [7].

El mecanismo EDCA es diseñado para soportar la priorización de QoS sobre diferentes tráficos, a través de cuatro AC (*Access Category*) [8]. Antes de entrar a la capa MAC cada paquete recibido es asignado con un valor específico TID (*Traffic ID*) definido en el estándar 802.11d. que será luego mapeada a una determinada categoría de acceso como se indica a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Mapeo de Tráfico a AC.

Prioridad del usuario	Categoría de Acceso	Tipo de Tráfico
1	0 (BK)	Background (BK)
2	0 (BK)	Spare or Standard
0	1 (BE)	Best Effort (BE)
3	1 (BE)	Excellent Effort (EE)
4	2 (VI/A_VI)	Controlled Load or Streaming Multimedia (CL)
5	2 (VI)	“Video” 100 ms Latency
6	3 (VO)	“Voice” 10ms Latency
7	3 (VO/A_VO)	Network Control or Reserved (NC)

Como se puede observar en la Fig. 2 cada AC conduce a una única entidad de contención con sus propios parámetros de prioridad. Estos parámetros son anunciados periódicamente en las tramas *beacon* [3].

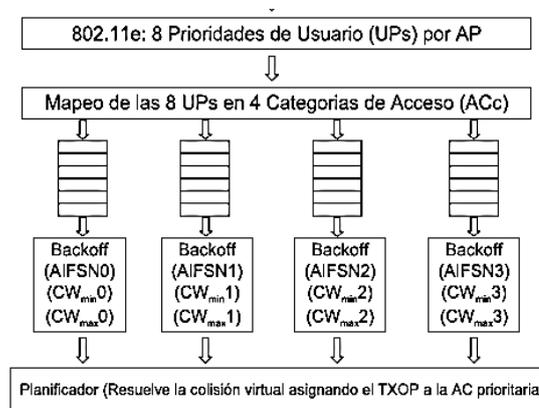


Figura 2: Parámetros de contención por AC [7].

Los parámetros de contención se definen a continuación:

Ventana de Contención: ($CW_{min} [AC]$, $CW_{max} [AC]$) se escoge un número aleatorio para lanzar el mecanismo de espera (*Backoff*). El formato de los subcampos ECW_{min} y ECW_{max} determina el valor de las ventanas de contención mínima y máxima respectivamente. Estas últimas se calculan de la siguiente forma [9]:

$$CW_{min} = 2^{ECW_{min}} - 1 \quad (1)$$

$$CW_{max} = 2^{ECW_{max}} - 1 \quad (2)$$

El mínimo valor permitido para CW_{min} y CW_{max} es cero y el máximo es 32727.

AIFS [AC]: Este valor sustituye al intervalo de tiempo DIFS, tomando un valor diferente para cada AC para que, tras éste, cada AC comience su proceso de *backoff*.

TXOP_Limit [AC]: Un TXOP (*Transmission Opportunities*) representa un tiempo durante el cual una estación (QSTA) permite transmitir una ráfaga continua de tramas de datos de una misma AC. Cada TXOP obtenido tras conseguir ganar la contención EDCA, es denominado EDCA –TXOP.

Tras ello, cada AC calcula aleatoriamente su propio tiempo de *backoff* entre los valores de $CW_{min} [AC]$ y $CW_{max} [AC]$, siendo más prioritario para el mayor valor de AC, como se muestra en la Fig. 3. Además de los 4 parámetros antes descritos, en el estándar también se define una variable usada en el incremento de la CW al provocarse una colisión llamada PF (*Persistence Factor*), el cual dependería del TC (*Traffic Category*) al que

pertenezca y que en estándares anteriores tomaba un valor fijo de 2. Al generarse de esta forma puede ocurrir que este tiempo coincida para diferentes AC en una misma QSTA, dando lugar a una colisión interna. Por este motivo un programador virtual interno será el encargado de permitir en estos casos transmitir sólo las tramas provenientes del AC mayor [10].

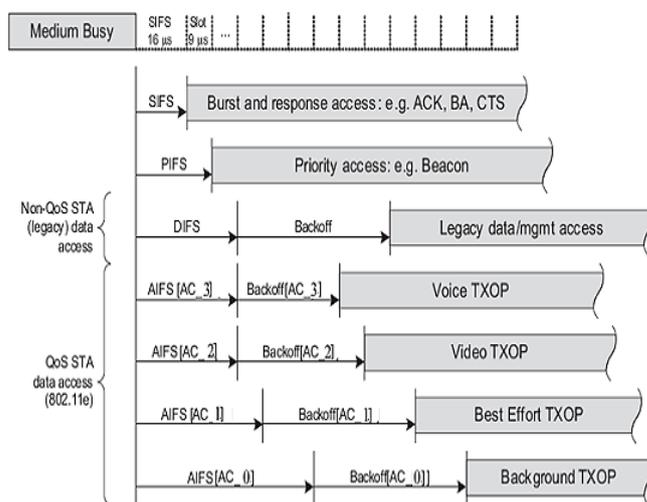


Figura 3: Acceso al canal por AC [8].

3. DESCRPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Para evaluar el desempeño de la QoS en redes WLAN, se utilizó el software OPNET Modeler 14.5, el cual brinda las herramientas necesarias para la simulación de escenarios inalámbricos. El escenario de la simulación se muestra en la Fig. 4, compuestos por una red WLAN formada por cinco estaciones que transmiten video y voz de manera simultánea entre ellas y un AP (*Access Point*). Además, en la Tabla se ofrecen otras características del escenario de simulación.

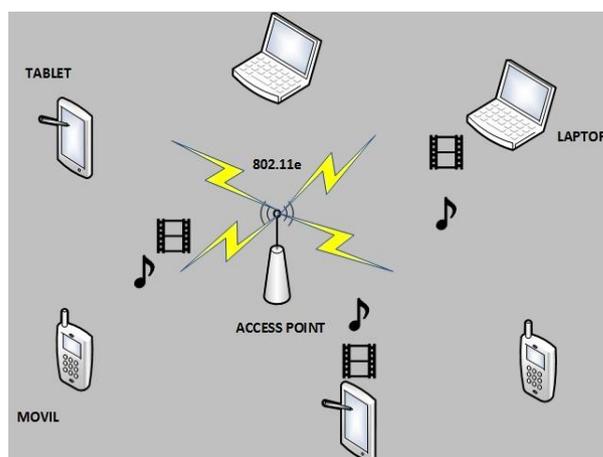


Figura 4: Escenario de simulación.
Tabla 2: Condiciones físicas del escenario

Parámetros	Potencia de transmisión	Número de celdas	Radio de la celda	Velocidad de movimiento
Estaciones	0,005 W	1	200 m	5 m/s
AP	0,005 W			

En una primera variante se utiliza el protocolo 802.11g con una razón de transmisión ajustada a 11 Mbps. Posteriormente se le añaden las características de QoS, específicamente las del mecanismo EDCA con los

parámetros recomendados en el estándar y en el tercero se modifican estos parámetros por los propuestos en [3]. Los parámetros a tener en cuenta para la simulación fueron el *Delay* que consiste en el retardo de extremo a extremo de todos los paquetes de datos que son recibidos con éxito por la MAC WLAN y reenviados a la capa superior. Este parámetro fue el evaluado en el escenario sin mecanismos de QoS. El otro parámetro a tener en consideración fue el *Delay by Access Category* que representa el retraso de extremo a extremo de todos los paquetes de datos que son recibidos con éxito por cada categoría de acceso de la MAC WLAN y reenviados a la capa superior. Este parámetro fue el analizado para las variantes con QoS.

De manera general, para redes WLAN existe una variedad de criterios de medida para evaluar estos parámetros de QoS. Las recomendaciones de QoS para redes IP son bien explícitas en los valores umbrales de los parámetros relacionados con la QoS. Para redes WLAN el consenso de la comunidad científica [4], [11], [12] toma como referencia, para el retraso de manera general, los valores de 150 ms para las aplicaciones de video y 25 ms para las aplicaciones de voz. En concordancia con esto se realizan los experimentos antes descritos.

Es necesario aclarar que en el trabajo no se incluyen los resultados obtenidos para el caso del AP, ya que al incluirlo como una estación de tipo QAP (QoS AP) los parámetros de acceso EDCA (por defecto) para este tipo de estaciones son diferentes a la de las estaciones QSTA. En el trabajo el autor se enfocó en analizar el comportamiento en las estaciones con iguales condiciones de acceso. El análisis de lo que sucede en el QAP quedará pendiente para trabajos futuros.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer escenario utiliza el estándar 802.11g y una tasa PHY (*physical layers*) de 11 Mbps. Se utiliza este estándar como base de los experimentos pues es necesaria una baja tasa de transmisión para lograr el efecto de la congestión en los enlaces inalámbricos. La configuración de cada una de los dispositivos está hecha para trabajar sobre el protocolo UDP y corresponden a voz y video; cuyos datos son resumidos a continuación en la Tabla 3. El tiempo de simulación en todos los casos fue de 10 minutos.

Tabla 3: Configuración de las Aplicaciones

Parámetros	Video	Voz
TID	5	7
Tasa de generación de datos	10 tramas de video/s	
Tamaño del Paquete (bytes)	17280 (128x120 píxeles)	
Tasa de Transmisión (Mbps)	1,4	100 Kbps
Códec		G.711

En este escenario el tiempo de retardo para estas aplicaciones multimedia resultan críticos, como se aprecia en la Fig. 5, pues los valores máximos permisibles para el retraso, para el caso de las aplicaciones de video y VoIP, ha de ser de 150 y 25 ms respectivamente. Por lo que el resultado obtenido del retardo sobre dichas aplicaciones es nefasto, aproximadamente 1,8 s, debido a que sobrepasan excesivamente los retardos permisibles antes mencionados.

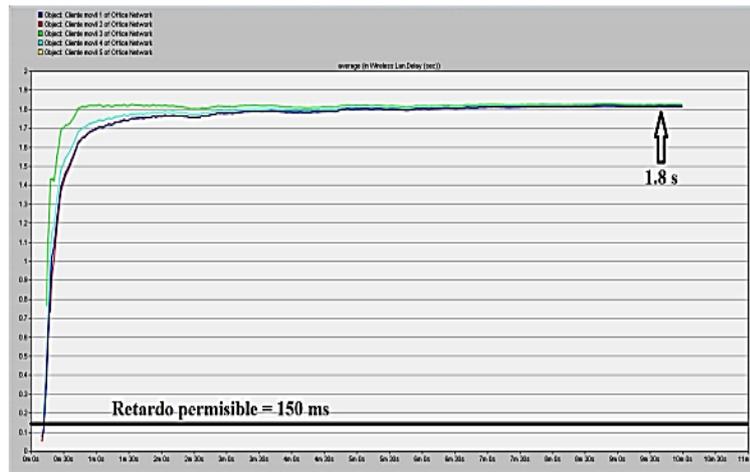


Figura 5: Retardo total en la red para todas las estaciones.

En el segundo escenario se mantienen los parámetros descritos anteriormente, pero se incorpora el mecanismo de acceso EDCA. Los parámetros de acceso al canal brindados en el estándar 802.11e se muestran a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4: Parámetros de acceso EDCA

AC	CWmin	CWmax	AIFSN
AC 0	31	1023	7
AC 1	31	1023	3
AC 2	15	31	2
AC 3	7	15	2

Al activar la función HCF, el tráfico es separado por categorías (video y voz), no así en el escenario uno, por lo que es posible comparar el comportamiento de la red ante diferentes tipos de tráfico.

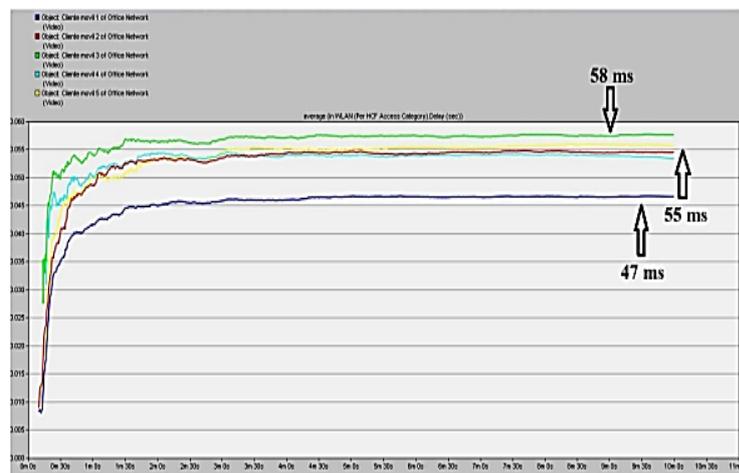


Figura 6: Retardo para el video en todas las estaciones.

Como se aprecia en la Fig. 6 el retardo oscila entre 47 ms y 58 ms para todos los dispositivos conectados simultáneamente y empleando las dos aplicaciones al mismo tiempo. Es evidente el correcto funcionamiento del estándar para esta extrema situación. Se puede apreciar la mejora que supone el uso de EDCA sobre el retardo ya que se logra un acceso más rápido, unido a que no se producen colisiones en este entorno, en comparación con el anterior.

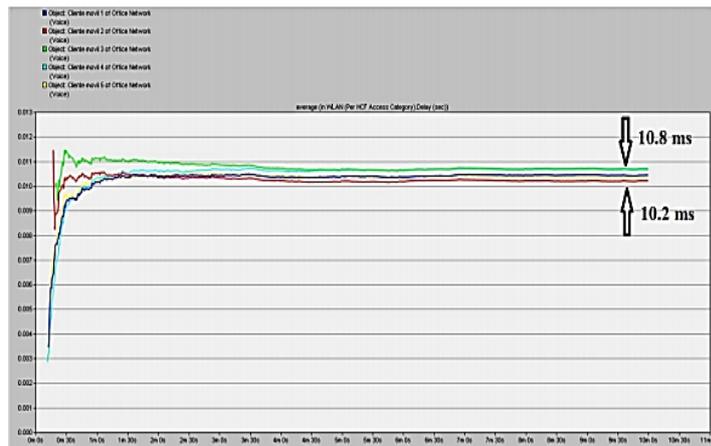


Figura 7: Retardo para voz en todas las estaciones.

En este caso la mejoría en el retardo también es apreciable pues no sobrepasó los 25 ms recomendados, sino que presenta valores entre los 10,2 y los 10,8 ms, como se aprecia en la Fig. 7. Para el caso del tercer escenario se modificaron los valores de acceso previstos en el experimento anterior por los propuestos en [3]. A continuación, en la Tabla 5 se relacionan los mismos. Los resultados obtenidos con esta modificación de los parámetros de acceso se muestran en las Fig. 8 y Fig. 9.

Tabla 5: Parámetros de acceso EDCA modificados.

AC	CWmin	CWmax	AIFSN
AC 0	63	1023	7
AC 1	63	1023	5
AC 2	31	63	3
AC 3	7	31	2

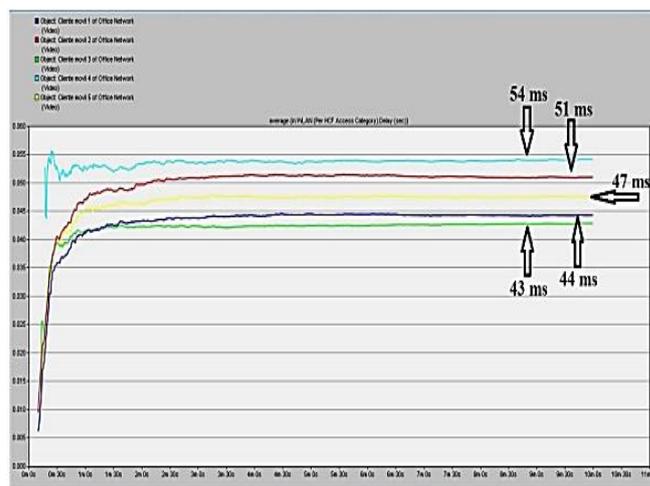


Figura 8: Retardo para el video en todas las estaciones.

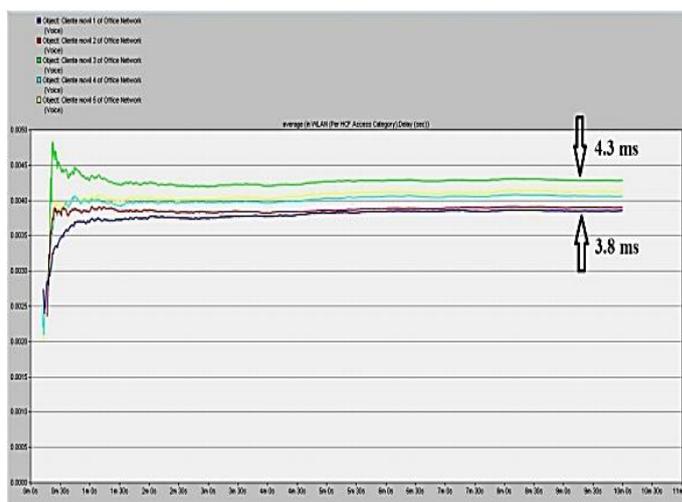


Figura 9: Retardo para la voz en todas las estaciones.

Con el cambio de los parámetros de acceso al medio, la mejora en el retardo del tráfico de video, mostrado en la Fig. 8 no es muy relevante. Sin embargo, las prestaciones obtenidas para los flujos de voz, mostrado en la Fig. 9, mejoran notablemente, esto se debe a la asignación de un AIFSN distinto para los flujos de voz y video. Con estos resultados es evidente que los valores por defecto definidos en el estándar 802.11e no desprenden un desempeño óptimo del estándar, pues modificando los parámetros de acceso se obtuvo mejoras significativas en el retardo de la voz y mejoras moderadas en el caso del video. En la Tabla 6 se aprecia un resumen de los resultados.

Tabla 6: Resumen de los resultados

Aplicaciones	802.11g	HCF (EDCA)	HCF(EDCA modificado)
Voz	1,8 s	10,8 ms	4,2 ms
Video		55 ms	54 ms

5. CONCLUSIONES

El estándar 802.11e es un método eficaz para mitigar los problemas de retardo que ocurren en la capa MAC de los dispositivos de conexión WiFi. Su utilización mejora sustancialmente los tiempos de retardo para las aplicaciones sensibles al mismo, mediante técnicas como EDCA. Los parámetros recomendados en el estándar 802.11e para el funcionamiento de EDCA brindan niveles de retardo adecuados para las aplicaciones de tiempo real al obtenerse retardos en el orden de los 55 ms y 10,8 ms para el video y la voz respectivamente. Al aumentar el tamaño de la ventana mínima y los tiempos AIFS se logra disminuir moderadamente el retardo para el video. En el caso de la voz la mejoría es sustancial con respecto a los parámetros por defecto ya que disminuyen hasta los 4,2 ms.

REFERENCIAS

- [1] I. 802.11 W. Group, "IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and information exchange between systems–Local and metropolitan area networks–Specific requirements–Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments," *IEEE Std*, vol. 802, no. 11, 2010.
- [2] R. Vázquez Sánchez, "Calidad de servicio en redes VoWLAN con interoperabilidad a redes móviles," MSc. Thesis, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, 2016.
- [3] C. Navarrete Chávez, "Evaluación de la tecnología IEEE 802.11 n con la plataforma OPNET," B.S. thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2009.
- [4] C. Felipe, M. del Rosario, R. Martínez Gómez, and Y. Crespo García, "Análisis de la QoS en redes inalámbricas," *Rev. Cuba. Cienc. Informáticas*, vol. 7, no. 1, pp. 86–96, 2013.

- [5] A. Y. Zavala Yerovi, "Estudio de QoS Sobre WLAN Utilizando el Estándar 802.11 e Aplicado a Transmisiones de Sistemas Multimediales en Tiempo Real.," B.S. thesis, 2010.
- [6] D. R. Martínez, *Comunicaciones en redes WLAN: WiFi, VoIP, multimedia, seguridad*. Creaciones Copyright, 2005.
- [7] J. Villalón, P. Cuenca, and L. Orozco, "Estudio de QoS en WLANs IEEE 802.11 e," in *I Congreso Español de Informática (CEDI 2005)*, *Publicación: Actas de las Jornadas de Paralelismo*, ISBN, 2006, pp. 84–9732.
- [8] E. Perahía and R. Stacey, *Next generation wireless LANs: 802.11 n and 802.11 ac*. Cambridge university press, 2013.
- [9] O. Alimenti, G. Reggiani, G. R. Friedrich, S. Tonietti, L. Cofre, and G. Velasquez, "Evaluación de EDCA 802.11 e en tiempo real con agrupamiento por clases de prioridad," in *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2012.
- [10] X. Chen, H. Zhai, X. Tian, and Y. Fang, "Supporting QoS in IEEE 802.11 e wireless LANs," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 5, no. 8, pp. 2217–2227, 2006.
- [11] P. Serrano, A. Banchs, P. Patras, and A. Azcorra, "Optimal Configuration of 802.11 e EDCA for Real-Time and Data Traffic," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 59, no. 5, pp. 2511–2528, 2010.
- [12] S. C. Perez, H. A. Facchini, L. A. Bisaro, and J. Campos, "Tuning mechanism for IEEE 802.11 e EDCA optimization," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 11, no. 4, pp. 1134–1142, 2013.

SOBRE LOS AUTORES

MSc. Rafael Alejandro Olivera Solís. Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Máster en Ciencias Telemáticas. Se desempeña como profesor asistente en el departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Es profesor principal de las asignaturas Radiopropagación y Líneas de Transmisión. Investiga en los temas de la compresión eficiente de señales de video con H.265/HEVC con aplicación en la TV digital terrestre, en la QoS de redes IP y redes WLAN. Se desempeña como vicedecano de Extensión, Comunicación e Informatización en dicha Facultad.

Dr. C. Félix Alvarez Paliza. Profesor Titular y Consultante de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.