

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE
TELECOMUNICACIÓ DE BARCELONA**

**TRÁFICO DE TELEFONÍA MÓVIL:
CARACTERIZACIÓN E
IMPLICACIONES DEL TIEMPO DE
OCUPACIÓN DEL CANAL**

Autor: Francisco Barceló Arroyo
Director: Josep Paradells Aspás

CAPÍTULO 6

Conclusiones

6.1 Sumario de aportaciones

La evaluación y dimensionado de sistemas de telefonía móvil en base a los modelos introducidos en el primer capítulo de esta tesis, es decir aplicando la teoría de colas en las que el tiempo de servicio está distribuido exponencialmente, es susceptible de mejora. Las aportaciones de esta tesis profundizan sobre este tema en dos sentidos:

Caracterización de tráficos de voz en redes móviles, comprobándose que las distribuciones de los tiempos de ocupación del canal distan de coincidir con la exponencial negativa.

Aportación de herramientas matemáticas que permiten calcular de forma aproximada algunos parámetros del GoS en colas M/G/s tales como las que aparecen en los sistemas citados.

En referencia a la caracterización de tráficos en redes móviles se ha elegido una metodología de trabajo proponiendo el equipo necesario y la forma apropiada de obtener los parámetros de las funciones, así como el test de bondad de ajuste y filtraje necesario en algunos casos. La obtención de significancias buenas valida el método propuesto. Algunas de las aportaciones concretas obtenidas empíricamente son:

- Hemos constatado que en sistemas PAMR la distribución de la duración del mensaje es hipoexponencial, tal como podía preverse de forma intuitiva. Obtención de los coeficientes de variación.

- Para la distribución de la duración del mensaje en sistemas PAMR se han obtenido ajustes buenos combinando etapas “sin memoria”, a base de funciones Erlang- jk . La distribución logonormal propuesta por otros autores para otros entornos ha probado ser válida aunque las significancias obtenidas son inferiores.
- Para la duración de la transmisión en sistemas PAMR se han conseguido ajustes en torno al 95% de significancia en base a la distribución logonormal.
- En sistemas de telefonía móvil celular se ha comprobado que la duración de la ocupación del canal ajusta mejor con la distribución logonormal-3 (la misma que ajusta la duración de la conversación).

En cuanto a las herramientas matemáticas para cálculos aproximados del GoS en los sistemas estudiados, se ha realizado un estudio detallado de las aproximaciones existentes aplicables a sistemas de comunicaciones móviles con las características de tráfico comprobadas empíricamente. En este sentido podemos citar las siguientes aportaciones:

- Método aproximado para el cálculo del tiempo medio de espera en colas $M/D/s$ con dos niveles de prioridad HOL.
- Lo mismo para colas $M/G/s$ con distribución hipoexponencial del tiempo de servicio.
- Demostración de que la ganancia de prioridad en los modelos citados aumenta con el coeficiente de variación de la distribución del tiempo de servicio.
- Fórmula cerrada para el cálculo aproximado del tiempo medio de espera en colas $M/H_2^b/s$ o $M/G/s$ con distribución hiperexponencial del tiempo de servicio y conocidos los dos primeros momentos del mismo.
- Extensión de la misma fórmula para colas $M/H_2/s$ o $M/G/s$ con distribución hiperexponencial y conocidos los tres primeros momentos.

6.2 Líneas futuras de investigación

De los temas tratados y presentados en esta tesis pueden inducirse dos conjeturas que no se han presentado en los capítulos correspondientes por no estar

todavía probadas. Las primeras líneas de investigación que hay que citar, son por tanto la comprobación de dichas conjeturas.

- El método de cálculo aproximado del GoS en colas con distribución hipoexponencial del servicio es también válido para distribuciones hiperexponenciales.
- La ganancia de prioridad sigue mejorando con coeficientes de variación crecientes más allá de la distribución exponencial.

El análisis crítico realizado en esta tesis sobre la aplicación de modelos $M/M/s$ a sistemas de telefonía móvil se ha centrado en las segunda "M" de la notación de Kendall, es decir en el hecho de que la ocupación del canal no está distribuida de forma exponencial, tal como ha quedado patente. La hipótesis de que el proceso de llegadas al sistema es de Poisson es menos discutible por dos razones:

- a) La independencia del tráfico generado por las fuentes es siempre clara, especialmente en sistemas en los que el usuario no monitoriza el sistema, constituyendo una razón que justifica la hipótesis de llegadas de Poisson con más solidez que la de tiempo de servicio exponencial. Esta última hipótesis depende claramente de la configuración del sistema y de las costumbres de los usuarios.
- b) Es siempre mucho más difícil observar y demostrar lo que sucede a la salida de la población que lo que ocurre en el servidor.

Sin embargo ninguna de las dos razones expuestas justifica la utilización de modelos de llegadas de Poisson. Por un lado la sola independencia entre las fuentes no implica que puedan considerarse infinitas en número. Se ha sugerido la evaluación de sistemas PMR en base a población finita (flotas o posiciones de despacho), y por otro lado las llegadas al canal en sistemas de telefonía móvil celular están moduladas por la movilidad que es la que provoca los traspasos. Es claro que el tiempo entre llegadas de transmisiones a un sistema PAMR no puede estar distribuido de forma exponencial tal como correspondería a una población infinita: el tiempo entre llegadas de transmisiones durante una conversación está distribuido igual que la duración de la transmisión del interlocutor. Por otra parte la segunda de las razones expuestas, es decir, la dificultad de ver lo que sucede a la salida de la población, debería verse soslayada por nuestra capacidad de deducirlo en base a observaciones en otros lugares del modelo de más fácil acceso. Con esto, cada una de las aportaciones de esta tesis debería verse complementada con su aportación correspondiente en la cola $G/G/s$.

Bajo esta perspectiva y desde un punto de vista práctico, las líneas que pensamos deben iniciar el acercamiento a la evaluación de sistemas con modelos $G/G/s$ son las siguientes:

- Realización de test de bondad de ajuste sobre los intervalos de silencio entre llamadas en sistemas PAMR para obtener mediante métodos analíticos la distribución del tiempo entre peticiones de servicios.
- Estudio de sistemas PMR en base a modelos de población finita con fuentes no balanceadas.
- Evaluación de los retardos de flota y del retardo de total en sistemas PMR mediante redes de colas.
- Estudio analítico del tiempo entre llegadas de transmisiones a un sistema PAMR basado en la distribución de la duración de la transmisión (silencio durante la llamada para el interlocutor) y la del silencio entre llamadas.
- Lo expuesto en los dos párrafos anteriores para las llegadas a sistemas de telefonía móvil pública.
- Relación de los modelos de movilidad en telefonía celular con tasas de traspasos y distribución de la ocupación del canal obtenidas empíricamente.
- Aplicación de las aproximaciones existentes para el modelo $G/G/s$ a sistemas de telefonía móvil: cargas altas y prioridades.