

Un mecanismo de Sintonización de Parámetros EDCA 802.11e: Algoritmo MTDA

Santiago Pérez, Higinio Facchini, Gustavo Mercado, Carlos Taffernaberry, Luis Bisaro
GRID TICs (Grupo UTN de Investigación y Desarrollo en TICs)
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina
0261-5244576
{santiagocp, higiniofac, gmercado, carlos_taffe, lbisaro}@frm.utn.edu.ar

Resumen

Las WLAN basadas en IEEE 802.11 se han vuelto las más populares en accesos de banda ancha móvil/wireless a Internet.

Corrientemente, la mayor parte del tráfico transportado por estas redes está compuesto por servicios de internet tradicionales como web browsing, e-mail o transferencia de archivos. Sin embargo, las llamadas se voz sobre Internet (VoIP) y otros servicios de streaming o interactivos como video o juegos en tiempo real, tendrán un importante rol en las redes wireless multiservicio heterogéneas del futuro.

En orden a satisfacer los requerimientos de mayor tráfico y el servicio de aplicaciones nuevas, la tecnología WLAN evoluciona en dos claras direcciones: i) experimentando maximizar la utilización del canal wireless con nuevas especificaciones PHY, usando OFDM, técnicas MIMO, entre otras y ii) mejorando los mecanismos de diferenciación de tráfico a nivel MAC, en orden de gestionar apropiadamente los diferentes perfiles de tráfico.

Los Access Points (AP) y tarjetas wireless implementando la EDCA (802.11e Enhanced Distributed Channel Access) están ya comercialmente disponibles bajo la denominación de WMM (Wireless Multimedia). EDCA/WMM provee diferenciación de tráfico clasificando los flujos de tráfico en diferentes Categorías de Acceso (ACs), donde cada AC tiene sus propios parámetros MAC.

Más recientemente, han surgido propuestas con el objeto de seleccionar dinámicamente

los parámetros MAC óptimos que permitan mejores resultados de performance.

Un algoritmo de sintonización de parámetros MAC es la función $f(\cdot)$ que selecciona los parámetros MAC futuros dados los valores actuales y el estado corriente de la WLAN.

El objeto del trabajo es proponer y experimentar por simulación un algoritmo de sintonización, que llamaremos MTDA (Algoritmo de Diferenciación de Tráfico Múltiple) que introduzca importantes mejoras a los antecedentes, como su funcionamiento en escenarios más realistas, una inicialización efectiva y de rápida convergencia, y la diferenciación eficiente de múltiples tráfico wireless (voz, video y de mejor esfuerzo con distribución Pareto).

Palabras claves: sintonización, EDCA, 802.11e, Pareto,

Contexto

La línea de investigación está inserta en el proyecto PID "Modelación del rendimiento de WLAN con diferentes tipos de nodos de nodos usando Redes de Petri", en el ámbito 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, aprobado por el Consejo Directivo con resolución n° 898/2009, y bajo el número UTN1193 de la UTN, número 25/J070 del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología para el programa de incentivos, y aprobado y financiado por resolución 71/2010 de la Secretaría de Ciencia y Técnica de

Rectorado de la UTN, desde enero/2010 hasta la fecha.

Introducción

La provisión de QoS (Quality of Service) para las aplicaciones de capa superior es uno de los más grandes desafíos que una capa MAC wireless debería soportar. En particular, los enlaces wireless tienen características tales como altos niveles de pérdidas, ráfagas de pérdidas de tramas, alta latencia y jitter.

Hay algunas formas de caracterizar la QoS a través de requerimientos estrictos que se expresan en términos de valores cuantitativos tales como velocidad de datos, límites de retardos y límites de jitter. La QoS prioridad se expresa en términos de prioridades de envío relativas, sin soporte de servicios estricto y cuantitativo.

Limitaciones de QoS de DCF y PCF

En DCF (802.11 Distributed Coordination Function), solo se provee el servicio de mejor esfuerzo [1]. Las aplicaciones multimedia limitadas en tiempo (por ejemplo, voz sobre IP, videoconferencias) requieren ciertas garantías de ancho de banda, retardo y jitter.

El punto es que con DCF, todas las estaciones compiten por el canal con la misma prioridad. No hay mecanismo de diferenciación para proveer mejor servicio para el tráfico multimedia de tiempo real que para las aplicaciones de datos.

Mientras PCF (802.11 Point Coordination Function) se diseñó para soportar aplicaciones multimedia limitadas en tiempo, este modo tiene problemas que conducen a una pobre performance QoS. Por ejemplo, PCF define solo un algoritmo de planificación round robin de simple clase, que no puede manipular los varios requerimientos de QoS.

Por otro lado, un problema de QoS común, para tanto DCF y PCF, es que no se especifica ningún mecanismo de control de admisión. Cuando la carga de tráfico es muy alta, la performance de ambas funciones puede degradarse.

802.11e: Soporte de QoS para WLANs

Las limitaciones de QoS mencionadas arriba de DCF y PCF han motivado numerosos esfuerzos de investigación para mejorar la performance de MAC. Los diferentes criterios pueden clasificarse en mejoras basadas en STA (Stations) vs en colas, o basadas en DCF vs en PCF [3,4,5,6].

802.11 es el framework más promisorio y se espera que sea también un estándar en ambientes industriales y personales [2]; numerosos fabricantes están comprometidos para implementar 802.11e en sus nuevos dispositivos WLAN.

En 802.11e, se propone una nueva función de capa MAC llamada la función de coordinación híbrida (HCF). HCF usa un método de acceso al canal basado en la contención, también llamado acceso al canal distribuido realzado (EDCA), que opera concurrentemente con un método de acceso al canal controlado HCF basado en polling (HCCA). El AP y aquellas STAs que implementan las facilidades de QoS son llamadas AP con QoS realzadas (QAP) y STAs con QoS realzadas (QSTAs), respectivamente.

EDCA de 802.11e

EDCA se diseñó para proveer QoS priorizada mejorando la DCF basada en contención. Antes de entrar en la capa MAC, cada paquete de datos recibido desde la capa superior tiene asignado un valor de prioridad de usuario específico. En la capa MAC, EDCA introduce cuatro diferentes colas first-in first-out (FIFO), llamadas categorías de acceso (ACs). Cada paquete de datos desde la capa superior con una prioridad de usuario específica debería estar mapeado en una AC correspondiente. Diferentes clases de aplicaciones (por ejemplo, tráfico background, tráfico de mejor esfuerzo, tráfico de video y tráfico de voz) pueden estar dirigidos a diferentes ACs. Cada AC se comporta como una simple entidad DCF compitiendo con sus propios parámetros de contención ($CW_{min}[AC]$, $CW_{max}[AC]$,

$AIFS[AC]$ y $TXOPLimit[AC]$), los cuales son anunciados por el QAP periódicamente en tramas beacon. Básicamente, a más pequeño los valores de $CWmin[AC]$, $CWmax[AC]$, y $AIFS[AC]$, más cortos los retardos de acceso de canal para el correspondiente AC, y más alta la prioridad para acceder al medio.

En EDCA se introduce un nuevo tipo de IFS, el IFS de arbitrario (arbitrary IFS-AIFS), en lugar de DIFS en DCF. Cada AIFS tiene un intervalo IFS con longitudes de arbitrio definidas como:

$AIFS[AC] = SIFS + AIFSN[AC] \times slot\ time$,
donde $AIFSN[AC]$ es el número IFS de arbitrio.

También, está previsto un mecanismo de control de admisión, basado en contención, en 802.11e que necesitan soportar tanto el QAP y las QSTAs.

Sintonización de parámetros MAC

Como se indicó previamente, un algoritmo de sintonización de parámetros MAC es la función $f(.)$ que selecciona los parámetros MAC futuros dados los valores actuales y el estado corriente de la WLAN. Una clasificación básica de los algoritmos de sintonización de los parámetros MAC puede hacerse basada sobre las siguientes consideraciones:

- Estática vs. Adaptativa. Los algoritmos de parámetros MAC estáticos definen parámetros MAC para todas las ACs, y mantienen la configuración sin cambios. Por el contrario, los algoritmos adaptativos son capaces de seleccionar los parámetros más apropiados para cada AC o para cada estación en orden a mejorar la QoS provista a los flujos activos en cualquier momento específico.

- Basado en Medidas vs. Basado en modelo. Otra clasificación de las propuestas está basada sobre el momento en que los parámetros se actualizan. La computación de los nuevos parámetros puede hacerse cuando cambian las métricas medidas, como la carga de las colas AC, el número de estaciones compitiendo o la velocidad de colisión. En el otro extremo, los algoritmos basados en

modelos actualizan los parámetros MAC cada vez que un nuevo flujo arriba o deja el sistema.

- Centralizado vs. Distribuido. Hay también otro tipo de clasificación que depende sobre la ubicación de la computación de los parámetros MAC. Es posible decidir los parámetros MAC más apropiados de una forma centralizada en el AP, o de una manera distribuida, en cada una de las estaciones

- Según el número de Parámetros MAC involucrados. El número de parámetros MAC que se cambian es también otro factor de diferenciación entre los varios algoritmos de sintonización de parámetros MAC. La mayoría de las propuestas solo considera cambiar los parámetros CW_{min} y CW_{max} . Otros trabajos solo varían el AIFS, o el valor TXOP. Sin embargo, hay algoritmos que tienen en cuenta todos los parámetros MAC en cuenta.

- Iterativos y no iterativos. En los algoritmos iterativos es más fácil encontrar soluciones casi óptimas cuando puede seleccionarse la configuración más apropiada, aunque la mayoría de ellas no puedan trabajar en tiempo real debido al tiempo requerido para computar la solución. Los algoritmos no iterativos computan los parámetros MAC para una configuración de red dada basados sobre diferentes métricas (número de flujos, carga, rendimiento, etc.).

Modelo de Simulación

Con el objeto de evaluar experimentalmente las limitaciones del mecanismo EDCA 802.11e, previo a la propuesta del algoritmo de sintonización, se adoptó un modelo de simulación implementado en Redes de Actividades Estocásticas Jerárquicas (HSAN), que se ejecuta sobre el simulador Möbius [7]. 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, el modelo también exhibe una

importante flexibilidad en los siguientes aspectos:

- Facilidad para incluir modificaciones o refinamientos. El modelo fue construido de forma modular, con cada módulo implementando una funcionalidad específica. Por lo tanto, su topología ayuda a localizar los módulos donde las modificaciones o refinamientos deberían incluirse,
- Pueden obtenerse un gran número de medidas de performance de diferentes tipos, desde el mismo modelo sin modificaciones estructurales,
- El modelo puede ser usado como una estructura base para construir modelos más complejos y de más alto nivel

Se utilizaron versiones de este modelo basado en HSANs, para la evaluación de performance del protocolo IEEE 802.11e en diferentes escenarios. Específicamente, los modelos de simulación derivados permitieron 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 adoptado representa una simple estación que soporta QoS. Este modelo es luego replicado, para obtener el escenario de simulación requerido. El número de replicas 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.

Escenarios de Experimentación

Se han propuesto escenarios de simulación para analizar el comportamiento del algoritmo MTDA a desarrollar. 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.

Escenario 1

El primer escenario de evaluación considera la carga de tráfico generada por estaciones operando en la misma banda de frecuencia, variando la carga al incrementar el número de estaciones activas desde 1 a 20, como indica la Figura n° 1.

Dentro de este escenario se plantearon diferentes situaciones, según el tipo de tráfico inyectado por las estaciones, a saber: a) Estaciones con todos los flujos de tráfico están presentes (voz, video y mejor esfuerzo), b) Estaciones sin tráfico de voz, c) Estaciones sin tráfico de video, y d) Estaciones sin tráfico de mejor esfuerzo

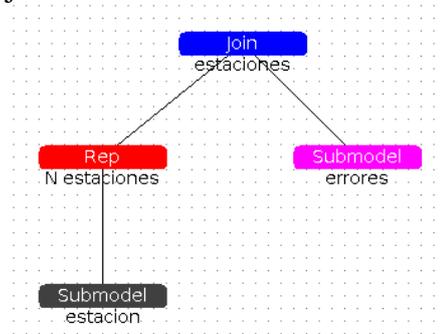


Figura n° 1

Escenario 2

El segundo escenario considera la carga de tráfico generada por estaciones variando la carga al incrementar el número de estaciones activas, pero manteniendo la proporción relativa de estaciones de diferentes tipos de tráfico en la red, como indica la Figura n° 2.

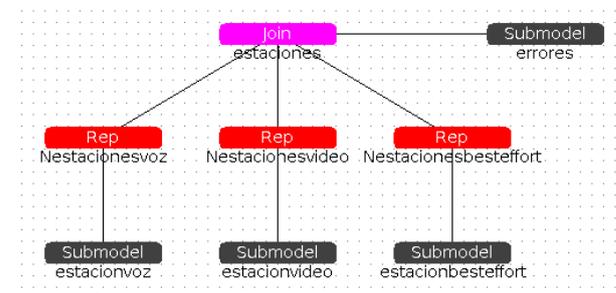


Figura n° 2

Dentro de este escenario se plantearon diferentes situaciones, según la proporción de tráfico inyectado por las estaciones, a saber: a) 60 % de estaciones de voz, 20 % de video y 20 % de mejor esfuerzo, b) 20 % de

estaciones de voz, 60 % de video y 20 % de mejor esfuerzo, y c) 20 % de estaciones de voz, 20 % de video y 60 % de mejor esfuerzo.

Métricas de Performance

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.

Resultados y Objetivos

Para el desarrollo de este trabajo, se propone como objetivo que el algoritmo de sintonización de los parámetros MAC permita: a) una diferenciación de tráfico dinámica que incremente la prioridad (y así la protección) de los flujos de tiempo real, manteniendo niveles de rendimiento ó de perdidas establecidos b) Maximizar el rendimiento agregado obtenido en la red para los diferentes flujos, incluyendo los otros no prioritarios elásticos, c) Asegurar la adaptación a los cambios sobre el estado de la WLAN (definido como la mezcla instantánea de los flujos activos) encontrando la asignación más apropiada de los recursos del canal en cada situación.

Se pretende que los resultados del diseño del algoritmo de sintonización MAC a proponer, tenga en cuenta el estado dinámico del sistema, y por lo tanto, experimente trabajar siempre en punto óptimos, indiferente de los cambios aleatorios en el tráfico WLAN. Esto puede obtenerse sintonizando los parámetros EDCA de todos los tipos de tráfico, especialmente focalizando sobre aquellos asociados con la regulación del tráfico de mejor esfuerzo (elástico).

Líneas de investigación y desarrollo

El proyecto está direccionado hacia el Análisis de Tráfico de Red, como eje

temático. El énfasis es en el análisis del comportamiento de las redes Ethernet y Wireless 802.11, para favorecer la mayor exactitud posible en los modelos de simulación de tráfico de red. Los autores experimentan actualmente diversas versiones y escenarios posibles de un modelo de nodo Wireless 802.11e sobre el simulador Möbius.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está integrado por docentes investigadores, y becarios graduados y alumnos del Grupo GRID TICs (Grupo UTN de Investigación y Desarrollo en TICs) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Entre los integrantes, hay en curso un tesis doctoral, una de magister y una de grado, relacionadas con la línea general de investigación.

Referencias

- [1] ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition (R2003), 2003.
- [2] IEEE Std 802.15.4-2006
- [3] R. Moraes, P. Portugal, F. Vasques, Simulation analysis of the IEEE 802.11e EDCA protocol for an industrially-relevant real-time communication scenario, in: Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2006. 202–209.
- [4] J. Villalón, P. Cuenca, L. Orozco-Barbosa, A. Garrido, B-EDCA: a QoS mechanism for multimedia communications over heterogeneous 802.11/802.11e WLANs, *Computer Communications* 31 (17) (2008) 3905–3921.
- [5] Y.-J. Wu, J.-H. Chiu, T.-L. Sheu, A modified EDCA with dynamic contention control for real-time traffic in multi-hop ad hoc networks, *Journal of Information Science and Engineering* 24 (4) (2008) 1065–1079.
- [6] A. Hamidian, U. Körner, An enhancement to the IEEE 802.11e EDCA providing QoS guarantees, *Telecommunication Systems* 31 (2–3) (2006) 195–212.
- [7] <https://www.mobius.illinois.edu>