

# Análisis de Tráfico, Modelación y Simulación del Tráfico de Video en Redes Wi-Fi 802.11e

Santiago Pérez, Higinio Facchini, Alejandro Dantiacq, Gastón Cangemi  
GRID TICs (Grupo UTN de Investigación y Desarrollo en TICs)  
Laboratorio de Análisis de Tráfico y Seguridad (Latys)  
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional  
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina  
0261-5244576

[santiagocp,higiniofac,alejandrod,gcangemi}@frm.utn.edu.ar](mailto:{santiagocp,higiniofac,alejandrod,gcangemi}@frm.utn.edu.ar)

Gabriel Quiroga

Sistemas Informáticos y Telecomunicaciones  
Escuela de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones  
Universidad Nacional de Chilecito  
9 de Julio 22 - Chilecito - La Rioja  
0 3825-427220

[hgquiroga@undec.edu.ar](mailto:hgquiroga@undec.edu.ar)

## Resumen

Las WLAN (Wireless LAN) basadas en IEEE 802.11 se han vuelto las redes más populares en el acceso a los servicios de red y de banda ancha móvil/wireless a Internet. Y se espera que en los próximos años los servicios y aplicaciones de streaming o interactivos de video, alcancen hasta un 70% del tráfico total sobre dichas redes. En orden a satisfacer los requerimientos de QoS (Quality of Service - Calidad de Servicio) se introdujo la tecnología Wi-Fi EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 802.11e. Diferentes líneas de investigación estudian el comportamiento de la norma 802.11e, para mejorar sus mecanismos de diferenciación de tráfico a nivel MAC, en orden a gestionar y priorizar aún más eficientemente los diferentes perfiles de tráfico. En este trabajo de investigación se pretende efectuar capturas y mediciones de tráfico de video en redes Wi-Fi 802.11e, obtener su modelación y simulación usando Redes de Petri con el simulador Möbius (Universidad de Illinois). El objetivo es determinar por simulación, en escenarios previstos al efecto, el impacto cuantitativo y cualitativo que tendrá en la QoS de las redes Wi-Fi 802.11e, la mezcla de tráficos diversos con alta presencia de tráfico

de streaming de video o tráfico de videoconferencias.

**Palabras claves:** tráfico wi-fi, IEEE 802.11e, tráfico de video, modelación, simulación

## Contexto

La línea de investigación está inserta en el proyecto homólogo, en el ámbito del Laboratorio de Análisis de Tráfico y Seguridad (Latys) del Grupo UTN GRID TICs (GRUPO UTN DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TICs), del Departamento Ingeniería en Electrónica, de Facultad Regional Mendoza, de la Universidad Tecnológica Nacional. Y además, está relacionado con el trabajo de Tesis de Maestría del Lic. Gabriel Quiroga, en la Facultad de Ciencias Exactas, de la Universidad Nacional de San Juan, y la Tesis de Maestría del Ing. Higinio Facchini, de la Facultad de Informática, de la Universidad Nacional de La Plata.

## Introducción

En los estudios del tráfico de video de redes ATM [1-5] pueden encontrarse bastantes métodos de modelación. Estos estudios

indican que el histograma de los tamaños de las tramas de velocidades de bit variable (VBR) presentan una forma de distribución tipo Gamma asimétrica y que la función de autocorrelación decae rápidamente a cero. Una importante base de conocimiento en la modelación de tráfico VBR es la aproximación dada en [6], donde se introduce el modelo DAR [7]. Se han propuesto algunos otros modelos para la modelación de tráfico de video VBR, tales como los modelos GBAR [8] y SCENIC [9] que son una generalización de los modelos DAR. El modelo GBAR podría ser una solución para la modelación de tráfico de video de los codificadores diseñados especialmente para videoconferencias. Por el contrario, el modelo SCENIC se orienta a video con movimiento total y no a contenidos de videoconferencias típicos. Estudios más recientes de la modelación de tráfico de video VBR confirman las conclusiones generales obtenidas en los trabajos enunciados previamente, extendiendo los modelos existentes y proponiendo también nuevos métodos para una modelación más exacta. En [10], un método reúne selectivamente las tramas para agruparlas en periodos de tiempo variable. En este estudio, el uso de películas (tipo ET y Starwars), como contenido visual, conducen a una generación de tramas con una aproximación Función de Densidad Probabilística (PDF) Gamma PDF, y Función de Autocorrelación (ACF) rápidamente decayendo a cero. Otro caso, es el estudio dado en [11] donde los autores proponen un nuevo modelo generalizado llamado MMB-DAR que combina una técnica de emparejamiento marginal y una variable de distribución uniforme. Los métodos enumerados anteriormente constituyen un aporte valorable al conocimiento del tema. Sin embargo, estos métodos han resultado de la evaluación sobre redes ATM, como medio de transmisión del tráfico de video masivo por parte de los proveedores de Internet (IPS). El presente trabajo ubica como objetivo de estudio el comportamiento por modelación y simulación del tráfico de video en las redes Wi-Fi 802.11e, es decir, a nivel del usuario

final. La evaluación del impacto en el rendimiento del tráfico de video en los usuarios de redes Wi-Fi ha comenzado recientemente a ser parte de la agenda de diversas líneas de investigación, motivados especialmente por el creciente uso que se da al video en los dispositivos móviles (smartphones, tablets, etc.). Efectivamente, los servicios de datos wireless móviles están en camino a satisfacer las necesidades de muchos usuarios de la red. Los servicios de voz con dispositivos móviles ya son considerados como una necesidad por la mayoría de la gente. Y los dispositivos móviles para los servicios de datos, video y TV se están convirtiendo rápidamente en una parte esencial de la vida de los consumidores. La posibilidad de acceso wireless a la red, ha demostrado ser un fenómeno transformador y ampliamente utilizado por los consumidores, y como así también, por segmentos empresariales con impresionantes captaciones tanto en los países desarrollados y los mercados emergentes.

## **Situación y perspectiva tráfico de video**

Los suscriptores móviles están creciendo rápidamente y la demanda de ancho debido a los datos y video va en aumento. El tráfico de datos móvil total se espera que crezca a 16 Exabytes por mes en 2018, casi 10 veces más que en 2013 [12], y el tráfico de datos móvil crecerá en una tasa compuesta de crecimiento anual (Compound Annual Growth Rate - CAGR) de 61 % desde 2013 a 2018. (Un Exabyte son 1000 millones de Gbytes). En 2013, 71 % de las conexiones móviles globales M2M (Máquina a Máquina) se realizaron usando conectividad 2G, mientras que en el 28 % se usó 3G, y menos que el 0.5 % usó 4G. Para 2018, sólo 35 % de módulos M2M tendrán conectividad 2G; 51 % tendrá conectividad 3G; y 14 % conectividad 4G. También se observará una diversificación a nivel de dispositivos responsables del crecimiento de tráfico de datos. Las laptops y las netbooks continuarán generando una cantidad importante de tráfico,

pero las más nuevas categorías de dispositivos, tales como smartphones, tablets y nodos M2M han comenzado a sumar una porción más significativa del tráfico que se consolidará para el 2018 con el 65% del tráfico total. La proliferación de handsets, tablets y laptops sobre redes móviles es un mayor generador de tráfico, a causa de que estos dispositivos ofrecen al consumidor contenidos y aplicaciones no soportadas por generaciones previas de dispositivos móviles. Un simple smartphone puede generar tanto tráfico como 35 teléfonos celulares de características básicas; una tablet tanto como 121 teléfonos celulares, y una simple laptop como 498. Además, el tráfico promedio por dispositivos wireless se incrementará rápidamente en los próximos años. Los dispositivos móviles incrementan el tiempo de contacto individual con la red, y será común que este contacto eleve los minutos totales por usuario. Pero debe destacarse que no todo el incremento en el tráfico de datos móvil podrá atribuirse a la migración a la red móvil desde la red fija. Es de esperar que surjan varias aplicaciones exclusivamente móviles, tales como servicios basados en la ubicación, o aplicaciones de comercio móviles, por ejemplo. Las proyecciones de los próximos 5 años muestran un crecimiento sin cesar de video móvil, pese a las condiciones macroeconómicas en muchas partes del mundo. A causa de que los contenidos de video móvil tienen mucho más altas tasas de bits que otros tipos de contenidos móviles, el video móvil generará mucho del crecimiento de tráfico móvil futuro. El video crecerá a un CAGR de 69% por ciento entre 2013 y 2018, con el crecimiento más alto de cualquier categoría de aplicación móvil. De los 15.9 Exabytes por mes que circularán en la red móvil por el año 2018, 11 Exabytes serán debido a video. La capacidad de la red debe aumentar para disponer de más banda ancha móvil. El acceso de los consumidores a los datos, a los servicios de video y de voz de dispositivos wireless puede apoyar eficazmente las tendencias de uso móvil y mantener los costos de expansión de la infraestructura. Las tecnologías inalámbricas

Wi-Fi, ofrecerán experiencias anteriormente sólo disponibles a través de las redes cableadas. Los próximos años serán cruciales para los operadores y proveedores de servicios para planear futuras implementaciones de red, que deberán crear una plataforma adaptable sobre la cual desplegar la multitud de móviles, y otros dispositivos, con capacidad de aplicaciones del futuro. Por lo expuesto, en el presente proyecto se evaluarán el comportamiento del tráfico de video, en redes Wi-Fi 802.11, proponiendo diversos escenarios, en los que no podrán estar ausente las tendencias en la diversidad de dispositivos inalámbricos y el impacto creciente del tráfico de video en la proporción relativa del tráfico móvil.

## **Experiencias de Simulación**

Con el objeto de evaluar experimentalmente las limitaciones del mecanismo WiFi EDCA 802.11e, se analizará un modelo de simulación implementado en Redes de Actividades Estocásticas Jerárquicas (HSAN), que se ejecuta sobre el simulador Möbius [13]. Las HSAN son una versión de las Redes de Petri. Este modelo comprende una implementación precisa y detallada de la función EDCA asociada a las estaciones con QoS, considerando tanto su perspectiva funcional y temporal. Además, y desde el punto de vista de la modelación pueden obtenerse un gran número de medidas de performance. El modelo puede ser usado como una estructura base para construir modelos más complejos y de más alto nivel. Se utilizarán versiones de este modelo basado en HSANs, para la evaluación de performance del protocolo IEEE 802.11e en diferentes escenarios, con la presencia de tráfico de video. Específicamente, los modelos de simulación derivados permitirán el análisis y la evaluación del impacto al ajustar parámetros de temporización y otros del protocolo, en diversas configuraciones de red. Una ventaja importante, para evitar el proceso de construir un modelo de red para cada uno de los escenarios de simulación, es que el modelo a adoptar representa una simple

estación que soporta QoS. Este modelo es luego replicado, para obtener el escenario de simulación requerido. El número de réplicas se parametriza por el usuario y está totalmente automatizado por la herramienta de modelación Möbius. Esto provee una importante flexibilidad en el proceso de evaluación, como la aceleración en el análisis de diferentes escenarios de red.

Todas las simulaciones experimentales se obtendrán usando el modelo de simulación EDCA, previamente descrito, y con un intervalo de confianza del 95% y una precisión del 5 %. Las métricas de performance a analizar son: rendimiento absoluto, rendimiento relativo, pérdida de paquetes, retardo de cola promedio y tamaño de cola promedio. Se propondrán escenarios de simulación para analizar el comportamiento de las redes Wi-Fi, combinado con el algoritmo MTDA (Algoritmo de Diferenciación de Tráfico Múltiple) desarrollado en PID 25/J089. Estos escenarios tienen en cuenta la conducta de las categorías de acceso más altas (voz y video) del mecanismo EDCA, cuando estas categorías interactúan entre sí, en presencia o ausencia de fuentes de tráfico de mejor esfuerzo, o al cambiar la proporción relativa de estaciones de diferentes tipos de tráfico en la red.

## Experiencias de Laboratorio

Para el desarrollo de los laboratorios pilotos a implementar para el proyecto, se utilizará el siguiente equipamiento, de los Labs del GRID TICs:

- 1 (uno) AIRPCAP NX: USB 802.11 a/b/g/n Adapter (capture + injection)
- 1(uno) AP CISCO 4410N
- 2 (dos) Placas USB Wireless Linksys WUSB600N
- 2 (dos) Placas USB Wireless Kozumi K300MWUN
- 2 (dos) Placas Routerboard Mikrotik RB433AH
- 2 (dos) Placas MiniPCI Wireless Mikrotik R52N
- 2 (dos) Gabinetes para RB433
- 2 (dos) Antenas para Indoor Mikrotik

- 1 (uno) Wireless Access Point Sp918gk Micronet
- 1 (uno) Switch KVM 4 port Trendnet TK-400K
- 1 (uno) generador de Tráfico IP Traffic

## Objetivos

Objetivo general:

Demostrar que el algoritmo de sintonización MAC MTDA (Algoritmo de Diferenciación de Tráfico Múltiples Wi-Fi), tiene en cuenta el estado dinámico del sistema, y por lo tanto, siempre trabaja en puntos óptimos, indiferente de los cambios aleatorios en el tráfico Wi-Fi 802.11, y específicamente configurado para funcionar cuando existe una alta proporción relativa de tráfico de video de alta movilidad o de videoconferencias.

Objetivos específicos:

- a) Obtener la modelación del comportamiento de tráfico de video de alta movilidad y de videoconferencias en las redes Wi-Fi.
- b) Establecer las condiciones de diferenciación de tráfico dinámica que incrementa la prioridad de voz y de video de tiempo real, cuando su mezcla sea del orden del 80% del tráfico total, manteniendo niveles de rendimiento o de pérdidas establecidos para una adecuada QoS (Quality of Service).
- c) Maximizar el rendimiento agregado obtenido en la red para los diferentes flujos, incluyendo los otros no prioritarios elásticos, y
- d) Asegurar la adaptación a los cambios sobre el estado de la red Wi-Fi (definido como la mezcla instantánea de los flujos activos) encontrando la asignación más apropiada de los recursos del canal en cada situación.

## Líneas de investigación y desarrollo

El presente proyecto de investigación implica el afianzamiento de esta línea de estudio, iniciada en diversos proyectos internos de GRID TICs. Los integrantes del Proyecto, son miembros del Grupo UTN GRID TICs, y han trabajado en distintos proyectos en el área de

las TICs, desde hace 12 años en las temáticas de análisis de tráfico, redes avanzadas, Internet Version 6, entre otras. El presente proyecto articula y complementa el aspecto de QoS (Calidad de servicios) en redes Wi-Fi, del PID de GRID TICs, dirigido por el Ing. Santiago Pérez llamado “Algoritmo de Sintonización para la Optimización de Rendimiento del Estándar IEEE 802.11e EDCA en Redes Wi-Fi – Algoritmo MTD”, Código UTN: EIUTIME1755, Código Incentivo: 25/J089, Res. Secretaría de Ciencia y Tecnología UTN 61/13, Fecha de Inicio: Ene 2013, Fecha de Finalización: Dic 2014. Se aporta el conocimiento y experiencia de algunos de sus miembros en el tema de Redes WLAN 802.11, debido a su condiciones de Magister y Especialistas en Redes de Datos de la Universidad Nacional de La Plata, y por ser instructores de los cursos oficiales avanzados de Redes de Cisco de la carrera de CCNP y de CCNA (específicos de las temáticas de redes en todos los niveles del modelo OSI).

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está integrado por docentes investigadores, y becarios graduados y alumnos de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza y de la Universidad Nacional de Chilecito. El Mg. Ing. Santiago Pérez ha desarrollado y presentado para defensa la tesis doctoral sobre la modelación de las redes wireless 802.11. Mientras que el Ing. Higinio Facchini y el Lic. Gabriel Quiroga, desarrollan actualmente sus tesis de Maestría.

## Referencias

[1] H. S. Chin, J. W. Goodge, R. Griffiths, and D. J. Parish, “Statistics of video signals for viewphone-type pictures”, IEEE Journal in Selected Areas in Communications, 2002.  
 [2] D. M. Cohen and D. P. Heyman, “Performance modeling of video teleconferencing in ATM networks”, IEEE Transactions on Circuits and Systems for

Video Technology, vol. 3, no. 6, pp. 408–422, 1993.

[3] R. Kishimoto, Y. Ogata, and F. Inumaru, “Generation interval distribution characteristics of packetized variable rate video coding data streams in an ATM network”, IEEE Journal in Selected Areas in Communications, 2002.

[4] B. Maglaris, D. Anastassiou, P. Sen, G. Karlsson, and J. D. Robbins, “Performance models of statistical multiplexing in packet video communications”, IEEE Transactions on Communications, 2002.

[5] M. Nomura, T. Fujii, and N. Ohta, “Basic characteristics of variable rate video coding in ATM environment”, IEEE Journal in Selected Areas in Communications, 2002.

[6] D. P. Heyman, A. Tabatabai, and T. V. Lakshman, “Statistical analysis and simulation study of video teleconference traffic in ATM networks”, Global Telecommunications Conference, 1991.

[7] P. A. Jacobs and P. A. W. Lewis, “Time series generated by mixtures”, J. Time Series Analysis (1983), vol. 4, no. 1, pp. 19-36.

[8] D. P. Heyman, “The GBAR source model for VBR videoconferences”, IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 5, pp. 554-560, 1997.

[9] M. R. Frater, J. F. Arnold, & P. Tan, “A new statistical model for traffic generated by VBR coders for television on the broadband ISDN”, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology”, vol. 4, pp. 521-526, 2002.

[10] F. Fitzek and M. Reisslein, “MPEG-4 and H.263 video traces for network performance evaluation”, IEEE Network, vol. 15, no. 6, pp. 40--54, November/December 2001, Video traces available at <http://www.eas.asu.edu/mre>.

[11] L. Yan-ling, W. Peng, W. Wei-ling, “A Steady Source Model for VBR Video Conferences”, International Conference on Information Technology: Computers and Communications, Nevada, pp. 268, 2003.

[12] [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visualnetworking-index-vni/white\\_paper\\_c11-520862.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visualnetworking-index-vni/white_paper_c11-520862.pdf)

[13] <https://www.mobius.illinois.edu>