
1 Introducción

1.1 *MOTIVACIONES Y OBJETIVOS DE ESTA TESIS*

Internet, la mayor red de ordenadores del mundo, formada por millones de terminales repartidos por todo el planeta, está basada en la arquitectura de protocolos TCP/IP, cuyas aplicaciones más utilizadas son, sin duda, el correo electrónico, la transferencia de ficheros, el acceso remoto y el acceso a la Web. Todas ellas tienen en común el protocolo de transporte que utilizan, TCP [Ste94, RFC793, RFC2581], que es extremo a extremo, fiable y orientado a conexión.

Los protocolos de la arquitectura TCP/IP fueron diseñados para ser utilizados en redes compuestas únicamente por ordenadores fijos y en las que el principal problema era la limitación en el ancho de banda disponible y la tasa de error de bit. Tanto las tecnologías de red como las necesidades de los usuarios han ido evolucionando, debiendo hacer un esfuerzo importante en la adecuación de los protocolos para su comportamiento óptimo en los nuevos entornos.

En primer lugar se ha evolucionado hacia entornos de **alta velocidad** en los que las líneas de transmisión son extremadamente fiables, con lo cual el problema de la transmisión fiable extremo a extremo se centra en la pérdida de paquetes debido a los problemas de **congestión** de los nodos de conmutación de la red. Para obtener buenas prestaciones del protocolo deben plantearse mecanismos que actúen de forma eficiente en los casos de congestión. En este aspecto se ha contribuido con la mejora del protocolo TCP en situaciones de congestión en Redes Frame Relay [Rep95, CPP98].

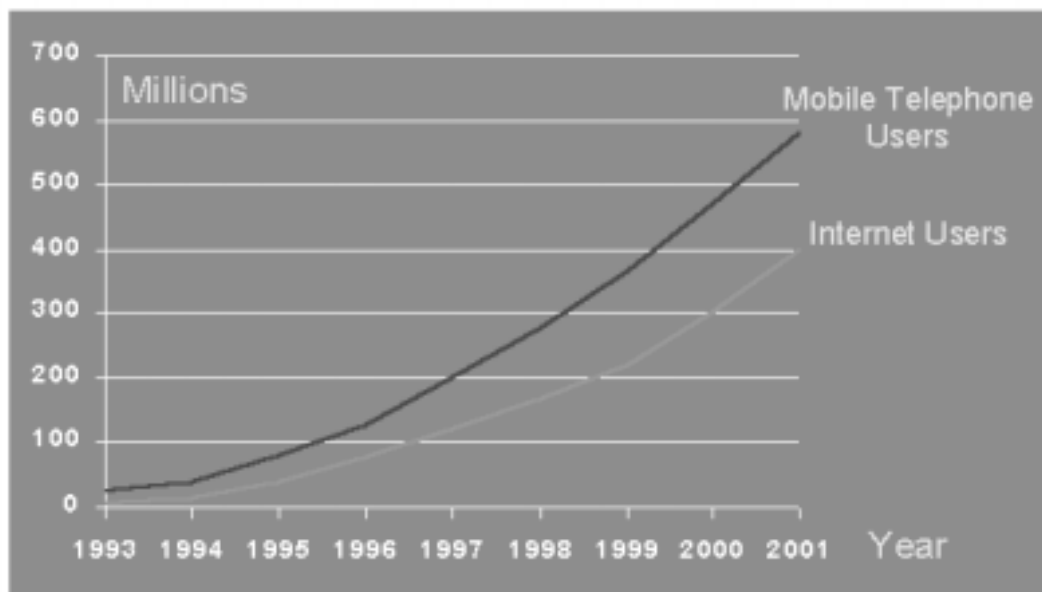
Siguiendo la evolución, actualmente se plantea el uso de este tipo de protocolos sobre el **canal radio móvil**, el cuál presenta características muy diferentes. La **velocidad reducida** de los enlaces y la **elevada tasa de error en bit (BER)** son el aspecto diferencial. Por lo tanto, un aspecto crítico a la hora de determinar la viabilidad de ofrecer servicios de datos basados en aplicaciones TCP/IP en redes móviles es el del análisis de las posibilidades de acoplamiento de esta arquitectura de protocolos a este nuevo enlace de comunicación. Concretamente, se ha estudiado el efecto de la BER en el comportamiento del TCP, y los algoritmos de compresión de cabeceras. Se proponen mejoras para aumentar el rendimiento del protocolo en estos entornos. [CaP98a, CaP98b, CRP97].

Teniendo en cuenta los dos entornos anteriores, deberemos además analizar qué sucede en las denominadas **Redes Heterogéneas**, las cuales se componen de una mezcla de enlaces fijos y móviles. Las implementaciones actuales de TCP no pueden distinguir entre pérdidas debidas a congestión o a errores, con lo que responden a todas las pérdidas como si éstas fuesen debidas a la congestión. La idea es estudiar cómo diferenciar entre pérdidas debidas a congestión o a errores del canal radio móvil. En este ámbito se han seguido varios trabajos existentes en la bibliografía. La conclusión más importante de éstos es que la predicción en cuanto a la naturaleza de las pérdidas (congestión o errores) no es factible. Por lo tanto, no se ha continuado el estudio en esta línea [HoV99, BiV99, BiV98b, BiV98a, BiV97, WeV97, <http://www.cs.tamu.edu/people/saad/research.html>].

Finalmente, otro aspecto analizado es la influencia de la existencia de canales asimétricos en la comunicación extremo a extremo TCP tanto en enlaces fijos como en móviles. Los **enlaces asimétricos** se caracterizan por tener diferentes anchos de banda para cada dirección de la comunicación. Hay muchas aplicaciones TCP, como acceso Web ó FTP en Internet, que aprovechan esta circunstancia, ya que tratan un flujo mucho mayor de datos en la dirección hacia el cliente que en el sentido contrario. En estos entornos el principal problema es el **aprovechamiento del ancho de banda** disponible en el sentido de la transferencia de datos. En este aspecto se ha analizado el efecto de los canales asimétricos y se ha contribuido con una mejora del protocolo [CLP98a, CLP98b, CLP99].

En la Figura 1.1 se muestra la evolución del número de usuarios de Internet y Teléfonos Móviles¹. En ambos aspectos el crecimiento desborda todas las expectativas, con lo que deben plantearse soluciones que permitan adecuar el espectacular crecimiento a las nuevas tecnologías y necesidades de los usuarios.

¹ Fuente: Ericsson Radio Systems, Inc.



Source: Ericsson Radio Systems, Inc.

Figura 1.1 Evolución del número de usuarios de Internet y Teléfonos Móviles

1.2 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el primer capítulo se han presentado las motivaciones y los objetivos que han sido el punto de partida de esta Tesis, dando paso a la descripción detallada de los aspectos relevantes del estudio realizado en los siguientes capítulos.

En el Capítulo 2 se presentan las características y algoritmos del protocolo de transporte TCP, que es el objetivo de estudio de esta Tesis. Se detalla su funcionamiento y se apuntan los aspectos a tener en cuenta en la evaluación de las prestaciones del protocolo en los diferentes entornos: redes móviles, problemas con la congestión, canales asimétricos y enlaces de baja velocidad.

En el Capítulo 3 se introducen los dos sistemas de acceso alámbrico analizados como soporte para la transmisión TCP/IP. Se describen los aspectos representativos del protocolo de red Frame Relay, y del acceso asimétrico a redes con tecnología ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*). Se definen los conceptos utilizados en los capítulos específicos del estudio de TCP/IP en redes Frame Relay y en canales asimétricos respectivamente.

Otro de los aspectos que se estudian en esta Tesis es el comportamiento de TCP en entornos móviles tratado en el Capítulo 4. Se presentan las características específicas del canal radio móvil que afectarán al comportamiento del protocolo. Asimismo se analizan diferentes propuestas existentes para la adecuación del protocolo TCP en entornos móviles.

En el Capítulo 5 se detalla el algoritmo de Compresión de Cabeceras utilizado en la mayoría de implementaciones TCP/IP/PPP para la comunicación de datos en enlaces serie de baja velocidad. Se evalúa la problemática que será estudiada en capítulos siguientes.

El Capítulo 6 presenta el estudio realizado de TCP en una red Frame Relay en la que su principal problema es la congestión. Se presenta el algoritmo propuesto para la adecuación de los mecanismos de notificación de la congestión de Frame Relay en la capa de transporte. Se concluye con la presentación de resultados del mismo.

Sobre el efecto de los errores en entornos móviles en la comunicación extremo a extremo TCP se realiza un estudio detallado en el Capítulo 7. El análisis exhaustivo del protocolo en este tipo de entornos utilizando una plataforma real permite la optimización del protocolo en este tipo de entornos.

En el Capítulo 8 se analiza el comportamiento del protocolo TCP en enlaces asimétricos. En primer lugar se parametrizan los aspectos que degradan el rendimiento del protocolo en estos entornos, se analizan detalladamente las propuestas existentes en la bibliografía y se presenta un algoritmo de mejora.

El último de los aspectos tratados en esta Tesis es el efecto de los algoritmos de compresión de cabeceras en una comunicación TCP en enlaces móviles de baja velocidad. En este ámbito en el Capítulo 9 se muestra la degradación del protocolo, se presentan los diferentes algoritmos y mejoras propuestos en la bibliografía, y se proponen mejoras para solucionar la problemática de las diferentes propuestas.

Finalmente en el Capítulo 10 se resumen las contribuciones de esta Tesis, se presentan las conclusiones y líneas futuras de continuación del trabajo.

Se adjuntan también anexos con información detallada de algunos aspectos tratados en esta Tesis. El Anexo A contiene el diagrama de la Máquina de Estados del protocolo TCP. Por otra parte, en el Anexo B se presenta el modelado de los canales móviles utilizados en el emulador que ha permitido la introducción de patrones de errores en las comunicaciones TCP evaluadas.

Por último el texto finaliza con las referencias y bibliografía utilizadas como soporte al desarrollo de esta Tesis.