

Análisis Comparativo de métricas de QoS de Redes Wi-Fi 802.11e con Capa Física 802.11n y 802.11ac

Santiago Pérez, Gustavo Mercado, Higinio Facchini, Alejandro Dantiacq, Gastón Cangemi
GRID TICs (Grupo UTN de Investigación y Desarrollo en TICs)
Laboratorio de Análisis de Tráfico y Seguridad
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina
0261-5244576
[/santiagocp,gmercado,higiniofac,alejandrod,gcangemi}@frm.utn.edu.ar](mailto:{santiagocp,gmercado,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 n° 22 - Chilecito - La Rioja
0 3825-427220
hgquiroga@undec.edu.ar

Resumen

Las Redes Inalámbricas basadas en IEEE 802.11 se han vuelto las redes más populares en el acceso a los servicios WLAN corporativos y de banda ancha móvil/wireless de Internet. Para satisfacer los requerimientos de QoS (Quality of Service - Calidad de Servicio) se introdujo, a nivel de Capa 2, la tecnología IEEE EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 802.11e. Mientras que para satisfacer mayores velocidades de transferencias, a nivel de Capa 1, se han sucedido diversas mejoras introducidas con IEEE 802.11n y IEEE 802.11ac. Estas últimas tecnologías establecen características PHY y MAC obligatorias y opcionales.

En este proyecto de investigación se propone un análisis comparativo de las métricas de QoS de Wi-Fi entre 802.11a, 802.11n y 802.11ac, evaluando el nivel de mejoras alcanzadas con las técnicas de agregación MAC Service Data Unit (A-MSDU) y MAC Protocol Data Unit (A-MPDU), y con diferente número de streams espaciales y de ancho de banda de canal.

La experimentación se realizará mediante simulación usando una variante del modelo de estación (STA) EDCA 802.11e construido

con Redes de Petri (Universidad de Porto) combinado con el simulador Möbius (Universidad de Illinois).

Palabras claves: QoS, IEEE 802.11e, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac, modelación, simulación, Redes de Petri

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 Doctoral del Mg. Ing. Santiago Pérez (de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Mendoza), de Maestría del Lic. Gabriel Quiroga (en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de San Juan), y de Tesis de Maestría del Ing. Higinio Facchini (de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata).

Introducción

En años recientes, el esfuerzo continuo en la búsqueda de comunicaciones wireless de gigabit ha dado resultados en las WLAN IEEE 802.11 [1-2]. Por ejemplo, en 2010, la Alianza Wireless Gigabit (WiGig) formada por un consorcio de líderes de la industria completó el primer borrador de la especificación WiGig [3] que definió una arquitectura unificada para habilitar comunicaciones tribanda sobre las bandas de frecuencias de 2.4, 5 y 60 Ghz.

La especificación WiGig, que apuntaba a obtener comunicaciones wireless multigigabit en la banda de 60 Ghz, contribuyó a la nueva enmienda conocida como IEEE 802.11ad. La misma se construyó sobre el estándar 802.11 existente, dando interoperabilidad con las bandas de 2.4 y 5 Ghz de las normas 802.11b/a/g/n [4] y el estándar 802.11ac [5-6].

En la banda de 5 Ghz, IEEE 802.11ac puede proveer un tasa de datos PHY máxima de cerca de los 7 Gbps. Para 80 Mhz de ancho de banda de canal, se establece un rendimiento MAC de más que 500 Mbps para un escenario con un único usuario, y un rendimiento MAC agregado de más que 1 Gbps para un escenario multiusuario.

Consecuentemente, 802.11ac puede utilizarse en los servicios de tasas de datos más altas, tales como televisión de alta definición, implementación inalámbrica de interfaces multimedia de alta definición, entre otras aplicaciones.

Este estudio pretende analizar los beneficios potenciales de QoS de 802.11ac, en términos de prestaciones MAC, comparado con 802.11a y 802.11n.

Visión general de las mejoras en las características de Capa 1 y 2 de 802.11ac

En general, 802.11ac es una extensión de 802.11n sobre las dos características básicas fundamentales conocidas: multiple input multiple output (MIMO) y ancho de banda de canal más amplio.

La idea básica es que la tasa de datos PHY máxima teórica puede crecer linealmente por un factor dado por el número de flujos espaciales (antenas de transmisión/recepción) o el ancho de banda. En otras palabras, la tasa de datos PHY puede duplicarse (cuadruplicarse) si se duplica el número de flujos espaciales o (y) el ancho de banda del canal.

A. Características PHY obligatorias y opcionales

IEEE 802.11ac mantiene la mayoría de las características PHY obligatorias de 802.11n, tales como la codificación convolucional binaria (BCC) para la corrección de errores, MIMO básico, los esquemas de modulación y codificación (MCSs) de 0 a 7, y el intervalo de guarda regular de 800 ns.

La diferencia clave en estas características obligatorias es el soporte al ancho de banda de canal de 80 MHz para lograr un incremento de prácticamente el doble de la tasa de datos de 802.11n, donde el canal más ancho tiene 40 MHz.

Como una consecuencia, 802.11ac obliga solo a un único flujo espacial, en lugar de uno o dos flujos espaciales como especifica 802.11n. Una razón para tal cambio es que el incremento del número de antenas, frecuentemente, impacta directamente en mayores costos. Por ello, los modos que utilizan más que un flujo espacial son ahora opcionales en 802.11ac. El modo de 80 MHz es una alternativa de costo inferior cuando se la compara al modo de 40 MHz con dos flujos espaciales.

En términos de características opcionales, 802.11ac define el soporte de 160 MHz de ancho de banda de canal para poder duplicar la tasa de datos sobre el ancho de banda de canal obligatorio de 80 MHz. Además, se introdujeron dos nuevos MCSs 8 y 9 basados en 256 QAM con tasas de código de 3/4 y 5/6 para una ulterior mejora de 20% y 33% en la tasa de datos, respectivamente, cuando se compara a la MCS más alta especificada en 802.11n que se basa en 64 QAM con una tasa de código de 5/6.

Con el objeto de soportar anchos de banda de canal más amplios, 802.11ac define canales de 20, 40, 80 y 160 MHz. Por ejemplo, una banda de transmisión de 40 MHz puede formarse por dos bandas contiguas de 20 MHz, mientras que una banda de transmisión de 80 MHz está formada por dos bandas contiguas de 40 MHz, en la cual una de las bandas de 20 MHz es el canal primario y el resto son canales secundarios. Sin embargo, una banda de transmisión de 160 MHz se forma por las bandas inferior y superior de 80 MHz que pueden ser contiguas o no contiguas.

B. Mejoras MAC

802.11n introdujo, como parte fundamental de su mejora MAC, dos diferentes clases de compresión por agregación de trama, llamadas A-MSDU y A-MPDU, en orden a mejorar su eficiencia MAC. También es posible combinar A-MSDU y A-MPDU, técnica conocida como agregación híbrida A-MSDU/A-MPDU [7-9].

De igual forma, la mejora MAC clave de 802.11ac está centrada alrededor de su capacidad para operaciones multicanal. En particular, 802.11ac soporta A-MSDU y A-MPDU realizada donde el tamaño de A-MSDU máximo y la longitud de la unidad de datos de servicio (PSDU) del procedimiento de convergencia PHY (PLCP) se incrementan desde los 7935 a 11426 bytes, y de 65535 a 1048576 bytes, respectivamente. Esto implica una ulterior mejora de su eficiencia MAC en base a tasas de datos PHY más altas.

Además, sumado a su capacidad multicanal, 802.11ac soporta protección realizada en la que el mecanismo handshake RTS/CTS ha sido modificado para soportar reserva de ancho de banda estática y dinámica, y transporta información de ancho de banda de canal. La idea es que las tramas RTS y CTS se transmiten por la STA VHT (Very High Throughput) sin usar alto rendimiento (non-HT) duplicando la unidad de datos del protocolo PLCP (PPDU). La duplicación de una transmisión no HT de 20 MHz en cada canal adyacente de 20 MHz de un ancho de banda de canal más amplio suministra

compatibilidad hacia atrás con otros dispositivos 802.11. De esta forma, las STAs heredadas pueden decodificar las tramas RTS y CTS, y actualizar su vector de asignación de red (NAV) para prevenir el problema de terminales ocultas que escalará con las operaciones multicanal de 802.11ac, en los canales secundarios de una STA VHT. Adicionalmente, la información del ancho de banda del canal en las tramas RTS y CTS junto con la canalización 802.11ac habilita la vecindad entre STAs VHT para ganar conocimiento de los canales secundarios de las STAs VHT.

El 802.11ac también soporta capacidades VHT, tales como: múltiple entrada múltiple salida multiusuario descendente (MU-MIMO) y el ahorro de potencia de las oportunidades de transmisión (TXOP), a través de su campo de información de capacidades VHT de la trama de administración. Las transmisiones MU-MIMO descendente pueden organizarse en la forma de MU-TXOP para facilitar el compartimiento de TXOP, donde el AP puede realizar transmisiones simultáneas a múltiples STAs receptoras usando su ID de grupo. El MU-TXOP requiere al menos una única STA, indiferente de su categoría de acceso (AC), para recibir tráfico desde la AC que ha obtenido exitosamente la TXOP, en lugar del requerimiento EDCA original donde sólo se permite una transmisión originada por la AC que gana la TXOP.

Finalmente, el ahorro de potencia TXOP se introdujo para que la STA VHT no AP puede entrar en el modo de ahorro de energía, cuando confirma que no es el destino durante de esa TXOP.

Experiencias de Simulación

Para entender los beneficios de 802.11ac se realizarán ensayos experimentales por simulación que servirán para comparar su performance MAC en términos de rendimiento máximo. Al efecto se proponen los siguientes escenarios:

- Canal de 40 MHz con 2×2 MIMO
- Canal de 80 MHz con single input, single output (SISO)
- Canal de 80 MHz con 2×2 MIMO
- Canal de 160 MHz con SISO

Con dicho objeto se tienen en cuenta las siguientes suposiciones:

- Transmisión punto a punto de un transmisor y un receptor operando con el modo EDCA (simple AC).
- Cada trama tiene un tamaño fijo.

La evaluación experimental de WiFi EDCA 802.11e, IEEE 802.11n y IEEE 802.11ac se utilizará un modelo de simulación implementado en Redes de Actividades Estocásticas Jerárquicas (HSAN), que se ejecuta sobre el simulador Möbius [10]. 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 métricas de QoS. El modelo puede ser usado como una estructura base para construir modelos más complejos y de más alto nivel.

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, con un intervalo de confianza del 95% y una precisión del 5 %.

Las métricas de QoS a analizar son: rendimiento absoluto, rendimiento relativo, pérdida de paquetes, retardo de cola promedio y tamaño de cola promedio.

Experiencias de Laboratorio

Para el contraste se realizarán experimentos de laboratorios pilotos a implementar para el proyecto con el siguiente equipamiento, de los Labs del GRID TICs:

- 1 (un) AIRPCAP NX: USB 802.11 a/b/g/n Adapter (capture + injection)
- 1(un) AP 802.11ac
- 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 (un) Wireless Access Point Sp918gk Micronet
- 1 (un) Switch KVM 4 port Trendnet TK-400K
- 1 (un) generador de Tráfico IP Traffic

Objetivos

A. Objetivo general:

Determinar cuantitativamente el impacto en las métricas de QoS, de las Redes Wi-Fi IEEE 802.11e, las mejoras introducidas en la norma IEEE 802.11ac respecto a la norma IEEE 802.11n, en el punto de rendimiento máximo.

B. Objetivos específicos:

- a) Determinar los escenarios de prueba o experimentación para el análisis comparativo.

b) Establecer la modalidad de comparación de los umbrales de las métricas de QoS y para cada uno de los escenarios de experimentación en el punto de rendimiento máximo.

c) Determinar las configuraciones de los protocolos IEEE 802.11e, IEEE 802.11n y 802.11ac para cada uno de los escenarios de experimentación, y

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 15 años en las temáticas de análisis de tráfico, redes avanzadas, Internet Version 6, modelación de tráfico con Redes de Petri, Redes de Sensores Inalámbricos, etc. 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 “MEDIDA, MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL TRÁFICO DE VIDEO EN REDES WI-FI 802.11E - ALGORITMO MTDA”, Código UTN-Incentivos: UTI3502TC, Disposición de la. Secretaría de Ciencia y Tecnología UTN 570/14, Fecha de Inicio: Ene 2015, Fecha de Finalización: Dic 2017.

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 Perez ha desarrollado y presentado para defensa la tesis doctoral sobre la modelación de las redes wireless 802.11e. Mientras que el Ing. Higinio Facchini y el Lic. Gabriel Quiroga, desarrollan actualmente sus tesis de Maestría sobre tráfico de video en redes Wi-Fi IEEE 802.11e.

Referencias

- [1] IEEE Std 802.11™-2012
- [2] G. Hiertz, D. Denteneer, L. Stibor, Y. Zang, X.P. Costa, and B. Walke, “The IEEE 802.11 universe”, IEEE Communications Magazine, 48(1):62–70, January 2010.
- [3] Wireless Gigabit Alliance, “Defining the future of multi-gigabit wireless communications”, White Paper, pages 1–5, 2010.
- [4] IEEE 802.11n 2009. Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, amendment 5: Enhancements for higher throughput. October 2009.
- [5] IEEE P802.11ac/D5.0, January 2013
- [6] E. H. Ong, et. al., “IEEE 802.11ac: Enhancements for Very High Throughput WLANs”, IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2011
- [7] E. Perahia and R. Stacey, “Next Generation Wireless LANs: Throughput, Robustness, and Reliability in 802.11n”, Cambridge University Press, The Edinburg Building, Cambridge, UK, 2008.
- [8] D. Skordoulis, Q. Ni, H. Chen, A. P. Stephens, C. Liu, and A. Jamalipour, “IEEE 802.11n MAC frame aggregation mechanisms for next-generation high-throughput WLANs”, IEEE Wireless Communications, 15(1):40–47, February 2008.
- [9] J. Kolap, S. Krishnan, N. Shaha, “Frame Aggregation Mechanism For High-Throughput 802.11N WLANs”, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 4, No. 3, June 2012
- [10] <https://www.mobius.illinois.edu>