

# Sincronización del Canal de Transporte en UTRAN

Gaspar Pedreño López, Juan José Alcaraz Espín, Fernando Cerdán Cartagena  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena  
Campus Muralla del Mar. C/ Dr. Fleming s/n.  
Teléfono 968 32 65 44 Fax: 968 32 59 77  
E-mail: {gaspar.pedreno, juan.alcaraz, fernando.cerdan}@upct.es

**Resumen.** En el presente artículo se aborda la problemática de la sincronización de canal (*Transport Channel Synchronization*) que se realiza entre la RNC y los Nodos B en la red de acceso radio de UMTS (UTRAN). Se trata de un problema relevante, sobre el que existen escasas contribuciones y del que depende en gran medida la calidad de servicio (QoS) percibida por el usuario final. En concreto, se analizan los distintos algoritmos de ajuste de tiempo (*Timing Adjust Algorithm*) que se emplean en la actualidad para mantener dicho sincronismo en canales de usuario dedicados downlink (DCH). A su vez, nosotros proponemos un algoritmo alternativo que mejora las prestaciones de los propuestos hasta la fecha.

## 1. Introducción

En la red UMTS WCDMA, las funciones de la capa de red del interfaz radio son realizadas por la *Radio Network Controller* (RNC). Entre estas funciones se incluyen el control de los recursos radio (*Radio Resource Control*, RRC), la fragmentación y ensamblado para el *Radio Link Control* (RLC) y la funcionalidad MAC. Por su parte, las funciones de la capa física necesarias para la transmisión a través del interfaz radio son llevadas a cabo por el Nodo B. Ambos, RNC y Nodo B, se conectan entre sí mediante la interfaz Iub. En la figura 1, se puede observar con detalle la configuración de una red UMTS WCDMA.

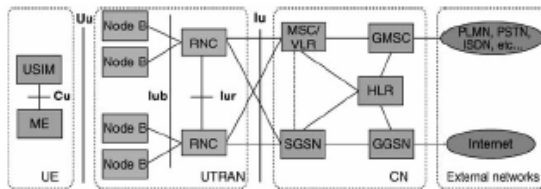


Figura 1. Arquitectura global de UMTS.

La RNC se diseña para soportar un gran número de Nodos B separados geográficamente, los cuales se conectan a ella mediante una red de conmutación de paquetes (interfaz Iub). En las primeras versiones de las especificaciones de UMTS Release'99, se adoptó ATM como la tecnología apropiada para esta red y más adelante se consideró el uso de redes IP como tecnología de transporte (UTRAN-IP).

Debido al *jitter* de la red de conmutación de paquetes del interfaz Iub, ya sea ATM o IP, los flujos de tramas a través de canales dedicados (DCH) [1] entre RNC y Nodos B encuentran retardos aleatorios que hacen necesaria una sincronización entre ambos, principalmente en sentido downlink que es el más restrictivo.

La RNC crea las tramas y les asigna un número de secuencia (*Connection Frame Number*, CFN), que determina el instante de transmisión que les corresponde en el interfaz aire. Las tramas deben

llegar al Nodo B antes de dicho instante. Si una trama llega tarde, al no poder ser transmitida por el Nodo B, se descarta afectando directamente a la calidad de servicio percibida por el usuario móvil. Si, por el contrario, las tramas llegan demasiado pronto el *buffer* de recepción del Nodo B puede saturarse dando lugar a pérdidas. En cualquier caso, la movilidad de usuarios hace que no sea conveniente un almacenamiento excesivo de tramas en el Nodo B ya que si el usuario abandona la celda, estas tramas serían transmitidas inútilmente, causando una interferencia innecesaria. Por este motivo, se utilizan procedimientos de *Timing Adjustment* [2] para determinar los instantes de tiempo en los que la RNC debe transmitir.

Por otro lado, los mecanismos de soft- y softer-handover requieren que la llegada de las tramas radio al usuario desde distintos Nodos B (soft-handover) o distintos sectores (softer-handover) se produzca dentro de un intervalo de tiempo concreto para así poder seleccionar o combinar las tramas recibidas. Por tanto, este hecho implica que los Nodos B involucrados en el proceso de handover dispongan de las tramas y las envíen simultáneamente al usuario. Si esta sincronización no se cumple, la calidad del servicio experimentada para esta conexión se verá degradada y los recursos de red malgastados.

## 2. Sincronización del Canal de Transporte

De entre los mecanismos de sincronización existentes en una red UMTS, el de Canal de Transporte (*Transport Channel Synchronization*) es el que se ocupa de la sincronización entre la RNC y los Nodos B. Su papel es doble, por un lado, consigue o restablece una sincronización entre nodos empleando una numeración de trama común a ellos y, por otro, proporciona en todo momento a la RNC la información necesaria para poder desarrollar un procedimiento de corrección.

Este procedimiento conocido como *Timing Adjustment* tiene como objetivo que todas las

tramas lleguen al Nodo B dentro de una ventana de recepción previamente establecida, de forma que el Nodo B disponga de tiempo suficiente para procesarlas y transmitir las al terminal móvil en el instante correcto.

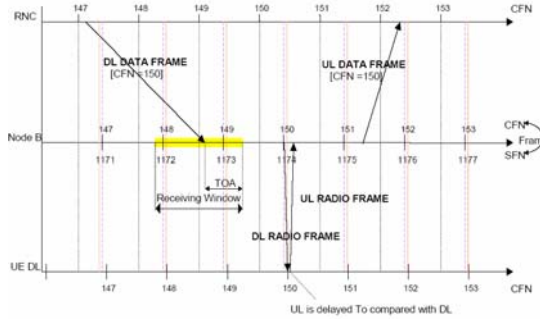


Figura 2. Sincronización del Canal de Transporte.

El proceso de sincronización del Canal de Transporte se puede observar en la figura 2 y comienza cuando la RNC manda una trama *downlink synchronization* al Nodo B que contiene el CFN, un número de secuencia de la trama. Una vez que el Nodo B ha recibido el mensaje, inmediatamente responde con una trama *uplink synchronization* que contiene el CFN recibido y el valor del tiempo de llegada de la trama, conocido como *Time Of Arrival* (TOA). El TOA es una indicación de la diferencia de tiempo entre el tiempo de llegada de la trama downlink y el extremo inferior de la ventana de recepción (*Time Of Arrival Window End Point*, TOAWE). Dicha ventana indica el periodo de tiempo durante el que la trama debe ser recibida para conseguir una correcta sincronización RNC y Nodos B.

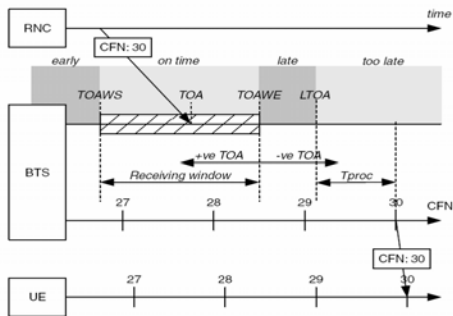


Figura 3. Detalle de la ventana de sincronización.

Cada vez que el Nodo B recibe una trama fuera de la ventana, ya sea antes o después de esta, se pone en funcionamiento el mecanismo de *Timing Adjustment* y se envía a la RNC un mensaje *UL Timing Adjust Control Frame* indicando el TOA y el CFN de la trama recibida. Un valor negativo indica que la trama llegó tarde (después de TOAWE) y un valor positivo que la trama ha llegado antes de TOAWE. Mas allá de TOAWE está el valor LTOA (Last Time Of Arrival) que es el último instante posible en el que el Nodo B

puede recibir una trama y tener tiempo suficiente para procesarla. Cualquier trama recibida después de ese valor de tiempo será descartada.

Conseguir una correcta sincronización de canal de transporte es esencial a la hora de ofrecer calidad de servicio al usuario, por lo que un algoritmo eficaz minimizará el retardo y el número de paquetes perdidos.

### 3. Trabajos Previos

La implementación del algoritmo *Timing Adjustment* no aparece especificada en el estándar 3GPP. Es por ello que distintos grupos de investigación han propuesto sus propias soluciones [3,4]. En este apartado se describirán dichas propuestas, analizando sus pros y sus contras.

#### 3.1. Algoritmo no Adaptativo

Se corresponde con [3] donde los autores proponen un algoritmo en el que la RNC retarda o adelanta el envío de la siguiente trama siempre en la misma cantidad de tiempo  $\delta$ .

Si la trama cae dentro de la ventana, el Nodo B no informa a la RNC y, por tanto, la RNC continúa enviando tramas a su ritmo normal, es decir, cada TTI (*Transmission Time Interval*). Cuando alguna trama cae fuera de la ventana, el Nodo B lo comunica a la RNC y está modifica el tiempo de la siguiente transmisión de la siguiente forma:

$$\begin{cases} t_{N+1} = t_N + TTI + \delta & \text{si } TOA > 0 \\ t_{N+1} = t_N + TTI - \delta & \text{si } TOA < 0 \end{cases}$$

Por tanto, para la señalización que debe realizar el Nodo B a la RNC es suficiente con un solo bit que indique si  $TOA > 0$  o a la inversa. Sin embargo, es poco flexible a variaciones bruscas del retardo ya que converge muy lentamente perdiéndose ráfagas de tramas.

#### 3.2. Algoritmo Adaptativo

Otra propuesta es la realizada en [4] donde el offset de transmisión es continuamente adaptado en función del retardo instantáneo de la red. Dicho retardo es constantemente monitorizado mientras se decrementa sucesivamente el offset de transmisión. A diferencia del algoritmo anterior, que notificaba a la RNC cada vez que una trama llegaba fuera de la ventana, en este sólo se envía información de retroalimentación cuando las tramas llegan en las regiones "late" o "too late" (figura 3), a lo que la RNC responde aumentando bruscamente el offset o compensación. Las ecuaciones que caracterizan este algoritmo son:

$$t_{N+1} = t_N + TTI + \alpha_N \quad \text{Si adjustment frame}$$

$$t_{N+1} = t_N + TTI - \beta_N \quad \text{En caso contrario}$$

El parámetro  $\alpha_N$  ( $\alpha_N \geq 0$ ) representa el decremento del offset cada TTI en caso de que no se reciban tramas *Timing Adjustment Frame*, mientras que  $\beta_N > 0$  se corresponde con el incremento del offset como respuesta de una trama feedback procedente del Nodo B. En la figura 4 se puede observar con mayor claridad el funcionamiento del algoritmo.

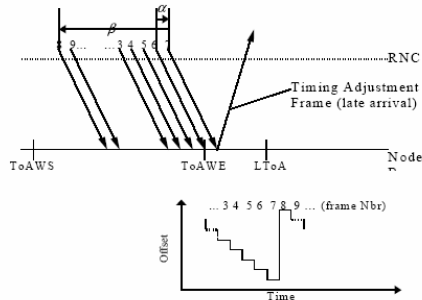


Figura 4. Método de sincronización adaptativo.

Un aspecto importante de este método es que depende únicamente de las herramientas definidas en las especificaciones 3GPP. Con este algoritmo es posible controlar el retardo de un enlace Iub reduciendo de esta manera el almacenamiento excesivo en el Nodo B. Además, también se puede limitar la cantidad de mensajes feedback ajustando adecuadamente los parámetros  $\alpha_N$  y  $\beta_N$ .

Sin embargo, este tipo de control en función del retardo momentáneo de la red puede introducir una alta probabilidad de pérdidas, particularmente si la varianza del retardo es alta. Un retardo pequeño en instantes de baja carga puede convertirse en una alta probabilidad de pérdidas en momentos de alta carga.

#### 4. Algoritmo Propuesto

Como aportación a los algoritmos previamente expuestos se propone un método "*Timing Adjustment*" que hace uso del valor TOA de la trama anterior, así que a la hora de corregir el tiempo de transmisión de la RNC se dispone de una medida de la cuantía de retardo que ha sufrido dicha trama. De esta forma, corregiremos en mayor medida en el caso de una trama que llega con mucha antelación o muy retardada y en menor medida si la trama llega muy próxima a los extremos de la ventana.

El algoritmo intenta que la siguiente trama llegue en el centro de la ventana de recepción, instante de tiempo óptimo para mantener la sincronización y evitar el desbordamiento en el Nodo B. En principio, el algoritmo ha sido implementado de forma que si la trama cae dentro de la ventana no se realiza ningún ajuste en el tiempo de transmisión y en caso de que caiga fuera, se actúa de la siguiente forma:

$$t_{N+1} = t_N + TTI + \beta(TOA - TOAWS / 2)$$

De este modo, cuando el TOA es positivo (región *early* en figura 3), la siguiente trama se retarda hasta el centro de la ventana y cuando es negativo (trama *late*), se adelanta en la misma medida. Aunque, tal y como está definido, este algoritmo se comporta eficazmente, existen diversas opciones a la hora de decidir cuando señalar, lo cual requerirá un nuevo esfuerzo de investigación para encontrar la solución más apropiada. Entre las posibilidades que se contemplan destacan:

- Que se señalice de manera probabilística dentro de la ventana de forma que cuanto más lejos caiga la trama del centro de la ventana, mayor sea la probabilidad de señalar.
- Que se señalice en función de "tramos" dentro de la ventana, asignando puntos como si de una diana se tratase. A partir de un umbral mínimo de puntos en las últimas  $x$  transmisiones se decidiría señalar.
- Que sólo se señalice fuera de la ventana, como en los algoritmos planteados.

#### 5. Conclusiones

En este artículo se presenta un algoritmo de *Timing Adjusting* que resuelve eficazmente la sincronización de los canales DCH entre la RNC y los Nodos B en sentido downlink. Frente a las contribuciones existentes, este algoritmo aporta la utilización de referencias temporales (TOA) para obtener una sincronización más precisa consiguiendo así aumentar la calidad de servicio percibida por el usuario final, medida en términos de retardo y paquetes perdidos. Su único inconveniente radica en un aumento de la carga de señalización. Tratar de minimizar dicho coste se convierte ahora en el objeto de nuestro estudio y futuras investigaciones.

#### Agradecimientos

Consejería de trabajo y política social de la CARM y Fundación Séneca.

#### Referencias

- [1] 3GPP TS25.427, "UTRAN Iub/Iur interface user plane protocol for DCH data streams", version 7.1.0 (2006-06).
- [2] 3GPP TS25.402, "Synchronisation in UTRAN Stage 2", version 7.0.0 (2006-03).
- [3] S. Abraham, A. Sampath, C.Saraydar and M. Chuah. "Effect of Timing Adjust Algorithms on Iub Link Capacity for Voice Traffic in W-CDMA Systems", Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th
- [4] M. Sägfors, J. Peisa and S. Malomsoky. "Transmission Offset Adaptation in UTRAN" en Proc. VTC 2004-Fall. 2004 IEEE 60th