

Nuevo Algoritmo de Control de Flujo para el interfaz Iub en HSDPA

Gaspar Pedreño López, Juan José Alcaraz Espín, Fernando Cerdán Cartagena
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena
 Campus Muralla de Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina
 30202 Cartagena
 Teléfono: 968325310 Fax: 968 32 5338
 E-mail: {gaspar.pedreno, juan.alcaraz, fernando.cerdan}@upct.es

Resumen. En los próximos años, se espera que los servicios de datos se conviertan en la principal fuente de tráfico en redes móviles celulares 3G. Esta evolución del mercado de las comunicaciones móviles supondrá la demanda de sistemas de mayor capacidad y de mayores tasas de transferencia. Dentro de este contexto, el 3GPP ha introducido una nueva funcionalidad que se conoce como High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) cuyo objetivo es satisfacer esta nueva demanda. Dicho objetivo está fuertemente condicionado por la elección e interacción de dos mecanismos clave dentro del funcionamiento de HSDPA: el scheduling realizado en el Nodo B y el control de flujo entre Nodo B y RNC (Radio Network Controller). Este artículo presenta un nuevo algoritmo para realizar este control de flujo que consigue mejorar las prestaciones de su antecesor. Dicho algoritmo está basado en teoría de control y, aunque no se presenta en este artículo, se ha realizado un completo análisis de su estabilidad.

1 Introducción

La tecnología HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) representa la evolución de la tecnología espectral UMTS/WCDMA y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (*downlink*) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta alcanzar tasas de 14 Mbps (con tasas promedio cerca de 1 Mbps). HSDPA fue introducido por el 3GPP (3rd Generation Partnership Project) en las especificaciones de release 5 [1] con el objetivo de incrementar la tasa de transferencia, mejorar la calidad de servicio percibida por el usuario y conseguir reducir el coste por bit de datos entregado.

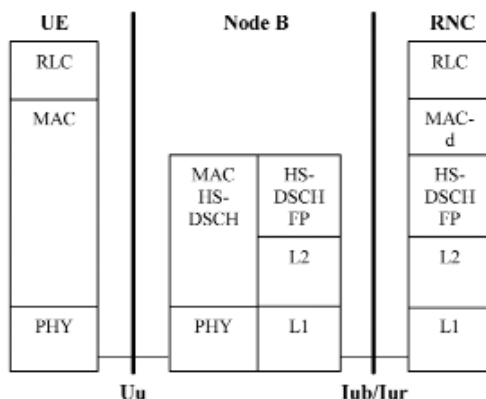


Figura 1. Estructura de protocolos del interfaz radio de UMTS con HSDPA.

El concepto HSDPA supone la introducción de un nuevo tipo de canal de transporte, conocido como High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH) [1], y el desplazamiento de cierta funcionalidad de la capa MAC (Medium Access Control) desde la RNC (Radio Network Controller) hasta el Nodo B, donde

aparece una nueva capa conocida como MAC-hs (Medium Access Control-high speed). En la figura 1 se puede observar la estructura de protocolos para la interfaz radio de UMTS con funcionalidad HSDPA.

Dicha capa MAC-hs se encarga de almacenar los datos de los usuarios que esperan ser transmitidos a través del interfaz radio. El hecho de que las colas de datos estén ahora en el Nodo B en lugar de en la RNC (como ocurre en UMTS) implica la necesidad de un control de flujo para gestionar el transporte de datos entre RNC y Nodo B (HS-DSCH Frame Protocol). El diseño de este control de flujo no es una tarea trivial pues, de su funcionalidad dependen, en gran parte, las prestaciones del sistema.

En este artículo se propone un nuevo algoritmo de control de flujo entre RNC y Nodo B basado en teoría de control. Dicho algoritmo se caracteriza por su sencilla implementación y sus buenas prestaciones comparado con otros algoritmos existentes.

2 Control de Flujo de HSDPA en el interfaz Iub

Como ya se ha comentado, el control de flujo en el interfaz Iub (RNC - Nodo B) tiene una importancia crítica sobre el servicio HSDPA. Su funcionamiento en cooperación con el scheduler (planificador de paquetes) determina la QoS percibida por los usuarios. El mecanismo de control de flujo descrito en las especificaciones del 3GPP [2] para HSDPA es el mismo que el propuesto para canales dedicados (DSCH) en la Release '99, basado en un sistema de créditos. El 3GPP presenta dicho control de flujo como un intercambio de tramas de control *HS-DSCH Capacity Request* y *HS-DSCH Capacity Allocation* entre Nodo B y RNC (ver Figura 2). Por su parte, los datos se transfieren a través del envío de tramas *HS-DSCH Data Frames* [2]. Sin embargo, esta es la

única información contenida en las especificaciones, dejándose abierta a operadores y fabricantes la implementación final del mecanismo de control de flujo.

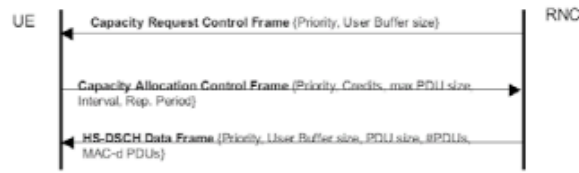


Figura 2. Control de Flujo basado en créditos.

Para el desarrollo de nuestro algoritmo, hemos partido del mecanismo propuesto en [3] donde se presenta un esquema de control de flujo entre Nodo B y RNC por flujo MAC-d, es decir, cada conexión MAC-d es controlada independientemente por un proceso de control de flujo. Este tipo de mecanismo es el más habitual [4,5]. Dicho control de flujo trata de seguir las variaciones del canal radio, controlando la tasa de transferencia de tramas desde la RNC hasta el Nodo B. Su objetivo es mantener los buffers del Nodo B para cada flujo MAC-d a un nivel objetivo B_w , de forma que el tiempo de espera de los datos en el Nodo B no supere un valor predefinido T_w . Dicho nivel B_w viene dado por:

$$B_w = R_0 T_w$$

dónde R_0 es la tasa efectiva sobre el canal radio de la conexión considerada. Dicha tasa R_0 es medida y promediada durante un tiempo configurable T_m (Figura 3).

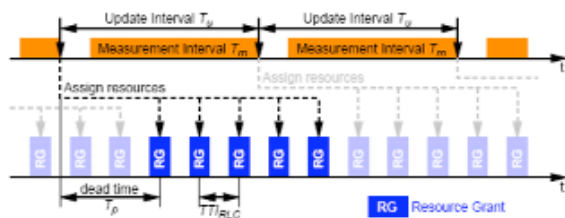


Figura 3. Instantes temporales utilizados en el control de flujo.

Dado el nivel del buffer deseado B_w , el control de flujo trata de compensar la diferencia entre dicho nivel y el nivel real del buffer en un tiempo predeterminado T_u (Figura 3). Teniendo en cuenta esta diferencia entre los niveles ideal y real, una nueva tasa de transferencia es calculada para la capa RLC (Radio Link Control) de la RNC, R_i , la cual estará en uso durante el siguiente periodo T_u :

$$R_i = \max\left(0, R_0 + \alpha \frac{B_w - B}{T_u}\right)$$

Consecuentemente, durante el siguiente periodo de actualización T_u la RNC podrá transferir un número

máximo de créditos D_i (tramas HS-DSCH DATA FRAMES):

$$D_i = R_i T_u$$

3 Algoritmo Propuesto

El principal objetivo del mecanismo de control de flujo del interfaz Iub es mantener estable el nivel del buffer del Nodo B. En el algoritmo anterior dicho nivel del buffer se utiliza directamente en el cálculo de la tasa de envío de la RNC. Sin embargo, en nuestra propuesta el nivel del buffer se controla de forma indirecta tratando de aproximar la tasa de envío de la RNC (R_i) a la tasa de envío del Nodo B (R_o) de forma que siempre haya datos suficientes en el Nodo B pero, sin llegar a desbordar el buffer. La ecuación que define el algoritmo es la siguiente:

$$R_i(n+1) = R_i(n) + \delta(R_o(n) - R_i(n))$$

La anterior ecuación representa un sistema de control conocido genéricamente como *proportional tracking* cuya estabilidad depende de la configuración del parámetro δ . De los estudios de estabilidad realizados se desprende que ese valor teóricamente no puede ser nunca superior a 1.

4 Evaluación de Prestaciones

4.1 Escenario de Simulación

Con el objetivo de comparar ambos algoritmos de la forma más objetiva posible se ha elegido un escenario de simulación sencillo con un único terminal descargando video en tiempo real. Para generar dicho tráfico se ha implementado una fuente de video streaming similar a la descrita en [6]. En las simulaciones denominaremos como algoritmo 1 al algoritmo presentado en [5] y como algoritmo 2, al propuesto por nosotros. El algoritmo 1 será configurado con los valores considerados óptimos en [5]: $\alpha = 1$, $T_w = 100ms$, $T_m = 50ms$ y $T_u = 100ms$. El valor elegido para el parámetro δ de nuestro algoritmo es de 0.8.

El principal objetivo a analizar es el nivel del buffer en el nodo B pero también se mostrarán los valores de throughput (cantidad de datos transmitidos por segundo) y goodput (cantidad de datos recibidos correctamente en el terminal móvil por segundo) del Nodo B así como el nivel del buffer de la RNC.

4.2 Respuesta ante un Cambio Brusco en las Condiciones del Canal Radio

Con este escenario pretendemos mostrar el comportamiento de ambos algoritmos en una situación extrema como sería un fuerte empeoramiento repentino del canal radio. En la figura 4 podemos observar las consecuencias de esta situación.

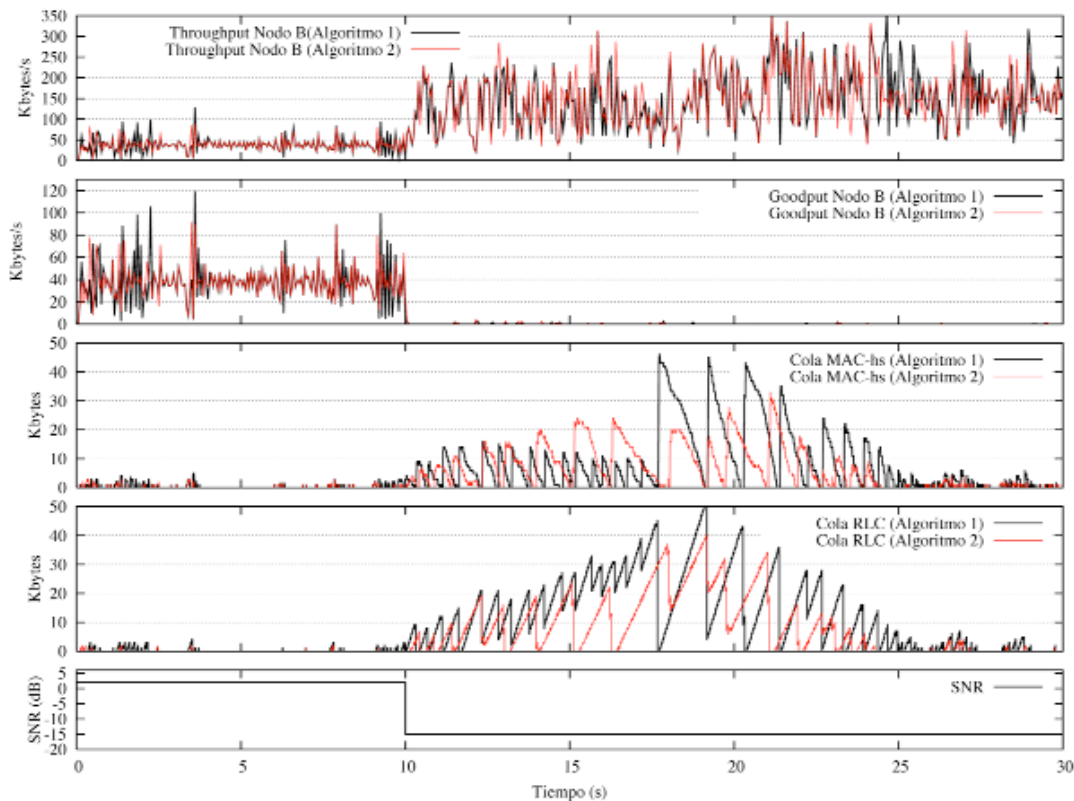


Figura 4. Niveles de las colas del Nodo B y de RLC ante un cambio brusco en las condiciones del canal radio. También se muestran los valores de throughput y goodput instantáneos del Nodo B.

Vemos como en $T = 10s$ la SNR (Signal to Noise Ratio) del canal desciende bruscamente desde 2dB hasta -15dB. Hasta ese momento tanto la cola de la RNC como la del Nodo B permanecían estables pero el empeoramiento del canal produce un cuello de botella que hace que la ocupación de ambas colas se dispare. El deterioro de la calidad del canal radio provoca que HSDPA adapte su tasa de transmisión utilizando formatos de trama más pequeños y robustos frente a errores lo cual hace que la cola del Nodo B comience a llenarse. Esto activa el control de flujo frenando la tasa de transmisión de la RNC y, en consecuencia, llenando también su buffer. Podemos observar como, bajo esta situación, el algoritmo 2 mantiene ambas colas a niveles más bajos que el algoritmo 1 consiguiendo similares prestaciones en throughput y goodput. A pesar de que se utilizan tramas de menor tamaño el throughput de HSDPA aumenta debido al gran volumen de datos existentes en la cola del Nodo B. Sin embargo, la mayoría de estos datos son recibidos erróneamente en el terminal móvil tal y como muestra la gráfica del goodput.

Con el fin de corroborar los datos mostrados en la figura 4, se realizaron diez réplicas de ese mismo experimento para los dos algoritmos de control de flujo. De dichas réplicas se obtuvieron los valores medios y máximos de los buffers del Nodo B y RLC así como el Throughput y Goodput medios del Nodo B. Todos estos resultados se muestran en la tabla 1 junto con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, de acuerdo a una distribución t-student. Dichos

datos no hacen más que confirmar los resultados mostrados en la Figura 4.

5 Conclusiones

Partiendo del mecanismo de control de flujo presentado en [3], en este artículo se ha propuesto una versión alternativa la cual mejora las prestaciones de la anterior. Además, hay que tener en cuenta que su funcionamiento e implementación es más sencilla que la del algoritmo 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos tras diez réplicas del experimento descrito en el apartado 4.2.

	Algoritmo 1	Algoritmo 2
Nivel Medio Buffer Nodo B	5,93±0,23 Kbytes	4,21±0,18 Kbytes
Nivel Máximo Buffer Nodo B	42,5±2,66 Kbytes	29,2±1,53 Kbytes
Nivel Medio Buffer RLC	6,69±0,49 Kbytes	5,46±0,47 Kbytes
Nivel Máximo Buffer RLC	46,9±1,89 Kbytes	39,7±1,83 Kbytes
Throughput Medio Nodo B	112,8±0,01 Kbytes/s	112,5±0,01 Kbytes/s
Goodput Medio Nodo B	12,62±0,01 Kbytes/s	12,73±0,01 Kbytes/s

Dentro del proceso de investigación llevado a cabo, el siguiente paso consistirá en el estudio y análisis de las interacciones entre el control de flujo y el scheduler, los dos mecanismos que más influencia tienen sobre las prestaciones globales de HSDPA.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto TEC2007-67966-01/TCM (CON-PARTE-1) y desarrollado dentro del marco del "Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Región de Murcia, de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la RM (Plan Regional de Ciencia y Tecnología 2007/2010)". Gaspar Pedreño agradece el apoyo del Ministerio de Educación y Ciencia a través de la beca FPU AP2006-01568.

Referencias

- [1] 3GPP TS25.308, "UTRA High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2", version 7.5.0. (2008-01).
- [2] 3GPP TS25.877. "High Speed Downlink Packet Access: Iub/Iur protocol aspects". Version 5.1.0, June 2002
- [3] Necker, M. C., Weber, A. 2005. "Impact of Iub flow control on HSDPA system performance". PIMRC 2005.
- [4] Whillans, N. "End-to-End Network Model for Enhanced UMTS". 1ST SEACORN Project Deliverable D3.2v2, October 2003.
- [5] Bajzik, L et Al. "CrossLayer Backpressure to Improve HSDPA Performance". PIMRC 2006.
- [6] Necker, M. C. and Weber, A. 2006. "Protocol Interference Between UP and Downlink Channels in HSDPA". PIMRC 2006.