

Integración de Tráfico Conversacional e Interactivo en la Red de Acceso Radio de UMTS

J. Sánchez, J. Pérez-Romero, O. Sallent, R. Agustí
Universitat Politècnica de Catalunya
c/ Jordi Girona 1-3, 08034 Barcelona, Spain
email: [jorperez, sallent, ramon @ tsc.upc.es]

Resumen

La definición y el establecimiento de las estrategias de Gestión de Recursos Radio tratan de garantizar QoS en UMTS lo que constituye un factor clave para satisfacer las expectativas creadas en la tecnología 3G. Esta comunicación propone y evalúa algoritmos específicos para los diferentes elementos de la Gestión de Recursos Radio en el enlace ascendente para el caso de servicios de clase interactiva y conversacional. En particular se estudia el efecto de la priorización de las conexiones de clase conversacional en términos de admisión, probabilidad de dropping y retardo de paquete. Además, se estudia la importancia de los mecanismos de control de congestión para reducir las fluctuaciones de carga de manera que se pueda garantizar la calidad de servicio a los usuarios que ya están conectados. Estas fluctuaciones de carga son debidas básicamente a la aleatoriedad en la generación del tráfico correspondiente a los usuarios interactivos pudiendo degradar las conexiones de ambas clases de usuarios si no se lleva a cabo un control de congestión.

1.- Introducción

Las redes de acceso de tipo W-CDMA, como la considerada en UTRA-FDD [1], proporcionan una flexibilidad inherente en los servicios móviles multimedia de tercera generación. La optimización de la capacidad de la interfaz radio se lleva a cabo mediante algoritmos de Gestión de Recursos Radio que tienen en cuenta los niveles medios de interferencia en el sistema [2][3]. Estos algoritmos son el control de admisión, el control de congestión, el control de potencia y la gestión del formato de transporte adecuado, que es la velocidad instantánea o equivalentemente la ganancia de procesamiento empleada. En este contexto, esta comunicación presenta estrategias de control de admisión y congestión para un entorno que combina tráfico de dos clases distintas, conversacional e interactiva. La clase conversacional se caracteriza básicamente por tener requerimientos de retardos estrictos. En la clase interactiva se consideran periodos de actividad separados por tiempos de inactividad. Para el caso interactivo, los requerimientos de retardo son más relajados tratando de garantizar la integridad de los datos. Esta comunicación está organizada de la siguiente manera: en la sección 2 se detallan los algoritmos de control de admisión y congestión propuestos, que son evaluados en la sección 4. En la sección 3, se muestran los modelos de simulación considerados. Por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones obtenidas.

2.- Algoritmos de la gestión de recursos radio

La interfaz radio de UMTS está estructurada en capas donde los canales lógicos son mapeados en canales de transporte en la capa MAC. Un canal de transporte define el modo en el que el tráfico de los canales lógicos es procesado y enviado a la capa física. La unidad de tráfico más pequeña que puede transmitirse a través de un canal de transporte se denomina Transport Block (TB). En cierto periodo de tiempo, denominado Transmission Time Interval (TTI), cierto número de Transport Block (TB) son enviados a la capa física donde se introducen ciertas

características de codificación, interleaving y rate matching que dan lugar a la definición del Formato de transporte (TF). Cabe destacar que el número de TB transmitidos en un TTI determinan TF diferentes y están asociados a tasas de transmisión diferentes. La red asigna una lista de TF permitidos para cada usuario. Esta lista se denomina Transport Format Set (TFS). La configuración de estos parámetros es una de las tareas de la gestión de recursos radio.

Para el caso del enlace ascendente, este proceso se lleva a cabo en dos fases:

1. Componente centralizada, localizada en el Controlador de la Red Radio (RNC). Se lleva a cabo el control de admisión y el control de congestión.
2. Componente descentralizada (localizada en la capa MAC del terminal móvil). Este algoritmo decide autónomamente un TF dentro del TFS en cada TTI. En esta comunicación, el algoritmo considerado se detalla en [4] y está basado en créditos de servicio.

2.1.- Control de admisión

El control de admisión es el algoritmo que determina si una solicitud de conexión debe ser aceptada o rechazada en función de la interferencia (o carga) que añade a las conexiones ya existentes. Por lo tanto, es responsable de decidir si una nueva RAB (Radio Access Bearer) puede ser establecida y cuál es el TFS permitido. El control de admisión considerado hace uso del factor de carga y la estimación del incremento de carga que genera en la red radio el establecimiento de la solicitud de conexión[5]. Desde el punto de vista de implementación, las estrategias de control de admisión se pueden clasificar como basadas en modelos o basadas en estadísticas[6].

En el caso de que el factor de carga η en la interfaz aire sea estimado en términos estadísticos, y asumiendo que se tienen K usuarios admitidos en el sistema, el usuario $(K+1)$ debe verificar:

$$\eta = (1+f) \sum_{i=1}^K \frac{1}{\frac{SF_i}{v_i \cdot \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_i \cdot r} + 1} + (1+f) \frac{1}{\frac{SF_{K+1}}{v_{K+1} \cdot \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{K+1} \cdot r} + 1} \leq \eta_{\max} \quad (1)$$

donde SF_i es la ganancia de procesado, v_i es el factor de actividad de la fuente de tráfico, $(E_b/N_o)_i$ es la calidad requerida para el usuario i ésimo y r es la tasa de codificación. La potencia de interferencia intercelular ha sido modelada como un factor proporcional, factor f , de la potencia de interferencia intracelular. Para el caso de los servicios interactivo y conversacional se han considerado dos alternativas de admisión:

1.- *Admisión sin priorización*: El algoritmo de admisión no tiene en cuenta la clase de servicio del usuario que está solicitando la conexión. Para K_1 usuarios de clase conversacional y K_2 usuarios de clase interactiva, la ecuación (1) se aplica de la misma manera independientemente de si el usuario que desea conexión es de clase conversacional o interactiva. Por lo tanto, se considera $K=K_1+K_2$.

2.- *Admisión con priorización*: El principio básico de este algoritmo de admisión es aceptar las solicitudes de los usuarios conversacionales a costa de reducir, si es necesario, el tráfico del servicio interactivo. Es decir, para una solicitud de conexión de un usuario interactivo se debe comprobar la condición (1) ya que se debe proporcionar cierto tipo de "Soft QoS" en términos de tasa o retardo, aunque en sentido estricto, esta clase de servicio no es en tiempo real y, por tanto, es más tolerante al retardo. El control

de admisión para una solicitud de un usuario de la clase conversacional también debe comprobar la condición (1). Si se cumple la condición, la solicitud es aceptada. En caso contrario, se deberá activar el control de congestión dependiendo de la carga real instantánea para reducir la carga provocada por los usuarios de clase interactiva y proporcionar espacio para la solicitud. El retardo debido a estas configuraciones, del orden de centenares de milisegundos, es despreciable para percepción humana porque el número de usuarios cuyo TFS debe ser reconfigurado puede ser conocido directamente. Por tanto, todos ellos pueden ser configurados simultáneamente. Únicamente si no es posible liberar suficiente capacidad de los usuarios interactivos se rechazará la solicitud de conexión conversacional.

2.2.- Control de congestión

El control de congestión debe actuar cuando los usuarios admitidos no pueden satisfacer los requerimientos de calidad durante cierto periodo de tiempo debido a una sobrecarga en la red radio. En esta comunicación, el control de congestión también se activa para facilitar que los usuarios de clase conversacional puedan ser admitidos en el sistema. Los mecanismos de control de congestión incluyen las siguientes partes:

- 1) Detección de la congestión: Se debe establecer algún criterio para decidir si la red está en congestión o no. Un posible criterio para detectar cuando el sistema ha entrado en una situación de congestión es cuando el factor de carga es superior a cierto umbral ($\eta \geq \eta_{CD}$) durante cierto periodo de tiempo ΔT_{CD} .
- 2) Resolución de la congestión: Cuando se asume una congestión en la red, se deben llevar a cabo ciertas acciones para mantener la estabilidad en la red. El algoritmo de resolución de la congestión toma ciertas medidas para tratar de solucionar estas situaciones. Existen múltiples posibilidades a la hora de llevar a cabo esta resolución de la congestión, pero en general, se pueden diferenciar tres pasos:
 - a) Priorización: Se ordenan en una tabla los diferentes usuarios empezando por el de baja prioridad hasta el de mayor prioridad (por ejemplo en función de los requerimientos de calidad de servicio). Se asume que todos los usuarios interactivos tienen los mismos requerimientos de calidad. Por lo tanto, la priorización consiste en dar menor prioridad a los usuarios que están transmitiendo con altas tasas de transmisión. Por lo tanto, los usuarios serán ordenados en la tabla de menor a mayor ganancia de procesado.
 - b) Reducción de la carga: Principalmente se deben realizar dos acciones:
 - b1) Durante la congestión, no se acepta ninguna solicitud de conexión.
 - b2) Se reduce el TFS (es decir, se limita la máxima tasa de transmisión) de cierto número de usuarios ya admitidos en la red, empezando por el usuario menos prioritario de la tabla de prioridades. En el control de congestión considerado, a los usuarios seleccionados no se les permite transmitir durante el periodo de congestión (es decir, su TFS se limita hasta TF0). Esto se lleva a cabo en el mensaje “Transport Channel Reconfiguration” ubicado en el Radio Resource Control (en la capa 3).
 - c) Chequeo de la carga: Después de llevar a cabo el punto b), se debe volver a comprobar la condición que activa o desactiva el control de congestión. Si la congestión persiste, se debe volver al apartado b), limitando el TFS del siguiente grupo de usuarios de la tabla de priorización. Se considera que la congestión se ha solucionado si el factor de carga es inferior a cierto umbral $\eta \leq \eta_{CR}$ durante cierto periodo de tiempo ΔT_{CR} .
- 3) Recuperación de la congestión: Resulta necesario un algoritmo de recuperación de la congestión para restaurar los parámetros de transmisión que tenían los usuarios antes de la congestión. Cabe destacar que este apartado es crucial dado que

dependiendo de cómo se lleva a cabo la recuperación el sistema podría volver a caer en congestión. Se ha considerado un mecanismo de recuperación usuario a usuario, esto es, en primer lugar se incrementa el TFS de un usuario y cuando dicho usuario ha completado la transmisión en curso, se incrementa el TFS del siguiente usuario.

3.- Modelo de sistema considerado

El modelo de simulación del sistema considera una RAB que proporciona servicios de clase interactiva y conversacional con una tasa de transmisión máxima de 64 kbps en el enlace ascendente [7]. Los posibles Formatos de transporte para el caso del servicio interactivo y conversacional son los detallados en la tabla 1. El modelo de tráfico interactivo considera la generación de periodos de actividad (como corresponderá a un servicio de navegación web), donde se generan ciertos paquetes de información, y un cierto tiempo de lectura entre ellos, simulando la interactividad de esta clase de servicio. Los parámetros específicos son: tiempo medio de lectura entre páginas: 30s, número medio de paquetes por página: 25, número medio de bytes por paquete 366 bytes, máximo 6000 bytes (distribución de Pareto truncada), tiempo medio entre llegada de paquetes: 0.125s (con distribución exponencial). El tiempo entre sesiones es 300s.

El modelo de tráfico conversacional corresponde a una fuente de datos de tasa constante igual a 64 kbps con una duración media de conexión de 120s. La tasa de llegada de los usuarios de tipo conversacional es de 30 llamadas/hora. La BLER (Block Error Rate) objetivo considerada es 0.5% tanto para los usuarios conversacionales como para los interactivos. El modelo de simulación incluye una celda de radio igual a 500 metros y la interferencia intercelular se modela como un factor proporcional a la interferencia intracelular ($f = 0.6$). El funcionamiento de la capa física, incluyendo los desvanecimientos rápidos y el efecto de los turbocódigos, de tasa 1/3, se han tomado de [8]. El modelo de movilidad y el modelo de propagación son los definidos en [9], con una velocidad de 50 km/h para los terminales móviles y una desviación estándar del shadowing de 10dB. La potencia máxima de transmisión para un terminal móvil es de 21 dBm.

Tabla 1. Formatos de transporte para las RABs consideradas.

Servicio		Interactivo	Conversacional
Tipo de TrCH		DCH	DCH
Tamaños TB, bit		336 (320 carga útil, 16 MAC/RLC cabecera)	640
TFS	TF0, bits	0×336	0×640
	TF1, bits	1×336 (16 kb/s, SF=64)	2×640 (64 kb/s, SF=16)
	TF2, bits	2×336 (32 kb/s, SF=32)	-
	TF3, bits	3×336 (48 kb/s, SF=16)	-
	TF4, bits	4×336 (64 kb/s, SF=16)	-
TTI, ms		20	20

4.- Resultados

Los parámetros de los algoritmos de admisión y congestión considerados en esta sección se presentan en la tabla 2:

Tabla 2. Parámetros considerados en las simulaciones.

Umbral del control de admisión, η_{\max}	0.6
Umbral de detección de la congestión	0.8
Umbral de desactivación del control de congestión	0.7
ΔT_{CD}	10 tramas
ΔT_{CR}	10 tramas

Para poder observar las diferencias entre las dos estrategias de admisión analizadas, considérese la probabilidad de admisión para un usuario interactivo o conversacional. Se han considerado 5 usuarios de tipo conversacional. Como puede observarse en las figuras 1 y 2, el control de admisión sin ningún tipo de priorización provoca un elevado número de rechazos de solicitudes de conexión por parte de los usuarios conversacionales cuando la carga en el sistema es elevada. Sin embargo, la priorización asegura que la probabilidad de admisión para los usuarios conversacionales sea cercana al 100%. Esto se consigue reduciendo la probabilidad de admisión de los usuarios interactivos, ver figura 2. Así pues, el algoritmo con priorización toma recursos destinados a los usuarios interactivos para asegurar mayor calidad de servicio a los usuarios conversacionales. Cabe destacar que el throughput del sistema con y sin priorización es el mismo, de manera que el algoritmo de admisión puede destinar mayor capacidad de los usuarios interactivos a los usuarios conversacionales.

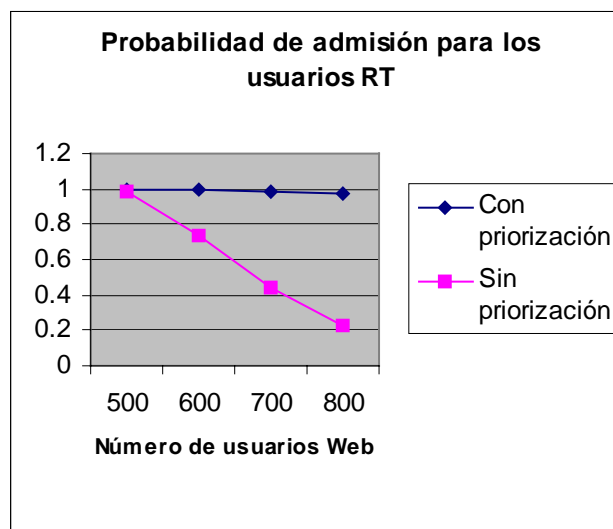


Figura 1. Probabilidad de admisión para usuarios conversacionales

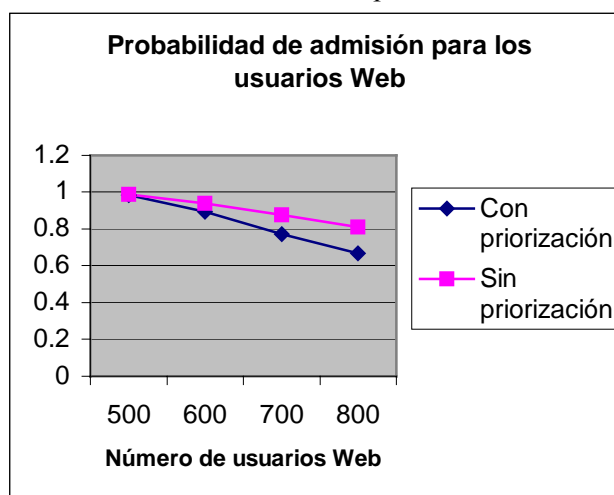


Figura 2. Probabilidad de admisión para los usuarios interactivos

Además de la probabilidad de admisión, resulta interesante obtener otras medidas del comportamiento del sistema. Para el caso del servicio conversacional, se observa la probabilidad de dropping. Se considera que una conexión de un usuario conversacional debe ser cortada (dropping) cuando la E_b/N_0 obtenida en esta conexión está Δ dB por debajo de la requerida $(E_b/N_0)_{target}$ durante cierto tiempo T_d . Se ha considerado $T_d=2$ segundos y $\Delta=3$ dB. Para observar el comportamiento de los usuarios interactivos se observará el retardo medio del paquete.

De acuerdo con la figura 3, el dropping de los usuarios conversacionales se reduce si se considera la priorización para el control de admisión. Cabe observar que cuando se considera priorización, el número de usuarios interactivos en el sistema, que provocan mayores fluctuaciones de carga, es menor y el número de usuarios conversacionales es mayor. Por lo tanto, dado que el tráfico interactivo es el que introduce una mayor variabilidad en la carga en el sistema, el nivel de carga en el sistema puede ser controlado de una manera más eficiente cuando se considera la priorización. Por otro lado, la figura 4 muestra una mejora en el retardo para los usuarios interactivos cuando se considera priorización dado que las situaciones de congestión son menos probables (ver figura 5). La probabilidad de congestión es menor cuando se considera priorización porque, en este caso, la probabilidad de admisión para los usuarios interactivos es menor (ver figura 2) y por lo tanto, la carga en el sistema puede ser controlada de mejor manera.

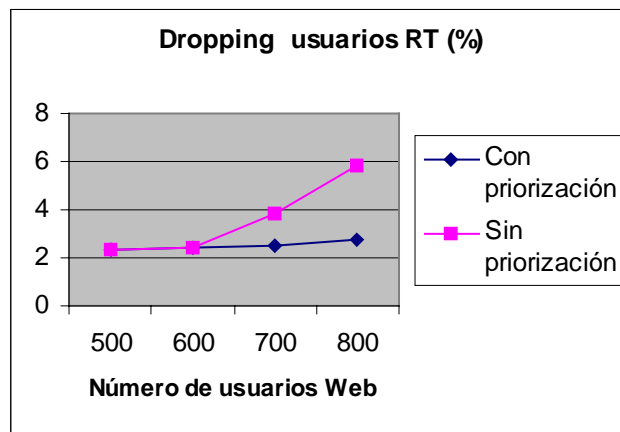


Figura 3. Dropping de los usuarios conversacionales

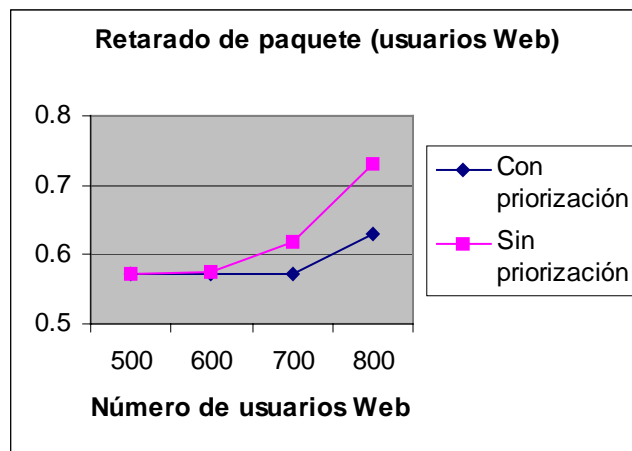


Figura 4. Retardo del paquete para usuarios interactivos.

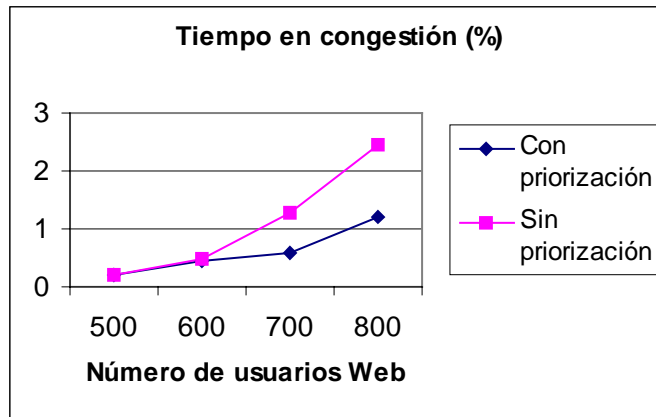


Figura 5. Porcentaje de tiempo en estado de resolución de la congestión

Aunque el estudio anterior se ha centrado en el control de admisión, el control de congestión también juega un papel importante. A continuación se consideran dos escenarios en los que se considera el control de admisión con priorización: uno con el control de congestión deshabilitado y el otro con el control de congestión habilitado. De nuevo, el impacto del control de congestión se mostrará en términos de dropping y retardo de paquete.

En la figura 6, se muestra la probabilidad de dropping para el caso en el que se consideran 5 usuarios conversacionales y se varía el número de usuarios web. Si el número de usuarios es bajo, el control de congestión no mejora la probabilidad de dropping, ya que este dropping es debido a las pérdidas de propagación en vez de al excesivo nivel de carga en el sistema originado por los usuarios interactivos. Sin embargo, cuando se aumenta el número de usuarios en el sistema, el control de congestión garantiza una probabilidad de dropping menor para usuarios conversacionales ya que el nivel de carga en el sistema está controlado de mejor manera.

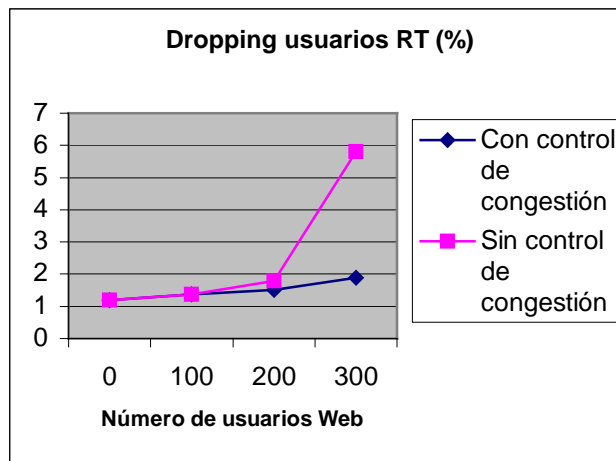


Figura 6. Dropping con control de congestión y dropping sin control de congestión.

5.- Conclusiones

Dentro de las estrategias de la Gestión de Recursos Radio para el caso de sistemas con acceso W-CDMA, esta comunicación ha propuesto una estrategia de priorización en el control de admisión para asegurar recursos a los usuarios conversacionales. Esta estrategia proporciona un mejor funcionamiento del sistema a costa de reducir la probabilidad de admisión de los usuarios interactivos. Además se ha podido observar que la existencia de algoritmos de control de congestión proporciona un menor dropping de las conexiones de clase conversacional.

6.- Reconocimientos

Este trabajo forma parte del proyecto Arrows, parcialmente financiado por la Comisión Europea (IST 2000-25133) y por el proyecto CICYT de referencia TIC 2001-2222.

7.- Referencias

- [1] 3GPP TS 25.211, “Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)”
- [2] 3GPP TR 25.922 v4.0.0, “Radio resource management strategies”
- [3] O. Sallent, J. Pérez-Romero, F. Casadevall, R. Agustí, “An Emulator Framework for a New Radio Resource Management for QoS guaranteed Services in W-CDMA Systems”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.19, No. 10, October 2001, pp. 1893-1904.
- [4] J. Pérez-Romero, O. Sallent, R. Agustí, “Admission Control for different UE-MAC Algorithms in UTRA-FDD”, *3rd International Conference on 3G Mobile Communication Technologies*, London, May 2002, pp. 256-260.
- [5] H. Holma, A. Toskala (editors), *W-CDMA for UMTS*, John Wiley and Sons, 2000.
- [6] V. Phan-Van, S. Glisic, “Radio Resource Management in CDMA Cellular Segments of Multimedia Wireless IP Networks”, WPMC 2001.
- [7] 3G TS 34.108 v.3.2.0, “Common Test Environment for User Equipment. Conformance Testing”
- [8] J. Olmos, S. Ruiz, “UTRA-FDD Link Level Simulator for the ARROWS Project”, *IST’01 Conference Proceedings*, pp. 782-787.
- [9] 3GPP TR 25.942 v.2.1.3, “RF System Scenarios”