

Estudio del impacto de la compresión de cabeceras en enlaces radio para el sistema de 3G UMTS

Anna Umbert, Pilar Díaz
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
C/. Jordi Girona, 1-3, Campus Nord, D4, 08034 Barcelona
Telf: 93 401 71 95, Fax: 93 401 72 00
E-mail: [annau,pilar]@tsc.upc.es

Resumen

La mayoría de aplicaciones que podrán soportar los terminales de los sistemas de comunicaciones móviles de 3G, como el UMTS, generan paquetes de información que, a menudo, tienen unas cabeceras con gran cantidad de información redundante. El objetivo del estudio que se presenta en este artículo, es analizar el funcionamiento de dos protocolos de compresión de cabeceras sobre enlaces radio para el sistema UMTS y comprobar si la utilización de la compresión es útil o no. Los protocolos de compresión desarrollados son el IPHC para cabeceras TCP/IP, y el ROHC para cabeceras RTP/UDP/IP. En el artículo se presenta el estudio de estos dos protocolos sobre aplicaciones diferentes ejecutándose en una plataforma de test UMTS.

1. Introducción

Las comunicaciones móviles están experimentando en los últimos años un crecimiento sin precedentes. La posibilidad de poder comunicarse en todas partes y en cualquier momento ha pasado de ser el principal servicio ofrecido por los operadores a ser uno más. El teléfono móvil se ha convertido en una herramienta polivalente que cada vez necesita ofrecer más servicios. Esta demanda de nuevos servicios, básicamente de banda ancha, ha generado la necesidad de realizar un cambio tecnológico para pasar de los sistemas 2G (Segunda Generación) a los de 3G (Tercera Generación).

El UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) es el sistema de 3G propuesto a nivel europeo con vocación mundial. Este consta de tres bloques fundamentales: el Núcleo de Red, la Red de Acceso (UTRAN) y el Terminal Móvil. El Núcleo de Red puede trabajar en dos modos: conmutación de circuitos (CS: Circuit Switched) o conmutación de paquetes (PS: Packet Switched). La tendencia predominante en la actualidad y posiblemente la futura del Núcleo de Red es la de trabajar en modo conmutación de paquetes, puesto que esta es la naturaleza de los datos generados por los nuevos servicios. Entre los servicios que podrían soportar los móviles basados en 3G, y más concretamente en UMTS, se encuentran el de poder navegar por Internet, la transferencia de ficheros o incluso la posibilidad de poder realizar videoconferencias, entre otros. Estas aplicaciones trabajan con paquetes que tienen unas cabeceras con gran cantidad de información redundante que se puede reducir.

El objetivo de este estudio¹ es analizar el funcionamiento de dos protocolos diferentes de compresión de cabeceras sobre enlaces radio para el

sistema UMTS y comprobar si la utilización de la compresión es útil o no. En concreto se ha estudiado los protocolos IPHC (**IP Header Compression**) para cabeceras TCP/IP, y el ROHC (**RObust Header Compression**) para cabeceras RTP/UDP/IP.

En el apartado siguiente se presenta la arquitectura de protocolos del interfaz radio y se detalla la parte encargada de realizar la compresión de cabeceras, conocida como PDCP (**Packet Data Convergence Protocol**). A continuación se describe el análisis realizado y los parámetros usados para el mismo. En el apartado 4 se presenta un ejemplo de compresión usando ROHC, y uno usando IPHC. Y finalmente se presentan las conclusiones que se extraen de dicho estudio.

2. El enlace radio

El interfaz radio o enlace radio para el sistema UMTS es el interfaz entre la UTRAN y el Terminal móvil.

La arquitectura de protocolos de este interfaz radio es la indicada en la Fig. 1. En ella se definen básicamente las tres capas más bajas del modelo de referencia OSI (**Open System Interconnection**) de la ISO (**International Standards Organization**): la capa de física o L1; la capa de enlace o L2; y la capa de red o L3. La compresión de cabeceras se realiza en la capa de enlace, que es la responsable de proporcionar a la capa de red un servicio fiable de transferencia de información usando la conexión física.

¹ Este trabajo ha sido financiado por el proyecto TIC 2001-2222 de la CICYT.

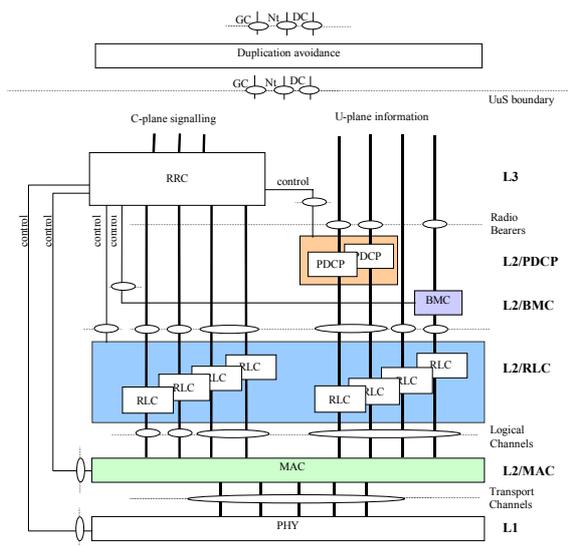


Figura 1. Arquitectura de protocolos del interfaz radio según la 3GPP

Para la red de acceso radio del sistema UMTS la capa de enlace se divide en cuatro subcapas: MAC, RLC, BMC y PDCP, tal como muestra la Fig. 1. Las funciones de cada una de estas subcapas determinan su presencia en el plano de control y/o en el plano de usuario.

La primera subcapa, común a los dos planos, es la de control de acceso al medio (MAC: **M**edium **A**ccess **C**ontrol), que como su nombre indica, controla el acceso al medio de transmisión. Es decir, se encarga de controlar el acceso de los usuarios, de multiplexar los servicios en los canales de transporte, etc.

La segunda subcapa, también común a los dos planos, es la de control del enlace radio (RLC: **R**adio **L**ink **C**ontrol), encargada de ofrecer un servicio de transmisión de datos para la capa de red. Entre sus funciones hay la segmentación y el montaje, el control de flujo a lo largo del enlace, y otras tareas relacionadas con la transferencia de datos como la gestión de las retransmisiones.

La tercera y cuarta subcapas se sitúan por encima de la subcapa RLC. Son: la BMC (**B**roadcast/**M**ulticast **C**ontrol) y la PDCP (**P**acket **D**ata **C**onvergence **P**rotocol). La subcapa BMC regula la transmisión de la información relativa a los servicios de difusión general o multidifusión sobre el interfaz radio. Y la subcapa PDCP es la que se encarga de la compresión de cabeceras.

2.1. La subcapa PDCP

La subcapa PDCP existe únicamente en el plano de usuario y, dentro de este, es aplicable solo al dominio del modo paquete (PS) [1]. El protocolo que contiene tiene una doble función: comprimir las cabeceras de los paquetes procedentes de la capa

superior, para mejorar la eficiencia espectral, y aislar el resto de los protocolos UTRAN de la necesidad de cambios por causa de la introducción de nuevos protocolos de red en modo paquete. Hasta la Release 6 en diciembre de 2003, el PDCP únicamente soporta los protocolos RFC 2507 (IPHC) [2] y RFC 3095 (ROHC) [3].

El protocolo de compresión de cabecera es específico de la capa de red, de la de transporte o de la combinación de estas dos con las capas superiores. Las combinaciones más usadas son TCP/IP y RTP/UDP/IP. El tipo de protocolo de la capa de red, por ejemplo el IP, se indica durante la activación del contexto PDP. Los protocolos de compresión de cabecera y sus parámetros son configurados por parte de las capas superiores para cada entidad PDCP.

El esquema de compresión de cabeceras más antiguo, el CTCP [4], fue inventado por Van Jacobson. El CTCP puede llegar a comprimir la cabecera TCP/IP de 40 bytes a 4. El descompresor CTCP detecta retransmisiones a nivel de transporte y envía una cabecera que actualiza completamente el contexto cuando eso pasa. Este mecanismo no requiere ninguna señalización explícita entre el compresor y el descompresor.

El **IP Header Compression (IPHC)**, es un esquema general de compresión de cabeceras IP que mejora de alguna manera el CTCP ya que puede comprimir arbitrariamente cabeceras IP, TCP y UDP. Cuando se comprimen cabeceras que no son TCP, el IPHC es más robusto. Cuando se comprime TCP, el mecanismo de reparación de CTCP se mejora con un esquema "NACK" a nivel de enlace que acelera la reparación. El IPHC no comprime las cabeceras RTP.

Otro esquema de compresión de cabeceras es el CRTP [5] realizado por Casner y Jacobson que comprime 40 bytes de cabeceras IPv4/UDP/RTP a un mínimo de 2 octetos cuando el Checksum UDP no está activado. Si el Checksum UDP está activado, el tamaño mínimo de la cabecera CRTP es de 4 octetos.

Por último, se ha desarrollado un nuevo esquema de compresión realizado por el IETF ROHC Working Group, bautizado como ROHC (**R**Obust **H**eaders **C**ompression). El objetivo del ROHC es comprimir cabeceras RTP/UDP/IP de tamaños superiores a 1 byte garantizando, al mismo tiempo, un buen funcionamiento (pérdidas de propagación mínimas y mínimo retardo añadido) sobre enlaces con tasas de error y tiempos de round trip elevados.

Los protocolos de compresión desarrollados en este estudio son el IPHC para cabeceras TCP/IP, y el ROHC para cabeceras RTP/UDP/IP.

3. Análisis realizados

Para realizar el presente estudio se ha utilizado una plataforma de test formada por varios PCs que reproducen todos los elementos del sistema UMTS en tiempo real. En la Fig. 2 puede verse una foto del testbed construido y la correspondencia de las diferentes partes con los elementos de la red UMTS reproducida.

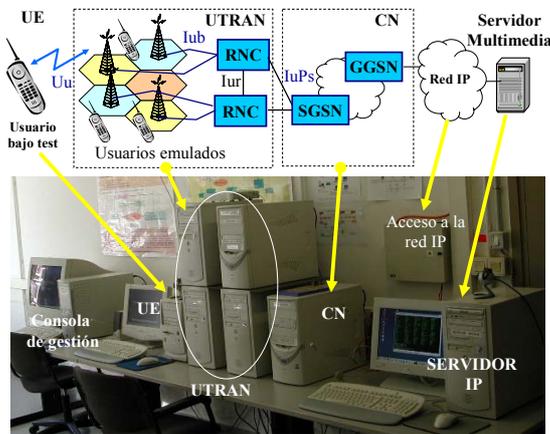


Figura 2. Correspondencia del testbed con los elementos de la red UMTS

En este estudio se ha analizado la compresión ROCH para las aplicaciones de videoconferencia y video streaming a fin de poder valorar si es útil o no su uso en un entorno de comunicaciones vía radio como el UMTS. Para comprobar también si la compresión de cabeceras TCP/IP con el IPHC es factible en un entorno radio se han analizado cuatro aplicaciones diferentes: web, telnet, e-mail y ftp. En la tabla 1 se resume la relación entre las aplicaciones analizadas y el protocolo de compresión aplicado.

Tabla 1. Relación entre las aplicaciones y el protocolo de compresión

Aplicación	Protocolo de compresión de cabeceras
WEB	IPHC
TELNET	IPHC
MAIL	IPHC
FTP	IPHC
VIDEOCONFERENCIA	ROCH
VIDEO STREAMING	ROCH

3.1. Parámetros considerados

Con el fin de mostrar la efectividad de la compresión y comprobar si es o no útil introducir compresión de cabeceras en las aplicaciones disponibles se han analizado el tamaño medio de las cabeceras y la eficiencia media.

El tamaño medio de las cabeceras se calcula en bytes según la ecuación (1), donde Tm_C significa tamaño medio cabeceras, T_C_i tamaño de la

cabecera del paquete i , y n es el número de paquetes analizados.

$$Tm_C = \frac{\sum_{i=1}^n T_C_i}{n} \quad (1)$$

La eficiencia media (Ef_m) es la media de las eficiencias individuales de los paquetes analizados recibidos correctamente, y se calcula según la ecuación (2).

$$Ef_m = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_Datos_i}{(T_Datos_i + T_C_i)}}{n} \quad (2)$$

donde T_Datos_i es el tamaño de los datos del paquete i .

4. Resultados

A continuación se presenta una muestra de los resultados obtenidos con la compresión ROCH y IPHC.

4.1. Compresión ROCH

En la Fig. 3 se muestra para las aplicaciones de videoconferencia y video streaming, el tamaño medio de las cabeceras antes y después de la compresión usando el protocolo ROCH, para la dirección destino-origen y considerando un canal radio con una BER=0.4268.

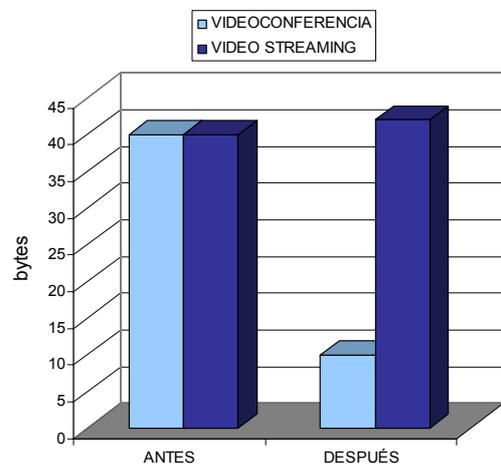


Figura 3. Tamaño medio de las cabeceras antes y después de la compresión ROCH

También para esa misma dirección se ha analizado la eficiencia media mostrada en la Fig. 4.

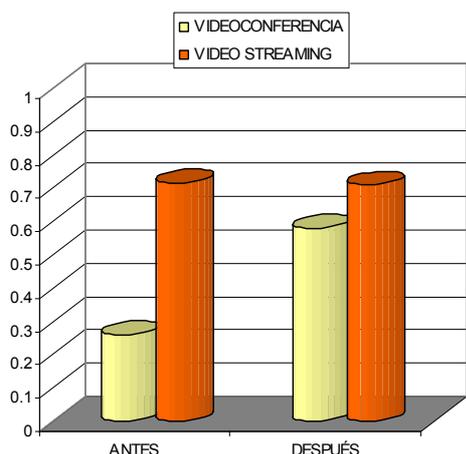


Figura 4. Eficiencia media antes y después de la compresión ROHC

Analizando gran número de resultados como los de las Fig. 3 y Fig. 4 para diferentes canales e informaciones se ha observado que para las cabeceras RTP/UDP/IP, que antes de comprimir con el ROHC son de 40 bytes, las dos aplicaciones (videoconferencia y video streaming) se comportan de manera muy diferente.

En la aplicación de videoconferencia el tamaño medio de las cabeceras comprimidas se sitúa siempre sobre los 10 bytes, mientras que en la aplicación de video streaming el tamaño medio de las cabeceras comprimidas es de 42 bytes. Este empeoramiento en comparación al tamaño sin comprimir se debe al campo `ssrc_id`. Este campo se esperaba que fuese constante a lo largo de la conexión y no lo es, por lo que el compresor se ve obligado a enviar una cabecera de inicialización y refresco (IR) para comunicar estos cambios al descompresor.

En términos de eficiencia, el comportamiento de las dos aplicaciones también es muy diferente. Por lo que concierne a la videoconferencia la eficiencia mejora siempre. En cambio, para la aplicación de video-streaming, el uso de la compresión no mejora la eficiencia. Este comportamiento es coherente ya que la cabecera comprimida es ligeramente superior a la cabecera original.

Por ejemplo en la Fig. 4, la eficiencia de la aplicación de videoconferencia pasa de tener un valor del 26% al 58%. En cambio, para la aplicación de video-streaming, el uso de la compresión no mejora la eficiencia, debido a que la cabecera comprimida es ligeramente superior a la cabecera original, en el ejemplo de la Fig. 4 la eficiencia pasa de 71.4% antes de comprimir a 70.8% después de la compresión.

Así pues, para la videoconferencia el uso de la compresión ROHC es beneficioso ya que se disminuye el tamaño medio de la cabecera y las eficiencias mejoran. En cambio, para el video

streaming el uso de la compresión ROHC no es recomendable en este caso concreto, ya que la variación del campo `SSCR_ID` obliga al envío de paquetes de tipo IR que hacen aumentar el tamaño medio del paquete y en consecuencia disminuir la eficiencia.

4.2. Compresión IPHC

En la Fig. 5 se muestra para las aplicaciones web, telnet, mail y ftp, el tamaño medio de las cabeceras antes y después de la compresión IPHC. Y en la Fig. 6 la eficiencia media antes y después de comprimir con IPHC para la dirección destino-origen y considerando el mismo canal radio con BER=0.4268.

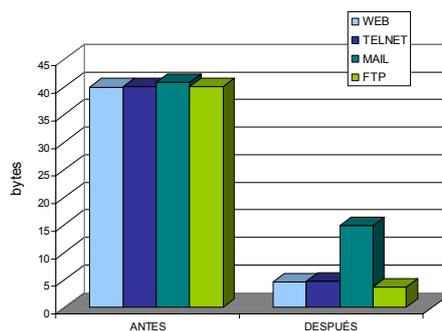


Figura 5. Tamaño medio de las cabeceras antes y después de la compresión IPHC

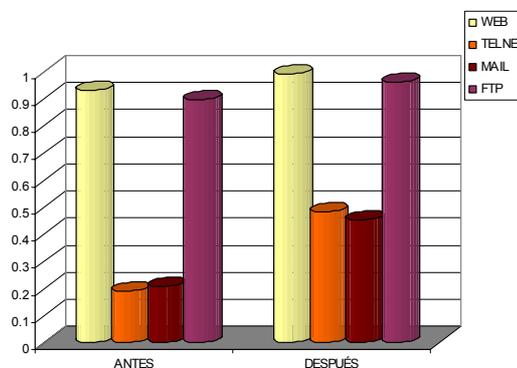


Figura 6. Eficiencia media antes y después de la compresión IPHC.

Después de hacer varias pruebas en diferentes entornos se ha llegado a la conclusión que, con el uso de la compresión IPHC, la eficiencia siempre mejora. Esta mejora es más o menos importante, dependiendo de si los paquetes de la trama transportan más o menos datos útiles. La aplicación que en media mejora más su eficiencia con la compresión es la telnet que consigue una mejora de aproximadamente 30%. Por ejemplo en los resultados mostrados en la Fig. 6 pasa de una eficiencia del 19.16% a una del 48.42%. Y las aplicaciones que mejoran menos son la web y la ftp, ya que la eficiencia ya es de por si muy alta pues los paquetes llevan gran cantidad de datos y la presencia del compresor no es imprescindible. Todo lo

contrario, si no se comprime se ahorra tiempo y problemas de recepción.

Por lo que concierne al tamaño medio de las cabeceras la compresión IPHC consigue, en todas las aplicaciones analizadas, reducirlo de forma importante. La reducción más importante se ha observado en la aplicación ftp que llega a niveles de reducción de la cabecera del 90%, por ejemplo, los paquetes ftp en la Fig. 5 pasan de 40.1 a 3.72 bytes. Y la reducción menos importante se ha observado en los paquetes de la aplicación mail que reducen un 60%. En el mismo ejemplo de la Fig. 5 las cabeceras de la aplicación de mail pasan de un valor de 40.88 a 14.88 bytes.

5. Conclusiones

La mayoría de aplicaciones que podrán soportar los móviles de los sistemas de comunicaciones móviles de 3G, como el UMTS, generan paquetes de información. Estos paquetes, a menudo, tienen unas cabeceras con gran cantidad de información redundante que se puede reducir.

El objetivo del estudio presentado en este artículo, es analizar el funcionamiento de dos protocolos diferentes de compresión de cabeceras sobre enlaces radio para el sistema UMTS y comprobar si la utilización de la compresión es útil o no. Para ello se ha analizado la subcapa PDCP, responsable de esta compresión en el dominio del modo paquete. Los protocolos de compresión desarrollados en este

estudio son el IPHC para cabeceras TCP/IP, y el ROHC para cabeceras RTP/UDP/IP.

Se han obtenido gran número de resultados fruto de analizar el tamaño medio de las cabeceras antes y después de comprimir, y la eficiencia espectral. Y se ha observado que para las aplicaciones de videoconferencia, telnet y mail el uso de un protocolo de compresión de cabeceras es beneficioso. Mientras que para las aplicaciones de video streaming, web y ftp el uso de compresión de cabeceras no es recomendable.

Referencias

- [1] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), "Packet Data Convergence Protocol (PDCP) Specification", Release 4, 3G Technical Specification 25.323 v.4.5.0, June 2002.
- [2] M.Degermark, B.Nordgren, S.Pink, "IP Header Compression", IETF RFC 2507, February 1999.
- [3] C. Bormann, C. Burmeister, M. Degermark et al, "RObust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed ", IETF RFC 3095, July 2001.
- [4] Van Jacobson, "Compressing TCP/IP Headers for Low-Speed Serial Links", RFC 1144, February 1990.
- [5] S.Casner and V.Jacobson, "Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial Links", RFC 2508, February 1999.