

Calidad del servicio QoS en redes inalámbricas WIFI para la transmisión IPTV y tráfico multimedia

Oscar Daniel Ibarra Tobar

*Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación, odibarra0@
misena.edu.co*

Henry Gómez Gaitán

People Contact, henrygomezg@hotmail.com

Bibiana Gómez Urrego

bibianagomezu@gmail.com

Resumen

El presente documento corresponde a un artículo monográfico, que expone donde radican los problemas al momento de transmitir tráfico multimedia IP (como IPTV y VoIP) en redes inalámbricas WIFI para garantizar Calidad del Servicio QoS. El enfoque del trabajo es la capa MAC en el estándar IEEE 802.11.

La técnica utilizada es la revisión de literatura y al final se presentan conclusiones generales donde se proponen posibles alternativas para proporcionar calidad de servicio en redes WIFI.

Palabras clave: Calidad del Servicio, IPTV, Redes Inalámbricas WIFI, Multimedia

1 Introducción

La comunicación es una necesidad para el ser humano; las formas que utiliza el hombre para comunicarse han evolucionado a lo largo del tiempo, impactando casi todos los campos de la actividad humana. Hoy en día las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) han cambiado el paradigma de la comunicación en donde las redes de telecomunicaciones tradicionales manejaban un esquema vertical, es decir, por cada servicio existía una red única especializada. De esta manera, las necesidades y demandas de los usuarios de contar con redes convergentes que posibiliten la transmisión de múltiples servicios por una única red, se han ido incrementando notablemente, esto ha sido posible gracias a la flexibilidad del stack de protocolos TCP/IP y el incremento en los anchos de banda.

La tecnología IPTV corresponde a la capacidad de transmitir señales de televisión sobre redes de datos, de esta manera las señales de video se digitalizan y se empaquetan sobre el protocolo IP para ser transmitidas en redes de banda ancha.

En la actualidad se han desarrollado una amplia variedad de estudios en los cuales se busca transmitir IPTV sobre redes inalámbricas; sin embargo la transmisión de video sobre redes inalámbricas aun presenta muchas inconvenientes, pues requiere un ancho de banda superior a 1 Mbps, el contenido codificado es susceptible a las pérdidas de paquetes, el usuario final es sensible al delay (retardo) y al jitter (variación del retardo), adicional, las redes inalámbricas deben ser convergentes, es decir, deben estar en la capacidad de transmitir voz, datos y video y no únicamente video, esto aumenta el desafío al momento de transmitir servicios de IPTV en redes inalámbricas.

2 Calidad del Servicio QoS e IPTV

2.1 Calidad del Servicio QoS

Las redes inalámbricas hacen uso del espectro radio eléctrico como medio de transmisión de las señales, de esta manera el medio de transmisión es compartido y cualquier usuario dentro del área de cobertura puede acceder a él. (Ligth, 2013)

En esencia los problemas de las redes inalámbricas WIFI para la transmisión de servicios multimedia surgen de la concepción misma de dichas redes, pues las redes inalámbricas fueron pensadas y diseñadas como redes de datos y no como redes de voz y/o video, de esta manera su funcionamiento es apropiado cuando el tráfico a transportar es de datos.

Con el tiempo y el llegada del protocolo IP se dio la posibilidad de transmitir voz y video sobre el protocolo IP, así es posible transmitir servicios multimedia sobre las redes de datos como lo son las redes WIFI convencionales; sin embargo aunque la flexibilidad del stack de protocolos TCP/IP permita la transmisión de voz y video sobre redes de datos, las características del tráfico hacen que las redes inalámbricas convencionales no sean capaces de asegurar niveles de QoS aceptables para los servicios multimedia lo cual repercute en la manera como el usuario final percibe el servicio.



La calidad del servicio QoS en el ámbito de las telecomunicaciones se define como: «el efecto colectivo del rendimiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del usuario de dicho servicio». (Suarez 2013). Partiendo de esta definición ampliamente aceptada, el enfoque de la QoS es la percepción de la aplicación por parte del usuario final. En el campo de la telemática, se define QoS como «la capacidad de un elemento de la red de asegurar que su tráfico y los requerimientos de servicio previamente establecidos puedan ser satisfechos» (ITU, 1984, E-800)

Para aplicaciones multimedia en sistemas de integración de servicios en red se pueden diferenciar dos enfoques diferentes de QoS: el primero es el de red, que se refiere a la calidad del servicio en términos de los parámetros de red, como por ejemplo retardos, latencia, paquetes transmitidos a través de la red, etc. El segundo enfoque es el de los usuarios de las aplicaciones que se refiere a como el consumidor final de la aplicación multimedia la percibe, como por ejemplo la calidad del audio y video, la presencia de interrupciones en el mismo, etc. Aunque estas dos perspectivas de QoS están directamente relacionadas, el usuario no está familiarizado acerca de cómo la red administra los recursos y que mecanismos utiliza la red para brindarle el soporte de la calidad de la aplicación con la cual él si se encuentra familiarizado. Desde el punto de vista de la red, la meta de QoS es de proveer al usuario el máximo aprovechamiento de los recursos para satisfacer adecuadamente sus necesidades.

Para efectos del presente documento solamente se tendrá en cuenta el enfoque de red, en este ámbito de calidad del servicio se definen tres categorías que son: el tiempo, el ancho de banda y la confiabilidad.

La categoría del tiempo se compone de los parámetros que tiene que ver con el comportamiento del tráfico en el tiempo siendo los más importantes el retardo (delay) y la variación del mismo (jitter).

El ancho de banda se refiere a aquellos parámetros que monitorean la transmisión de bits a través de una red por una aplicación específica y la confiabilidad se relaciona con el promedio de paquetes que se pierden o dañan en la comunicación extremo a extremo.

Los parámetros que se deben evaluar en una red para determinar el grado de calidad del servicio son: tasa de bits de transferencia (throughput), retardo

(delay), variación de retardo (jitter), promedio de paquetes perdidos (PLR Packet Loss Rate), promedio de bits errados (BER).

A continuación se definirán y ampliarán cada uno de estos, partiendo de Ganz, Ganza, Wongthavarawat (2004, 21-28) y. García, et al (2007b)

Tasa de bits de transferencia (Throughput). Desde la perspectiva de la aplicación, se refiere al promedio de datos, es decir los bits por segundo, generados por una aplicación. Este parámetro se mide en bps y es más conocido como el ancho de banda efectivo que es uno de los recursos más valiosos de los sistemas y el cual se debe optimizar. El ancho de banda requerido por una aplicación depende del tipo de la aplicación y sus características específicas, así el ancho de banda requerido para la transmisión de un flujo de video es diferente que el ancho de banda para una transmisión de VoIP (Voice over IP). En aplicaciones de streaming de video, como es el caso de IPTV, algunos de los factores que afectan el Throughput son los siguientes:

Tamaño del Cuadro o Frame. Es una función del número de píxeles en cada fila y columna y el número de bits por píxel. Como por ejemplo la resolución del cuadro es de 720 x 480 o el estándar para monitores VGA de 640 x 480.

Promedio de Cuadro. Es el número de cuadros por segundo, cuanto mayor sea el número de cuadros por segundo mayor será el ancho de banda requerido.

Profundidad del Color. Es el número de posibles colores representados por píxel, por ejemplo 256 colores requieren de 8 bits de datos por píxel.

Compresión. Se reduce el consumo del ancho de banda a costa de la calidad del video. La evolución de los codecs de compresión es un factor determinante en el desarrollo de las tecnologías IPTV, el codec de compresión utilizado es el MPEG4, este algoritmo permite tasas de compresión mayores que MPEG2 (utilizado en los DVDs y en televisión satelital) sin disminuir notoriamente la calidad de la imagen, esta característica hace a este codec propicio para este tipo de aplicaciones, por otra parte el promedio de bits que se maneja en la compresión es variable (VBR Variable Bit Rate) y es posible ajustarlo.

Aumentar el ancho de banda significa poder transmitir más datos; sin embargo generalmente este aumento en la capacidad de transmisión repercute en un



incremento económico, por lo tanto una solución óptima no es aquella que se limita a aumentar el ancho de banda; sino aquella que genera estrategias para su administración.

El retardo o Delay. El retardo tiene una repercusión directa en la percepción de usuario del servicio y en su consecuente satisfacción. El retardo indica la variación temporal en la llegada de flujos a su destino. Dependiendo de la aplicación, el retardo aceptable varia, como por ejemplo en aplicaciones de interactividad como videoconferencias el retardo debe ser mínimo., mientras que en transferencias típicas de datos, este parámetro no es una variable tan sensible. Todos los elementos en la red que están involucrados en almacenamiento, transporte y procesamiento de la información introducen un retardo, tanto por transporte, como por procesamiento, buffering y demás tareas ejecutadas de origen a destino en una transmisión de información.

La variación de retardo (Jitter). Es lo que ocurre cuando los paquetes transmitidos en una red no llegan a su destino en debido orden o en la base de tiempo determinada, es decir, varían en latencia. Algo semejante a la distorsión de una señal. En redes de conmutación de paquetes, el jitter es una distorsión de los tiempos de llegada de los paquetes recibidos, comparados con los tiempos de los paquetes transmitidos originalmente. Existen varios métodos para reducir y eliminar los efectos nocivos del jitter especialmente en tráfico multimedia, dentro de los que se destaca la utilización de buffers en el receptor; sin embargo esto puede incrementar el costo económico.

Promedio de Paquetes Perdidos PLR. El promedio de paquetes perdidos es un parámetro relevante de la QoS, debido a que los paquetes perdidos o con información corrupta afectarán la percepción del servicio. Este parámetro consiste en el porcentaje de datos con error o perdidos sobre el total de datos en la transmisión. Para evitar la pérdida de paquetes y los errores en la transmisión existen protocolos y códigos detectores y correctores de errores y de retransmisión de los datos. Para valorar un servicio de IPTV como un streaming de alta calidad es necesario que los parámetros anteriores se encuentren en algunos rangos muy bajos, típicamente entre 10^{-4} y 10^{-7} o menor latencia en el orden de cientos de milisegundos y jitter de pocas decenas de milisegundos pueden ser tolerados.

2.2. Parámetros de calidad del servicio QoS a los cuales es más susceptible el IPTV

Una vez conocidos los parámetros de QoS, es importante definir cuáles de ellos son de mayor interés cuando de transmitir tráfico de video se trata, pues los servicios de datos y los servicios de voz y video tienen unos requerimientos diferentes.

En primer lugar los datos son sensibles a las pérdidas pero no son sensibles a los retardos, para explicarlo de una manera sencilla se puede pensar en una aplicación de correo electrónico, un usuario final no percibe desmejora en el servicio si el correo electrónico que envía llega unos milisegundos o segundos retrasado; pero si percibe una desmejora en el servicio si el correo electrónico le llega incompleto, de esta manera los datos son insensibles a los retardos pero no a las pérdidas.

Por otra parte el tráfico de video y de voz, es decir el tráfico que requiere interacción en tiempo real, es sensible a los retardos pero no a las pérdidas. Se puede ejemplificar en una aplicación de video conferencia, si en la aplicación se pierde un cuadro de los 30 cuadros por segundo que se envían, el Sistema Visual Humano (VHS) no tiene la capacidad de percibir la diferencia, esto no ocurre si hay un retardo, pues un retardo en la información repercutirá en interrupciones en el servicio y por lo tanto en la percepción del usuario final. En la tabla 1 se presenta un resumen de lo anterior.

Tabla 1. Relación de los parámetros QoS con el tipo de tráfico multimedia.
Elaboración Propia

| TRÁFICO | PERDIDAS BER y PLR | RETARDO DELAY | ANCHO DE BANDA |
|-------------|-----------------------|------------------|-------------------|
| DATOS | No Admisible | Admisible | Inferior |
| VOZ Y VIDEO | Admisible | No admisible | Superior |

Como se puede observar en la tabla 1, el tráfico de datos, voz y video requieren una administración diferente, en las redes cableadas los problemas relacionados con el tratamiento diversificado que se le debe dar a cada tráfico es fácilmente solucionable al establecer y configurar en los dispositivos de red, políticas de QoS como lo son la segmentación en VLAN (Virtual LAN) y la priorización de paquetes.

Sin embargo, en redes inalámbricas tradicionales no es posible implementar estas estrategias pues las redes WIFI IEEE 802.11 a/b/g no pueden etiquetar paquetes prioritarios en la Capa de Enlace MAC, pues los estándares no fueron diseñados para realizar dicha etiquetación.

3 Redes inalámbricas WIFI

3.1 IEEE 802.11

El protocolo IEEE 802.11, es un estándar internacional de la IEEE diseñado para proveer las características de una red inalámbrica, siendo hoy en día el estándar de acceso a las redes inalámbricas más utilizado en todo el mundo.

Este estándar fue creado en el año 1997 y con el transcurso de los años se han realizado modificaciones y mejoras en el protocolo inicial, a través de diferentes grupos de trabajo promovidos por IEEE que han dado lugar a subestándares del protocolo. A continuación se realiza una breve descripción de los principales subestándares.

- IEEE 802.11 a: Estándar enfocado a redes empresariales, opera en la banda de 5 GHz con ocho canales de radio, velocidades entre 2 Mbps y 54 Mbps de transferencia de datos,
- IEEE 802.11 b Estándar enfocado a redes caseras, opera en la banda de 2.4 GHz con catorce canales de radio, permite velocidades superiores a 2 Mbps y máximo de 11 Mbps de transferencia de datos
- IEEE 802.11g Este estándar fue creado con el fin de igualar la tasa de transferencia de la norma 802.11 a pero en la banda de trabajo original de 2.4 GHz, es decir, se puede ver como una mejora al estándar 802.11 b

El estándar original IEEE 802.11 utiliza la Función de Coordinación Distribuida DCF Distributed Coordination Function y la técnica de acceso al medio CSMA/CA, Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance. Esta técnica consiste en que cualquier estación puede hacer uso del medio para transmitir, para ello las estaciones escuchan si el canal esta libre durante un tiempo, que se conoce como DIFS Distributed Inter Frame Space. Si el canal se encuentra desocupado se realiza la transmisión de la trama.

Si el canal se encuentra ocupado las estaciones deben esperar un tiempo DIFS mas un tiempo aleatorio conocido como backoff, el objetivo de que este tiempo sea aleatorio es de evitar transmisiones simultáneas y por lo tanto colisiones.

El tiempo backoff es un tiempo entre 0 y el valor de la ventana de contención CW, El valor de la ventana de contención puede variar, si una colisión ocurre por primera vez el valor de la ventana de contención es mínimo, si continúan ocurriendo colisiones el valor de la ventana de contención se incrementa por cada colisión que ocurra.

Este mecanismo permite que se establezca la comunicación cuando una red inalámbrica se encuentra saturada pues al aumentar las colisiones aumenta el valor de la ventana de contención y por lo tanto el tiempo de backoff también aumenta, esto se traduce en que cuando una red está saturada cada estación debe esperar un tiempo mayor para poder transmitir, y así esperar a que la saturación termine.

Cuando las colisiones han terminado el valor de la ventana de contención se ubica en su mínimo.

De un análisis de las técnicas de acceso al medio en IEEE 802.11 se puede concluir que las estaciones que se encuentran en la zona de cobertura de determinado Access Point pueden iniciar una transmisión y todas las tramas que se envíen tendrán exactamente la misma prioridad y tratamiento, al momento de ocurrir saturación ninguna trama tendrá la prioridad de transmitir primero sino que deberá esperar el tiempo aleatorio que se haya calculado para cada trama, de esta manera esta técnica de acceso a nivel MAC no soporta servicios diferenciados y esto hace a las redes inalámbricas WIFI inadecuadas para la transmisión de video cuando hay la presencia de otros tráficos.

3.2. IEEE 802.11e

Considerando los inconvenientes del estándar 802.11 tradicional, referentes a la imposibilidad de priorizar diferentes flujos de tráfico, la ITU conformó un grupo de trabajo para desarrollar un estándar que fuera capaz de diferenciar y priorizar paquetes en redes inalámbricas WIFI, dando como resultado en el año 2005 el estándar IEEE 802.11e el cual presenta una modificación de las técnicas a nivel MAC que repercutieron en la posibilidad de asignar prioridades a las tramas, además de perfilar o categorizar el comportamiento del protocolo de acceso al medio, de acuerdo a los diferentes servicios o tipos de tráfico. Es así como se definen valores diferentes para el tiempo inter tramas, tamaño de las ventanas de contención, entre otros parámetros.

El estándar 802.11e proporciona las especificaciones necesarias para el soporte de QoS en redes inalámbricas para aplicaciones en tiempo real como voz y video. Para lograr el funcionamiento de este tipo de aplicaciones se realizaron algunas modificaciones de acceso al medio en el protocolo original que estaba basado en el esquema DCF (Distributed Control Function) y PCF (Point Coordination Function), implementando un nuevo esquema de control llamado función de coordinación híbrida (Hybrid Coordination Function HCF) que define dos tipos de acceso al medio: EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) y HCCA (HCF Controlled Channel Access)

EDCA se utiliza para la prioridad del canal de acceso, mientras que HCCA se utiliza para el control de acceso al canal. Solo EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) está disponible en los equipos comerciales, identificados por el WMM (Wi-Fi Multimedia), por lo tanto, en este artículo, solamente se tratará la técnica EDCA.

El funcionamiento de EDCA es en esencia sencillo, en primer lugar se definen cuatro categorías de acceso al medio conocidas como AC Access Category: Background (AC_BK), Best Effort (AC_BE), Video (AC_VI), Voice (AC_VO).

Para cada una de estas categorías se definen unos valores diferentes para el tiempo inter tramas y el tamaño de las ventanas de contención, entre otros parámetros.

Entonces una trama es etiquetada con una cola que indica la categoría a la cual pertenece, la trama antes de ser transmitida espera un tiempo conocido como

AIFS Arbitration Inter-Frame Space, así las AC con una baja prioridad tienen un AIFS mayor y tendrán que esperar más tiempo para empezar a transmitir, caso contrario las AC con mayor prioridad tienen un tiempo AIFS menor y podrán transmitir antes.

En cuanto a las ventanas de contención ocurre algo similar, el rango de la ventana de contención $[CW_{min}, CW_{max}]$ es diferente para cada AC, las AC con altas prioridades tienen tiempos de espera más pequeños.

Para conseguir la diferenciación del tráfico se definen diferentes tiempos de acceso al medio y diferentes tamaños de la ventana de contención para cada una de las categorías.

Al definir prioridades para los paquetes en capas superiores se utiliza el estándar IEEE 802.1P, según este estándar existen 8 niveles de prioridad diferente, entonces estos 8 niveles se asocian a las cuatro AC que define EDCA en capa MAC.

De esta manera el estándar IEEE 802.11e es una alternativa viable para mitigar los inconvenientes en la transmisión de tráfico multimedia en redes inalámbricas pues permite la priorización de los paquetes y la implementación de servicios diferenciados.

4 Resultados parciales consideraciones sobre el estándar IEEE 802.11e

Las técnicas de acceso al medio utilizadas en el estándar IEEE 802.11e le dan la posibilidad a las redes inalámbricas WIFI de diferenciar y priorizar el tráfico y de esta manera es posible implementar arquitecturas para proveer QoS.

Desde el desarrollo del estándar han surgido múltiples trabajos en los cuales se pretende validar el mismo utilizando ambientes de simulación, en el estudio realizado por Rauf, Amjad y Ahmed (2009) se efectúa una comparación entre IEEE 802.11 y IEEE 802.11e utilizando herramientas de simulación, los resultados de la evaluación de IEEE 802.11e EDCA en comparación con los estándares IEEE 802.11 DCF. Indican que el protocolo IEEE 802.11e introduce en forma eficaz los mecanismos de diferenciación, con el fin de proporcionar QoS en una solución de red inalámbrica.



Al realizar pruebas de video con los dos estándar, los autores encuentran un mayor número de colisiones al usar EDCA, lo anterior es debido al aumento de número de intervalos que utiliza el estándar para adquirir el mayor número de muestras y reconstruir la información, mientras que en DCF el número de colisiones es mínimo, pero la calidad de información depende del número de estaciones con que trabaje la red

Con EDCA permite soportar tráfico en tiempo real ya que introduce nuevos mecanismos a nivel de capa MAC como los ACs, mientras que el estándar DCF el rendimiento desciende más rápidamente a medida que aumenta el número de estaciones.

Sin embargo cabe preguntarse cuál es el desempeño del estándar a nivel de hardware, es decir a nivel de dispositivos reales. Bolla; Rapuzzi, Repetto, (2009) realizaron una evaluación del estándar sobre dispositivos comerciales, dentro de esta evaluación se probaron tres diferentes fabricantes de Access Point y tarjetas inalámbricas con certificación WMM, donde se puede concluir que la aplicabilidad de redes WIFI con QoS para realizar soporte de tráfico multimedia puede llevarse a cabo pero teniendo en cuenta que al adquirir el hardware todos los fabricantes tienen asignaciones diferentes de prioridades, los dispositivos de gama baja no permiten modificar ni visualizar la prioridad y es importante realizar una asignación correcta de las prioridades pues cuando se tienen configurado por defecto el tráfico de mejor esfuerzo (Nivel de prioridad igual a "0") el mecanismo no es eficiente.

Además es importante tener en cuenta que existen problemas asociados a la transmisión de video sobre redes WIFI que no necesariamente se solucionan con la diferenciación a nivel MAC que utiliza IEEE 802.11e, por ejemplo los codecs de compresión más utilizados para la transmisión de streaming de video sobre protocolo IP son los codecs MPEG, en estos codecs se encuentran 3 tipos principales de tramas I (Inter Trama), B (Bidireccional) y P (Predictiva), de donde de la primera dependen las otra dos, en una transmisión de IPTV sobre una red IEEE 802.11e no existe un mecanismo que permita conocer qué tipo de trama MPEG se está transmitiendo y a estas tres tramas se les dará la misma prioridad, entonces si en la comunicación se pierden principalmente tramas de tipo I, esto repercutirá en una disminución en la calidad del video.

Hung-Chin y Yu-Ti (2008) proponen un diseño híbrido para mitigar este inconveniente en el cual se involucran otras capas del modelo OSI además de la capa MAC.

Otro inconveniente se encuentra en redes WIFI multicelda donde se tenga configurado el servicio de roaming, pues en el momento en el que una estación cambia de una celda a otra se introduce un retardo y unas pérdidas de paquetes significativas, En el trabajo desarrollado por Canovas et al (2009) se logró reducir el delay de 34 s a 3 s y el promedio de paquetes perdidos de 3230 a 422, utilizando un dispositivo intermedio que controla el roaming y configurando protocolos multicast como IGMP.

5 Conclusiones

El estándar IEEE 802.11e fue desarrollado con el objetivo de dar a las redes IEEE 802.11 la capacidad de diferenciar y priorizar el tráfico de modo que se pueda asegurar niveles de calidad del servicio óptimos en la transmisión de tráfico multimedia en redes inalámbricas WIFI, como se evidencia en el artículo el desempeño del estándar ha sido evaluado en ambientes simulados y en ambientes reales llegando a la conclusión general de que se cumple el objetivo para el cual fue diseñado y de este modo es posible implementar servicios tipo Diffserv para administrar calidad de servicio en redes inalámbricas.

No obstante, también se evidencia que existen problemas en la transmisión de IPTV y tráfico multimedia en redes WIFI que no están directamente asociados con la capa MAC y por lo tanto la utilización del estándar no generara una solución definitiva de dichos inconvenientes.

De esta manera se propone que al momento de transmitir servicios multimediales en redes inalámbricas se diseñen estrategias integrales que involucren las demás capas del modelo OSI.

En las capas superiores se debe analizar con detalle los codecs de compresión a utilizar, así como la resolución de la imagen, Canovas et al (2009) en su trabajo en el campus de la Universidad Politécnica de



Valencia utilizan MPEG 4 a una velocidad de 256 kbps con una resolución de 320x240.

Es importante que la red soporte protocolos multicast, es decir que se debe garantizar que en la red estén configurados protocolos como por ejemplo IGMP.

Para los ambientes en los cuales se tenga implementado roaming se debe utilizar dispositivos intermedios como son las controladoras de redes inalámbricas, estos dispositivos centralizan toda la administración del QoS y permiten solventar problemas con respecto a retardos y pérdida de paquetes.

Referencias

BENAVIDES, Christian; GÓMEZ, Javier y AGREDO, Guefry. (2008) Estimación de capacidad en una red IEEE 802.11e para entornos outdoor multicelda. En: Sistemas & Telemática Vol. 6, No. 11 (ene-jun, 2008). Cali: Universidad Icesi. p. 31- 40. ISSN: 1692-5238.

BOLLA, R; RAPUZZI, R y REPETTO. (2009) On the effectiveness of IEEE 802.11e implementations in real hardware. En: Wireless Communication Systems, 2009. ISWCS 2009. 6th International Symposium (7-10/09/2009), pp.303-307

Print ISBN: 978-1-4244-3584-5

CANO, María Dolores; LOPEZ, Pablo; ALCARAZ, Juan José y CERDÁN, Fernando. (2009) El papel de los acondicionadores de tráfico para ofrecer Calidad de Servicio extremo a extremo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia

CANOVAS, A; BORONAT, F; TURRO, C y LLORET, J. (2009) Multicast TV over WLAN in a University Campus Network, Networking and Services, En: ICNS '09. Fifth International Conference (20-25/04/2009), pp.57-62, doi: 10.1109/ICNS.2009.105, Print ISBN: 978-1-4244-3688-0

- EKLING, Johan; GIDLUND, Mikael y FLODIN, Rasmus. (2007) Performance of Triple Play Services in Wireless Meshed Networks. En: Consumer Electronics, 2007. ISCE 2007. IEEE International Symposium on (23 June 2007).Irving (TX, USA)ISBN: 978-1-4244-1109-2
- GANZ, Aura; GANZ, Zvi y WONGTHAVARAWAT, Kittti. (2004) Multimedia Wireless Networks, Technologies, Standards, and QoS. Prentice Hall. 2004. ISBN: 0-13-046099-0
- GARCÍA, Carlos (2006). Propuesta de arquitectura de QoS en entorno inalámbrico 802.11e basado en Diffserv con ajuste dinámico de parámetros. Tesis Doctoral. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid.
- GARCIA, Julio; ALZATE, Adriana; ROSERO, David; GRISALES, Lucas y IBARRA, Oscar. (2007). Revisión sobre Integración de Servicios para IPTV. En: IV Seminario de Tecnologías Emergentes en Telecomunicaciones, (15-17/11/2007) Popayán.
- GARCIA, Julio; IBARRA, Oscar; ORTIZ, B; REINOSA, J y HENAO Vladimir (2007), Evaluación de la Calidad del Servicio en un Sistema Integrado Dúo-Play de Ludoteca Multimedia. En: Congreso COLCOM IEEE (27-28/09/2007), Bogotá.
- GARCIA, Julio; RODRIGUEZ, Álvaro y IBARRA, Oscar. (2006), Descripción de la Calidad del Servicio en una Cabecera LAN integrada” En: XII Congreso Internacional de Telecomunicaciones SENACITEL. Anales del XII Congreso Internacional de Telecomunicaciones SENACITEL, Universidad Austral de Chile • Instituto de Electricidad y Electrónica.
- GOZDECKI, J; JAJSZCZYK, A y STANKIEWICZ, R, (2003) Quality of service terminology in IP networks En: IEEE Communication. MAG 41 (3) 2003 153-159.
- HUNG-CHIN JANG y YU-TI SU.(2008) A Hybrid Design Framework for Video Streaming in IEEE 802.11e Wireless Network, En: Advanced Information Networking and Applications, AINA 2008. 22nd International Conference, pp.560-567, 25-28, March 2008. Print ISBN: 978-0-7695-3095-6
- HUIDOBRO, José y ROLDÁN, David. Comunicaciones en redes WLAN:



WiFi, VoIP, multimedia y seguridad. México. Editorial Limusa. ISBN: 968-18-6857 – 9.

ITU. (1984). Recomendación E-800

LIGHT, E. (2013). El espectro radioeléctrico como medio de vida. Commons. Revista de Comunicación y Ciudadanía Digital, 2(1).

LOPEZ, E; CASADEMONT J y COTRINAL, J. (2007) Sobre la justicia en las redes IEEE 802.11e Desincronización de su mecanismo de acceso al medio En: IEEE Latin America Transactions, VOL. 5, NO. 6, OCTOBER 2007

RAUF, B; AMJAD, M.F y AHMED, K. (2009) “Performance evaluation of IEEE 802.11 DCF in comparison with IEEE 802.11e EDCA,” En: Internet Technology and Secured Transactions, 2009. ICITST 2009. International Conference for , vol., no., pp.1-6, 9-12 Nov. 2009. ISBN 978-1-4244-5647-5

SHIHAB, Emad; WAN, Fengdan; NOEL, Tim; CAI, Lin y GULLIVER, Aaron Gulliver. (2007) Performance Analysis of IPTV Traffic in Home Networks. IEEE Communications Society subject matter experts for publication in the IEEE GLOBECOM 2007 proceedings. Autor, A. A. (Año de publicación). *Título: Subtítulo*. Ciudad, Estado: Editorial.

SUÁREZ Ramírez, A. (2013). Diseño e implementación de una herramienta para el monitoreo de parámetros de QOS en redes NGN. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali.

Judd, D. M. (2007). *A history of American nursing: Trends and*