

## IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS DE QoS EN REDES WI-FI

MSc. Ing. Carlos Lester Dueñas Santos<sup>1</sup>, Dr.C. Héctor Cruz Enriquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Especialista en Transmisión, Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), [carlos.duenas@etecsa.cu](mailto:carlos.duenas@etecsa.cu)

<sup>2</sup> Profesor Titular, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), [hacruz@uclv.edu.cu](mailto:hacruz@uclv.edu.cu)

### RESUMEN

La implementación de calidad de servicio (QoS) en redes Wi-Fi contribuye en muchos casos a mejorar el desempeño de la red. Es por ello que los estándares 802.11 han ido perfeccionando los mecanismos para proveer QoS. Además, la publicación de Wi-Fi Multimedia (WMM) por parte de la Wi-Fi Alliance para certificar todos los productos que cumplan con el estándar 802.11e demuestra la importancia que se le concede a la QoS en estas redes. No obstante, configurar adecuadamente un AP no es una tarea fácil porque se dispone de diferentes opciones con el propósito de alcanzar el mejor desempeño de la red. La selección de la configuración más adecuada requiere de un análisis en dependencia de las características del tráfico. Este trabajo tiene como objetivo analizar el impacto de la implementación de mecanismos de QoS en los AP y propone un cambio en la configuración por defecto de los parámetros de WMM, especialmente para los AP ubicados en las áreas públicas de acceso a Internet, tomando en cuenta las características del tráfico en estos sitios. Para alcanzar el objetivo propuesto, se hace una breve descripción de los mecanismos de QoS en redes inalámbricas de área local y se configuraron diferentes escenarios de simulación para la experimentación haciendo uso de las ventajas que ofrecen las herramientas de simulación de redes. Los resultados refuerzan la idea de la importancia de la implementación de QoS en las redes Wi-Fi.

**PALABRAS CLAVE:** Wi-Fi, mecanismos de QoS, MAC, WMM.

### ABSTRACT

The quality of service (QoS) implementation in Wi-Fi networks usually helps to improve the network performance. This is one of the reasons why the 802.11 standards have refined the QoS mechanisms. Also, the Wi-Fi Alliance release the Wi-Fi Multimedia (WMM) to certify all product that meet with the 802.11e standard, showing in turn the QoS importance in Wi-Fi network. But, it isn't an easy job to configure properly an AP because of many options to choose in order to reach the better performance of the network. The configuration selection might require an analysis dependent on traffic characteristic. This paper aims to analyze the impact of QoS implementation on AP and proposes a configuration for WMM default parameters, specially for APs allocated in public areas (Wi-Fi areas) taking into account its traffic characteristic. To reach this goal, this article shows a brief description of QoS mechanisms in wireless local area network and presents different simulation scenarios of configuration for experimentation purposes, which take advantage from the network simulation tools. The exhibited results strengthen the initial idea regarding to the importance of QoS implementation in Wi-Fi network.

**KEYWORDS:** Wi-Fi, QoS mechanisms, MAC, WMM.

## INTRODUCCIÓN

Las redes Wi-Fi son redes inalámbricas donde el ancho de banda es compartido por todos los usuarios de la red lo que implica que se empleen mecanismos para el control del acceso al medio. Los primeros estándares Wi-Fi (IEEE 802.11 *Legacy*, 802.11a, 802.11b, 802.11g) no proveían QoS (del inglés, *Quality of Service*) en el acceso al medio. El primer estándar dedicado a este aspecto fue (IEEE 802.11e) [1] motivado por la aparición creciente de contenidos multimedia y el desarrollo de la VoIP (del inglés, *Voice over IP*) que evidenciaron la importancia de darle un tratamiento diferenciado a este tipo de tráfico para poder brindar un servicio eficiente. Otros estándares se han publicado hasta la actualidad tratando aspectos relacionados con la QoS en la capa MAC (del inglés, *Medium Access Control*) IEEE 802.11n [2], 802.11ae [3], 802.11aa [4], 802.11ac [5] pero los principios básicos son los recogidos en [1].

Este tema continúa acaparando importancia debido a dos causas fundamentales. Primeramente el despliegue vertiginoso de redes Wi-Fi siendo una de las tecnologías inalámbricas que más han revolucionado el mundo de las telecomunicaciones y en segundo lugar, el incremento que ha seguido experimentando el tráfico de *streaming* en las redes actuales.

El caso de Cuba no está exento de las realidades expuestas anteriormente, actualmente en las áreas públicas de navegación a través de la red Wi-Fi predomina el tráfico *streaming* y sin embargo no hay implementado en la actualidad ningún mecanismo de calidad de servicio en el acceso al medio. Por tanto, este trabajo propone analizar el impacto de la implementación de QoS en las redes Wi-Fi enfocado principalmente a los escenarios públicos de acceso a Internet. Si bien este tema ha sido tratado previamente en otros trabajos como [6]- [12], el modelo y los experimentos presentados aquí están más enfocados a las características de los escenarios públicos de acceso a Internet en Cuba empleando Wi-Fi.

Antes del lanzamiento del estándar IEEE 802.11e en las redes Wi-Fi estaban definidos dos mecanismos de acceso al medio denominados DCF (del inglés, *Distributed Coordination Function*) y PCF (del inglés, *Point Coordination Function*). En sentido general, estos métodos comenzaron a disminuir su eficiencia ante la aparición de tráfico de *streaming* como la voz y el video que requerían de tratamiento diferenciado y por tanto de mejoras en las políticas de acceso al medio. Esto conllevó a la publicación del estándar 802.11e el cual define una serie de cambios en la capa MAC del protocolo 802.11 para poder soportar QoS y permitir así la mejora de calidad para los servicios multimedia que requieran transportar voz, audio y video. El nuevo esquema de control propuesto se denominó HCF (del inglés, *Hybrid Coordination Function*) y en él se definen dos métodos de acceso al canal: EDCA (del inglés, *Enhanced Distributed Channel Access*) y HCCA (*HCF Controlled Channel Access*).

EDCA ha sido el método más extendido y en el cual está basada la certificación WMM (del inglés, *Wi-Fi MultiMedia*). WMM es una certificación que provee la Wi-Fi Alliance a todos los dispositivos que cumplen con un grupo de funciones del estándar IEEE 802.11e. La certificación es opcional para los productos Wi-Fi y garantiza la coexistencia con los dispositivos no certificados WMM. La certificación es emitida tanto para clientes como para APs y el impacto de su implementación se analizará a lo largo del trabajo.

## SIMULACIONES Y EXPERIMENTOS

A continuación, se presenta el modelo de simulación utilizado para la realización de los experimentos descritos en este trabajo.

### Modelo de simulación

En la Figura 1 se muestra el escenario general de simulación del modelo empleado en el presente trabajo. El modelo ha sido construido utilizando el simulador OPNET Modeler. Este *software* tiene implementado un módulo muy completo para redes inalámbricas que abarca los principales estándares 802.11, además brinda muchas facilidades para su configuración, ofrece una amplia variedad de alternativas para los análisis y los resultados pueden ser presentados de disímiles formas. Más de 500 universidades en todo el mundo lo emplean en sus programas de enseñanzas e investigaciones [13] y ha sido utilizado en múltiples trabajos investigativos entre los que se destacan por su actualidad y apoyo en la realización de este trabajo [14]-[16].

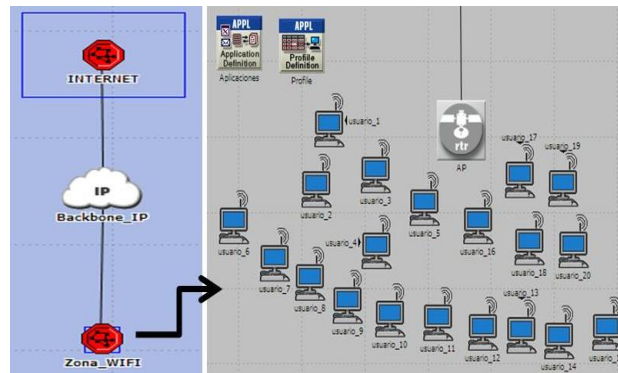


Figura 1: Escenario general de simulación.

El escenario presentado guarda similitud con escenarios reales de acceso a Internet a través de redes Wi-Fi en Cuba y ha sido empleado con anterioridad en [17]. La zona Wi-Fi la integran un punto de acceso y 20 estaciones de trabajo. El modelo de propagación considerado fue el de espacio libre y no se consideraron usuarios con movilidad fuera de la zona.

Las estaciones de trabajo de los usuarios se configuraron con los parámetros mostrados en la figura 2. Por su parte, las figura 3, 4 y 5 muestran la configuración de los servicios empleados por los usuarios y la Tabla 1 recoge las características de las páginas web solicitadas tomando en cuenta las estadísticas publicadas en [18]. En el caso del servicio de VoIP y del servicio de video llamadas se utilizaron parámetros típicos de estos servicios.

|                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Wireless LAN Parameters             | (...)                       |
| BSS Identifier                      | Auto Assigned               |
| Access Point Functionality          | Disabled                    |
| Physical Characteristics            | Extended Rate PHY (802.11g) |
| Data Rate (bps)                     | 54 Mbps                     |
| Channel Settings                    | Auto Assigned               |
| Transmit Power (W)                  | 0.005                       |
| Packet Reception-Power Threshold... | -95                         |
| Rts Threshold (bytes)               | None                        |
| Fragmentation Threshold (bytes)     | None                        |
| CTS-to-self Option                  | Enabled                     |
| Short Retry Limit                   | 7                           |
| Long Retry Limit                    | 4                           |
| AP Beacon Interval (secs)           | 0.02                        |
| Max Receive Lifetime (secs)         | 0.5                         |
| Buffer Size (bits)                  | 256000                      |
| Roaming Capability                  | Disabled                    |
| Large Packet Processing             | Drop                        |

Figura 2: Configuración de las estaciones de trabajo en el simulador.

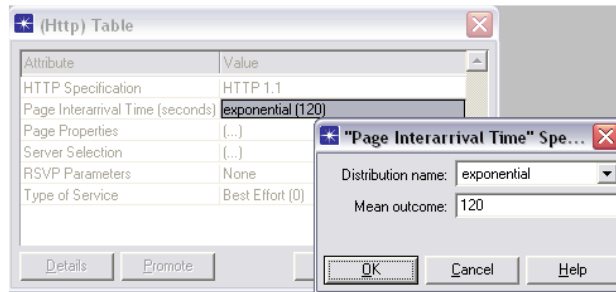


Figura 3: Configuración del servicio Web.

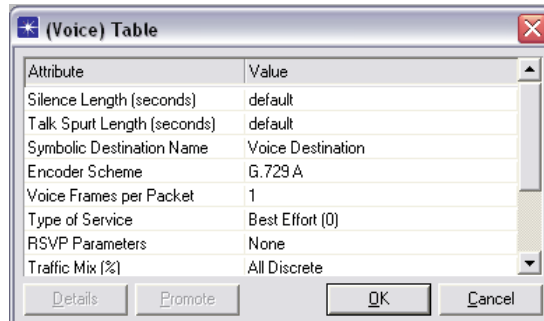


Figura 4: Configuración del servicio VoIP.

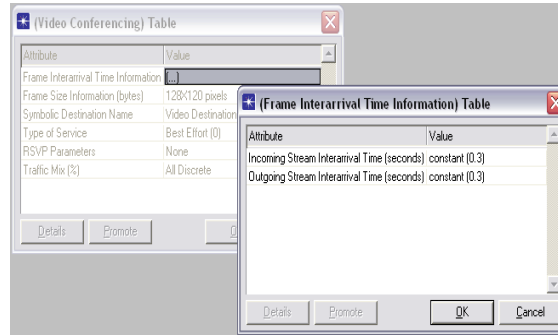


Figura 5: Configuración del servicio de video llamada.

Tabla 1: Características de las páginas web solicitadas

| Parámetros                                  | Valor   |
|---|---------|
| Tamaño promedio de página web               | 1500 KB |
| Cantidad de objetos promedio por página web | 50      |
| Tamaño promedio por objeto                  | 30 KB   |

### Experimentos

Los experimentos realizados en este trabajo tienen como objetivo cuantificar el impacto de la implementación de mecanismos de calidad de servicio en el acceso al medio de una red Wi-Fi. En el primer experimento se programan 20 usuarios concurrentes (10 accediendo a servicios web, 5 realizando llamadas de VoIP, 5 realizando video llamadas) y se dejan todos los elementos de la red bajo la política del mejor esfuerzo y no se implementa QoS. El segundo experimento se lleva a cabo manteniendo el mismo número de usuarios pero implementando en el AP WMM. La configuración de QoS en el AP del simulador se muestra en la figura 6. Los valores de los parámetros para cada categoría de acceso se corresponden con los valores por defecto que propone WMM.

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| [-] HCF Parameters             | [...]                      |
| [-] Status                     | Supported                  |
| [-] EDCA Parameters            | [...]                      |
| [-] Access Category Parameters | [...]                      |
| [-] Voice                      | [...]                      |
| [-] CWmin                      | $(PHY\ CWmin + 1) / 4 - 1$ |
| [-] CWmax                      | $(PHY\ CWmin + 1) / 2 - 1$ |
| [-] AIFSN                      | 1                          |
| [-] TXOP Limits                | Default                    |
| [-] Video                      | [...]                      |
| [-] CWmin                      | $(PHY\ CWmin + 1) / 2 - 1$ |
| [-] CWmax                      | PHY CWmin                  |
| [-] AIFSN                      | 1                          |
| [-] TXOP Limits                | Default                    |
| [-] Best Effort                | [...]                      |
| [-] CWmin                      | PHY CWmin                  |
| [-] CWmax                      | $4 * (PHY\ CWmin + 1) - 1$ |
| [-] AIFSN                      | 3                          |
| [-] TXOP Limits                | Default                    |
| [-] Background                 | [...]                      |
| [-] CWmin                      | PHY CWmin                  |
| [-] CWmax                      | PHY CWmax                  |
| [-] AIFSN                      | 7                          |
| [-] TXOP Limits                | Default                    |

Figura 6: Parámetros de QoS configurados en el AP del simulador.

En el tercer experimento se modifican los parámetros por defecto del mecanismo EDCA para WMM. La modificación consistió en invertir la prioridad de la voz y el video, concediéndole la mayor prioridad al video. Posteriormente se repite la misma secuencia de experimentos pero se aumenta el número de usuarios a 25 (10 usuarios web, 5 usuarios VoIP y 10 usuarios realizando video llamadas) para analizar el comportamiento a medida que hay un incremento en la concurrencia de usuarios y específicamente de las video llamadas. En todos los casos el tiempo de simulación se estableció en 30 minutos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se exponen los principales resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en este trabajo. La figura 7 muestra el tiempo de demora en el acceso al medio para un usuario que realiza una video llamada. Se aprecia como para el experimento 2 donde se configuró WMM el tiempo de demora disminuye.

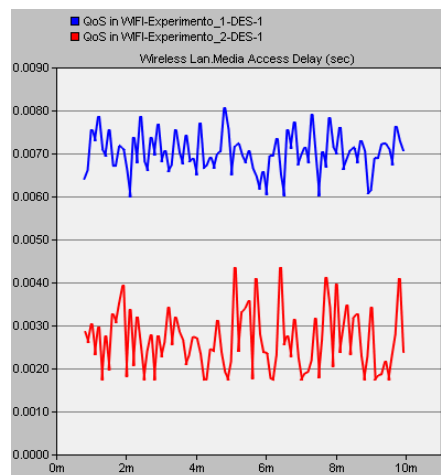
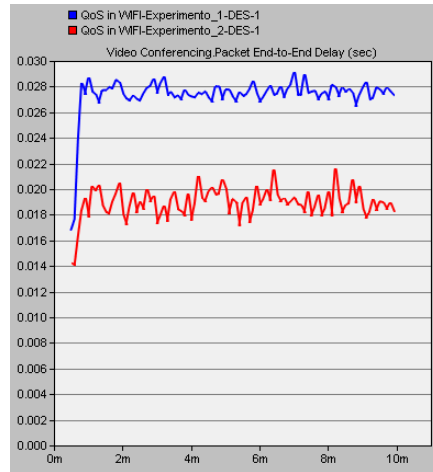


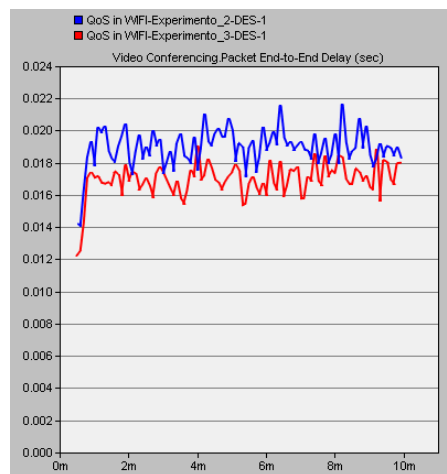
Figura 7: Tiempo promedio de acceso al medio.

La figura 8 muestra la comparación en cuanto al retardo extremo a extremo para el propio usuario durante una video llamada. Al igual que en la figura anterior los resultados muestran un mejor comportamiento en el segundo experimento.



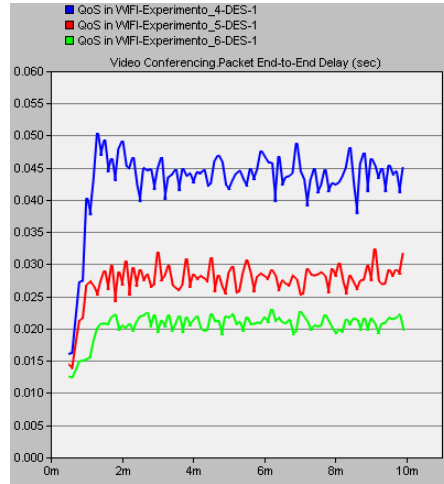
**Figura 8: Retardo extremo a extremo para un usuario que realiza una video llamada.**

Por su parte en la figura 9 se comparan los resultados en cuanto a este mismo parámetro y para el mismo usuario entre el experimento 2 y el 3 donde se modificaron los parámetros de WMM para darle más prioridad a los servicios de video llamada. Los resultados que se muestran en la figura demuestran que las modificaciones tuvieron el impacto deseado al lograrse disminuir el retardo extremo a extremo.



**Figura 9: Retardo extremo a extremo para un usuario que realiza una video llamada modificando en el experimento 3 los parámetros por defecto de WMM.**

Por último en la figura 10 se compara el retardo extremo a extremo para un usuario que realiza una video llamada en el marco de los experimentos 4, 5 y 6 donde como se explicó anteriormente, se aumentó el número de usuarios totales en la zona Wi-Fi y específicamente el número de usuarios que realizan video llamadas.



**Figura 10: Retardo extremo a extremo para un usuario que realiza una video llamada**

Los resultados arrojan dos conclusiones importantes. Primeramente que la diferencia entre los experimentos 4 y 5 es mayor respecto a la diferencia apreciada en los experimentos 1 y 2 Figura 8 para este mismo parámetro. Es decir, a medida que aumentó el número de usuarios en la zona Wi-Fi se hizo más notable la diferencia entre el escenario donde se implementó WMM respecto a donde no se implementó. Prácticamente lo mismo sucede si se comparan las diferencias entre los experimentos 2 y 3 Figura 9 con respecto a la diferencia medida entre los experimentos 5 y 6. En el experimento 3 modificar los parámetros por defecto de WMM representó una mejora de 4 a 6 ms en el retardo extremo a extremo respecto al experimento 2, sin embargo, esta misma modificación representó una mejora de 8 a 12 ms en el experimento 6 respecto al experimento 5, lo que evidencia que en un escenario a medida que aumenten las video llamadas cobra mayor importancia una adecuada configuración de los parámetros WMM, siendo eficaz la inversión de prioridad entre la voz y el video para escenarios como el de los experimentos donde se incrementa el número de usuarios realizando video llamadas de forma concurrente.

La modificación propuesta no afecta significativamente el resto de los servicios. Mediciones realizadas, por ejemplo, para una llamada de voz de un mismo usuario durante los experimentos 5 y 6 arrojaron que la demora extremo a extremo se deterioró solo en 1 ms aproximadamente en el escenario 6 respecto al 5, como se muestra en la Figura 11. No obstante, en la propia figura se puede apreciar que la demora mejoró en los escenarios 5 y 6 (WMM implementado) respecto al 4 donde no se implementó.



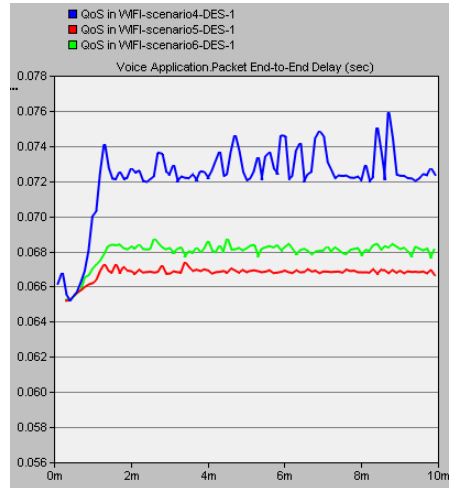


Figura 11: Retardo extremo a extremo para un usuario que realiza una llamada de voz

## CONCLUSIONES

La demanda de tráfico *streaming* en las redes Wi-Fi de acceso público a Internet conlleva a la necesidad de poner en práctica mecanismos de QoS en la capa MAC para optimizar el rendimiento de la red. Los experimentos realizados en este trabajo han evidenciado las mejoras en el desempeño de la red cuando estos mecanismos son implementados. Además se propone una modificación de los parámetros por defecto que proveen los fabricantes que cumplen con WMM para aquellos escenarios donde predominan las video llamadas. Se ha demostrado en las simulaciones realizadas que estas modificaciones contribuyen a mejorar la calidad del servicio de video llamadas, disminuyendo el retardo extremo a extremo, sin afectar significativamente al resto de los servicios.

## REFERENCIAS

- [1] IEEE, "Standard IEEE 802.11e," ed, 2005.
- [2] IEEE, "Standard IEEE 802.11n," ed, 2009.
- [3] IEEE, "Standard IEEE 802.11ae," ed, 2012.
- [4] IEEE, "Standard IEEE 802.11aa," ed, 2012.
- [5] IEEE, "Standard IEEE 802.11ac," ed, 2014.
- [6] E. Charfi, L. Chaari, and L. Kamoun, "PHY/MAC Enhancements and QoS Mechanisms for Very High Throughput WLANs: A Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 15, no. 4, pp. 1714-1735, 2013.

- [7] D. Kaur, et al. "QoS in WLAN Using IEEE802.11e: Survey of QoS in MAC Layer Protocols," in Second International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, IEEE, 2012, pp. 468-473.
- [8] M. Cruz, R. Martínez and Y. Crespo, "Análisis de la QoS en redes inalámbricas". Revista Cubana de Ciencias Informáticas, vol. 7, no. 1, pp. 86-96, 2013.
- [9] L. Sendrei, J. Valiska and S. Marchevsky, "H.264 Video transmission over WLAN in OPNET Modeler," Journal of Electrical Engineering, vol. 64, no. 2, pp. 112–117, 2013.
- [10] L. Das, et al. "Performance analysis of WLAN standards for video conferencing applications," in International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), 2011, vol. 3, pp. 59-69.
- [11] D. Maraj, et al. "QoS Evaluation for different WLAN standards," in 23<sup>rd</sup> Internacional Conference on Software, Telecommunication and Computer Networks (softCOM). IEEE, 2015, pp. 190-194.
- [12] F. Uddin, et al. "QoS and Admission Controller in IEEE 802.11e WLAN," in 4<sup>th</sup> Internacioanl Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, 2013, pp. 468-471.
- [13] A. Sethi and V. Hnatyshin, *The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation*. Boca Raton, FL.: CRC Press, 2012.
- [14] N. Singh, "Simulation of network traffic based on queuing theory using OPNET," Thapar University, 2010.
- [15] C. Dueñas, "Modelo de simulación para el análisis de tráfico en el canal de acceso a Internet de la UCLV," Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2015.
- [16] H. Mohammed, et al. "The Effects of Different Queuing Algorithms within the Router on QoS VoIP application Using OPNET," in International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), 2013, pp. 117-124.
- [17] C. Dueñas and H. Cruz "Modelo de simulación para el análisis del desempeño en redes Wi-Fi con acceso a Internet," in VII Simposio Internacional de Telecomunicaciones en el marco del evento Informática 2016, La Habana, Cuba, 2016.
- [18] "HTTP archive," 2015. [Online]. Available: <http://httparchive.org/interesting.php> . [Accessed: 9-Dec-2015].