

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES TIPOS DE NODOS WIRELESS USANDO MODELACIÓN Y SIMULACIÓN CON REDES DE PETRI

Santiago Pérez, Higinio Facchini, Alejandro Dantiacq, Gustavo Mercado, Luis Bisaro
{santiago.perez, higinio.facchini, alejandro.dantiacq, gustavo.mercado, luis.bisaro}@gridtics.frm.utn.edu.ar
GRID TICs

(Grupo de Investigación y Desarrollo en TICs)

Mario Distefano, Antonio Pasero
(mdistefa, apasero)@frm.utn.edu.ar
MIP

(Modelos Industriales Paralelos)

Facultad Regional Mendoza,
Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza Argentina
0261-5244576

I) Resumen:

Diversas líneas de investigación internacional han consolidado en el tiempo su interés en entender la evolución de la conducta de los nodos de red (usuarios y dispositivos activos), y extender tal entendimiento a estudiar y mejorar la performance y productividad de las redes. En muchos trabajos se ha planteado el problema, con la recolección y estudio de trazas para redes cableadas y wireless, para encontrar tendencias comunes de grupos de nodos de red, caracterizando cada nodo de red por la conducta común mostrada en sus patrones de asociación a través de los días. Estos trabajos se han abocado a proponer y medir índices o parámetros para caracterizar su comportamiento.

Se investigará y desarrollará un modelo para el análisis cuantitativo para determinar el grado del comportamiento diferenciado de distintas clases de nodos wireless (PC wireless, notebooks wireless, PDAs, y otros dispositivos móviles), en distintos contextos de una red WLAN (Wireless Local Area Network). El trabajo estará basado en la utilización de métodos y herramientas para la colección de muestras o trazas del tráfico de red introducido por estos

nodos wireless, en una red de datos, que permita construir una base de datos de conocimiento sobre sus conductas. Las conclusiones obtenidas del análisis de las muestras de tráfico se expresaran en términos de Redes de Petri Estocásticas Generalizadas - GSPN (Generalized Stochastic Petri Nets), para obtener un modelo de prestaciones y de evaluación cuantitativa del comportamiento de los diferentes tipos de nodos wireless. El modelo resultante será simulado con herramientas software para determinar el comportamiento diferenciado bajo distintos contextos; por ejemplo, por proporción variable del número y tipo de nodos, por distintos anchos de banda de tráfico por nodo, por cambios en el tipo de tráfico para cada nodo, etc.

II) Metodología

El modelo de tráfico de redes WLAN, se alcanzará siguiendo la siguiente secuencia metodológica:

- 1) Obtener una colección de trazas de tráfico de distintos tipos de nodos wireless sobre una red WLAN, clasificada según el perfil de los nodos de red,

- 2) Desarrollar un modelo de tráfico de redes WLAN correspondiente usando Redes de Petri,
- 3) Simular el modelo usando herramientas de software para distintos contextos operativos.
- 4) Establecer conclusiones desde el análisis cuantitativo de los resultados de la simulación del modelo con Redes de Petri

III) Comportamiento de los nodos de red desde la colección de trazas y su modelación

Las grandes Redes LAN (cableadas y/o wireless) están ampliamente instaladas, y la combinación de ambas propuestas ha ganado rápidamente popularidad. Además, una parte de los nodos de red han conmutado a nodos wireless, y, en conjunto, crecen proporcionalmente con el número de nodos, y su variedad y los requerimientos de los servicios demandados.

En este escenario, la importancia de entender la conducta de los nodos ha aumentado. La colección de trazas de Redes LAN, en la comunidad de investigación, ha sido la técnica habitual para obtener conocimiento fundamental de sus nodos. En el vasto espacio para investigación potencial, a partir de la colección de las trazas, se plantea como hacer un modelo de conducta y de uso de un nodo dentro la red, que también tenga en cuenta los patrones de comportamientos similares entre subgrupos, y como los nodos de red en diferentes ambientes difieren en estos aspectos.

La colección de trazas, y la posterior modelación de la red, son importantes porque:

- 1) El análisis de la conducta del usuario y los patrones de uso habilitan el examen exacto de la utilización de la red, y ayuda en el desarrollo de mejores técnicas de entendimiento y mejor capacidad de decisiones planeadas,
- 2) El análisis de trazas es también un primer paso necesario para hacer modelos realistas que son cruciales para el diseño, simulación y evaluación de protocolos de redes,
- 3) Cada nueva tecnología evoluciona, entendiendo

fundamentalmente la conducta de los nodos de red, y se vuelve esencial para el desarrollo exitoso de tales tecnologías emergentes.

La comunidad dedicada al estudio y análisis del comportamiento de los nodos de red y su tráfico asociado, incorpora constantemente nuevas metodologías para interpretar y prever la conducta e impacto de los nuevos dispositivos wireless (PCs wireless, notebooks wireless, PDAs, y otros dispositivos móviles) sobre una red LAN (Local Area Network) y WLAN (Wireless LAN), para asegurar la mejor relación costo-performance y estabilidad de la infraestructura.

La colección de muestras o trazas del tráfico de diferentes nodos wireless, usado como etapa primaria en las investigaciones de la comunidad que estudia el tema, puede ser complementado y potenciado con la asignación de probabilidades de vinculación que se alcanza con un modelado Estocástico de Redes de Petri, en particular, usando las GSPN (Generalized Stochastic Petri Nets). Con las GSPN, se pueden trasladar las conclusiones de los estudios de las trazas en una Red de Petri, cuya simulación facilitará la evaluación de performance y el análisis cuantitativo. Se toman como antecedente, la herramienta GreatSPN de simulación de Redes de Petri de la Universidad de Turín, y la experiencia sobre colección de trazas que se dispone entre los miembros de la Unidad Ejecutora de este proyecto.

IV) Trabajos relacionados

Hay bastantes trabajos de investigación dirigidos al objetivo general de entender la conducta de los nodos de red, con focos diferentes y aplicaciones potenciales en mente [1][2][3][4][5][6].

Se han propuesto diferentes métricas para describir y comparar las conductas de los nodos de red (usuarios) individuales en los ambientes de redes LAN (cableadas y wireless), a partir de la colección de trazas de nodos de red. Estas métricas corresponden a diferentes aspectos de las conductas de asociaciones de nodos de red en una LAN,

siendo algunas más apropiadas para las redes cableadas, otras para las redes wireless, y otras para ambas.

Por ejemplo, pueden observarse las siguientes propuestas de métricas y definiciones para entender la conducta individual del nodo:

- a) Actividad online de los usuarios,
- b) Movilidad de largo plazo de los usuarios,
- c) Movilidad de corto plazo de los usuarios,
- d) Patrones de asociación repetitivos de los usuarios,
- e) Tráfico de los usuarios,
- f) Prevalencia de APs,
- g) Persistencia de APs,

Otras métricas, se proponen caracterizar las conductas de los nodos de red de comportamientos similares, generando subgrupos de nodos asociados. Es decir, están dirigidas al problema de encontrar tendencias comunes en patrones de asociación compartidas de grupos de usuarios. En este caso, pueden observarse las siguientes propuestas de métricas y definiciones para entender la conducta de asociación de los nodos de red:

- h) Patrón de asociación de grupo, y
- i) Patrón de asociación individual.

V) Métodos de colección de trazas

Los métodos de colección de trazas de red, que son el punto de partida para el entendimiento del comportamiento de los nodos de red, pueden ser clasificadas en tres categorías: 1) métodos basados en polling el cual registra las asociaciones de nodos de red en intervalos de tiempo periódicos, usando SNMP, o algún software de tracking de asociación sobre los nodos, 2) métodos basados en programas que registran eventos online/offline de usuarios de red usando un servidor de logeo (syslog) como archivos de sesión, de DHCP, de traps, etc. y 3) métodos basados en programas sniffers que colectan el tráfico de la red en la medida que se produce.. A los fines de nuestro trabajo, en el que se pretende buscar patrones característicos de tráfico de red, para estudiar el comportamiento de los nodos de red, y las

tendencias comunes de asociación de grupo (descrito en el tema anterior) se vuelve importante incluir en la colección de trazas, las tramas wireless de tráfico con la mayor cantidad de información posible, incluyendo los protocolos de red.

Con dicho objeto se ha seleccionado un sniffer wireless estándar que incluye las herramientas habituales, tales como para:

- a) Realizar un test de carga de Performance de la red:
- b) Diagnosticar problemas de conectividad de la red,
- c) Medir cobertura de la Señal,
- d) Medir la Distribución de la señal WIFI,
- e) Medir el Jitter de la señal RF,
- f) Medir la conectividad End-to-End en WLAN.

VI) Redes de Petri SPN y GSPN

Las Redes de Petri (RdP) o Petri Nets (PN) constituyen una herramienta de modelado matemático y gráfico para describir sistemas concurrentes. Una PN es una 5-tupla (P, T, I, O, H) donde P es un conjunto de lugares, T es un conjunto de transiciones, I , O y H son funciones que definen como arcos de entrada a una transición, salida de una transición y arcos inhibidores. Las Redes de Petri son grafos que unen lugares con transiciones con asignación de pesos. La PN incorpora la noción de un estado inicial distribuido que se llama marcado M_0 , y propone una nueva definición como una 6-tupla (P, T, I, O, H, M_0) [7][8].

El modelo clásico PN no incluye la noción de tiempo, todas las transiciones son inmediatas. No obstante se ha introducido la noción de tiempo de retardo en el disparo de las transiciones (retardo constante o determinístico), que constituye una forma de PN temporizada definida por la 7-tupla (P, T, I, O, H, Z, M_0) , donde Z es un número real positivo asignado a cada transición $z_i = Z(t_i)$, la que recibe el nombre de tiempo de disparo de la transición t_i .

VI.1 Definición del Modelo SPN

Las Redes de Petri Estocásticas o Stochastic Petri Net (SPN), son PN con disparo de transiciones con retardos de tiempos con variables aleatorias de distribución exponencial con tasa λ ; cada transición t_i está asociada con un disparo aleatorio cuya función densidad de probabilidad (PDF) es una exponencial negativa con tasa λ . Esto constituye una SPN definida como una 7-tupla (P, T, I, O, H, W, M_0) , donde W especifica la tasa asociada a una transición.

Teniendo en cuenta la propiedad donde el último estado es independiente de los anteriores (memoryless) de las distribuciones exponencial negativas, entonces SPN es isomórfica a las Cadenas de Markov de Tiempo Continuo (CTMC). La traslación del modelo SPN al CTMC es conceptualmente simple. El CTMC asociado con un dado sistema SPN se obtiene aplicando las siguientes simples reglas:

- 1) El espacio de estado de CTMC, $S = \{s_i\}$ corresponde al grafo de Alcanzabilidad $RS(M_0)$ de la red asociada con SPN $(M_i \leftrightarrow s_i)$.
- 2) La tasa de la transición del estado s_i (correspondiente al marcado M_i) al estado s_j (M_j), se obtiene como la suma de las tasas de disparo de las transiciones que son habilitadas en M_i y aquellos disparos que generan marcas M_j .

Basado en estas reglas, es posible idear un algoritmo para la construcción automática del generador infinitesimal (también llamada matriz de estado de tasa de transición) del isomórfico CTMC, partiendo de la descripción de SPN. Llamando a esta matriz Q , con w_k la tasa de disparo de T_k y con: $E_j(M_i) = \{h: T_h \in E(M_i) \wedge M_i[T_h]M_j\}$, set de transiciones que pasan de un marcado M_i a M_j ; entonces los componentes del generador infinitesimal son:

$$q_{ij} = \begin{cases} \sum_{T_k \in E_j(M_i)} w_k & i \neq j \\ -q_i & i = j \end{cases}$$

donde $q_i = \sum_{T_k \in E(M_i)} w_k$

Un sistema SPN k -limitado se dice que es ergódico si genera un ergódico CTMC. El grafo de alcanzabilidad (RS) se genera a partir del SPN, y con las tasas de disparo de las transiciones se construye una matriz de Transiciones Q del CTMC. Si además el CTMC es ergódico, es posible, calcular el espacio de estado de la distribución de probabilidad del marcado resolviendo la ecuación matricial:

$$\pi Q = 0 \text{ con la condición adicional}$$

$$\sum \pi_i = 1$$

donde π es el vector de probabilidad del espacio de estado. Cero ($\mathbf{0}$) es un vector fila de igual tamaño que π con todos sus componentes igual a cero. Desde esta distribución es posible obtener valores estimados del comportamiento del SPN.

VII.2 Indices de Performance en SPN

La distribución π en el espacio de estado es la base para una evaluación cuantitativa de la conducta de la SPN, que es expresada en términos de índices de performance. El cálculo de los índices se define con el comportamiento del marcado de la SPN y una media de la distribución de probabilidades en el espacio de estado de la SPN. Usando una aproximación, está dada por la función $r(M_i)$, que nos indica las marcas que hay en determinado lugar. La media puede ser calculada usando la siguiente suma:

$$R = \sum_{M_i \in RS(M_0)} r(M_i) \pi_i$$

Pueden usarse diferentes interpretaciones de esta expresión para calcular diferentes índices de performance. Por ejemplo, pueden considerarse tres casos:

- a) La probabilidad de una condición de marcado particular,

- b) El valor probable del número de marcas en un lugar dado, y
- c) El valor medio de disparo por unidad de tiempo en una transición dada:

Estos resultados muestran que las RdP pueden no sólo ser utilizadas como un formalismo para describir la conducta de sistemas paralelos y su calidad, sino también para permitir el cálculo de índices de performance para evaluar su comportamiento en forma integral.

En nuestro caso su uso sería para la modelación del comportamiento diferenciado de nodos wireless. El modelado Estocástico de Redes de Petri, usando las GSPN (Generalized Stochastic Petri Nets), permitirá trasladar las características de los estudios de las trazas a una Red de Petri. La simulación se realizará con la herramienta GreatSPN [9] para la evaluación de performance y el análisis cuantitativo.

VIII) Referencias bibliográficas

- [1] W.Hsu, A. Helmy, *On Modeling User Associations in Wireless LAN Traces on University Campuses*, Department of Electrical Engineering, University of Southern California, May 2004
- [2] W. Hsu, Ahmed Helmy, *On Nodal Encounter Patterns in Wireless LAN Traces*, Second International Workshop On Wireless Network Measurement, Abril 2006.
- [3]. C. Taduca, T. Gross, *A Mobility Model Based on WLAN Traces and its Validation*, Proceedings of IEEE INFOCOM, march 2003
- [4] M Papadopouli, H Shen, M Spanakis, *Characterizing the Duration and Association Patterns of Wireless Access in a Campus*, 11° European Wireless Conferences 2005, Nicosia, Cyprus, Abril 2005.
- [5] T. Henderson, D. Kotz, I. Ayzov, *The Changing Usage of a Mature Campus-wide*, Proceedings of ACM MobiCom 2004, September 2004.
- [6] X. Meng, S. Wong, Y. Yuan, S. Lu *Characterizing Flows in Large Data Networks*, Proceedings of ACM MobiCom, September 2004.

[7] F. DiCesare, G. Harhalakis, J. M. Proth, M. Silva, F.B. Vernadat, *Practice of Petri nets in manufacturing*, Chapman & Hall, London, 1993.

[8] M. Ajmone, G. Balbo, G. Conte, S. Donatelli, G. Franceschinis, *Modelling with Generalized Stochastic Petri Nets*. John Wiley. 1995

[9] The GreatSPN tool. <http://www.di.unito.it/greatspn>