

# CARACTERIZACIÓN BASADA EN OOD DE LA LLEGADA DE PAQUETES AL CANAL EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

Luis G. Alonso Zárate, Ramón Agustí Comes  
Grupo de Comunicaciones Radio

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (D4 Campus Nord)  
Universitat Politècnica de Catalunya, c) Jordi Girona 1-3, 08034 Barcelona, España  
e-mail: luisg@tsc.upc.es, ramon@tsc.upc.es

## 1.- INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transmisión de datos, aunque todavía de modo incipiente frente a los de voz, están llamados a jugar un papel decisivo en los sistemas de comunicaciones móviles mediante el uso de accesos en modo paquete. Un problema que surge cuando se trata de valorar los protocolos implicados de capa 2 (LLC y MAC) es la dificultad de conocer con precisión la estadística de los paquetes últimos que llegan al medio físico (canal), aun siendo conocida la estadística de llegada de los mensajes al terminal móvil (capas altas de aplicación). Esta estadística es el resultado de la generación inicial de paquetes modulada por el algoritmo asociado a los protocolos usados.

En este sentido este artículo presenta una plataforma de evaluación de protocolos basada en el diseño orientado a los objetos (OOD) [1] que permite emular el comportamiento de cualquier protocolo y obtener la estadística de los paquetes que llegan al canal. Se ha creado una plantilla de código que se rellena a partir del diagrama de estados correspondientes al protocolo a evaluar, y se han definido una serie de estructuras de datos auxiliares de soporte para el estudio de protocolos de alta complejidad. En concreto, cabe destacar la definición de los llamados estados secundarios, la pila de estados y los relojes de control que serán detallados más adelante. La figura 1 ilustra el problema considerado.

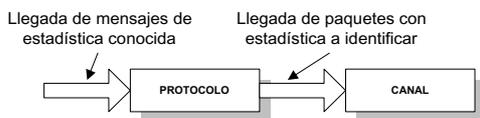


Figura 1

En particular, como ejemplo de aplicación, se ha implementado un protocolo LLC basado en HDLC con un MAC del tipo Slotted-ALOHA.

## 2. ESTRUCTURA DE CLASES

El patrón de código que se ha realizado se ha centrado en el diseño de un sistema en el que haya dos capas superpuestas, que para el caso de comunicaciones móviles son la subcapa de acceso al medio (MAC) y en nivel de enlace (capa 2). Sin embargo, sería perfectamente posible extender la

estructura del diseño a un sistema de cualquier número de niveles. El árbol de inclusión de las clases generadas sigue el esquema de la figura 2.

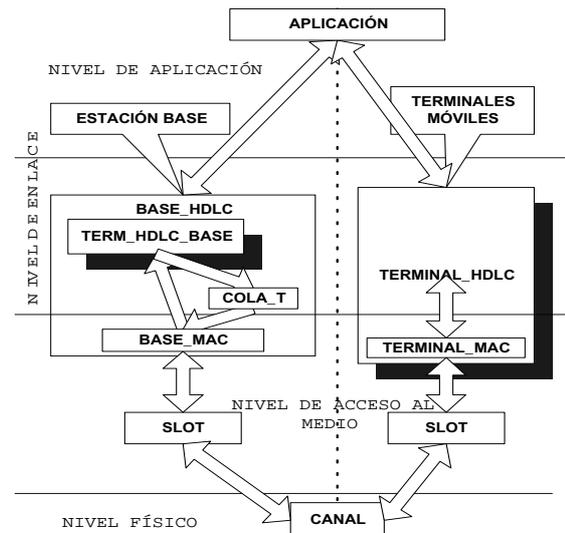


Figura 2. Estructura de las clases genéricas

Las clases son genéricas y por tanto pueden adaptarse a cualquier protocolo. Deben introducirse en la capa superior (nivel de aplicación) los mensajes de entrada, con una cierta estadística conocida, y se obtendrá como resultado la estadística modificada a la entrada de la capa inferior (física) debida al comportamiento del protocolo desarrollado.

Las clases que representan los elementos de transmisión (en el caso implementado, para comunicaciones móviles, las estaciones base y los terminales móviles), tienen una estructura funcional que permite emular el comportamiento de los protocolos en unidades de tiempo discreto (tramas o slots). Para ello se usan unas clases llamadas *reloj* encargadas del control de la simulación del tiempo. Por otro lado, una función llamada genéricamente *recibe* evalúa las primitivas que llegan de capas superiores o inferiores, extrae las PDU (Protocol Data Units) [2] correspondientes, y modifica el estado del elemento consecuentemente. Otra función genérica llamada *envía* es la encargada de realizar las acciones correspondientes al estado en el que se encuentre el elemento y tomar las acciones pertinentes (generalmente enviar hacia capas superiores o inferiores las primitivas de servicio adecuadas). Estas transmisiones se realizan

mediante la clase ECB, que se corresponde con los *Event Control Blocks* del modelo OSI.

Todos los elementos tienen además unos *buffers* de trabajo en los que se almacenan los datos simulados (para el caso en el que se quiera realizar una emulación con datos de prueba de protocolos con retransmisión), así como la posibilidad de emular múltiples conversaciones simultáneas de la estación base con varios terminales (clase *cola\_t*). La estructura de estos datos viene determinada por la definición de las clases correspondientes a las PDUs, que también pueden ser modificadas sin afectar al funcionamiento del resto del sistema.

### 3. DIAGRAMAS DE ESTADOS

El trabajo de adaptación del patrón de código al protocolo concreto que quiera evaluarse consiste en generar el diagrama de estados del mismo y en plasmarlo en las funciones genéricas *envía* y *recibe* citadas anteriormente. Para ello dichas funciones ya están estructuradas de modo que tan sólo debe añadirse el código asociado a cada estado y las transiciones adecuadas en función de los eventos y primitivos recibidos.

Como innovación importante, usada en el ejemplo que se mostrará más adelante para un protocolo basado en HDLC [3], se han introducido los llamados estados secundarios y la pila de estados. A la hora de implementar protocolos de una cierta complejidad, el diagrama de estados puede hacerse demasiado grande para ser manejable y cubrir todos los casos posibles que pueden darse en una transmisión. Para ello se añade la posibilidad de usar la tercera dimensión en el diagrama, definiendo ciertos estados a los que se accede en determinados momentos para realizar acciones excepcionales, normalmente debidas a anomalías (errores en la transmisión, envío de retransmisiones, etc...) que deben ser corregidas, para luego poder regresar al estado original en el que el elemento se encontraba antes de producirse el evento perturbador. Para ello, cuando existe la necesidad de entrar en uno de estos estados secundarios, se apila el estado actual, se transfieren los procesos a este segundo plano de estados, o diagrama de estados secundarios, para luego desapilar el estado del cual veníamos y regresar al punto de partida.

El hecho de que la estructura de datos usada sea una pila permite anidar el paso por estados secundarios tantas veces como sea necesario.

### 4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se ha aplicado el esquema descrito a un ejemplo de uso de un protocolo similar al LAPB, basado en HDLC, en el que se supone una llegada de Poisson de mensajes que son más grandes que la capacidad de la capa de acceso y que por tanto deben ser

troceados para ser enviados por el canal. De este modo estudiamos la estadística del tiempo de llegada de los *slots* (fragmentos de mensaje) al canal y comprobamos la influencia del protocolo en dicha estadística. Se han considerado mensajes de longitud constante e igual a 5 veces el tamaño del *slot*, con llegadas de mensajes de Poisson de media 100 (normalizado al tamaño del *slot*), para 10 terminales móviles activos transmitiendo *full-duplex* con una estación base. Se ha usado un protocolo Slotted-ALOHA para el MAC, reconocimientos positivos y retransmisión uniforme. A modo de ejemplo de los resultados que pueden obtenerse de la aplicación, en la figura 3 se muestra la función de densidad de probabilidad del tiempo de llegada entre paquetes al canal. Estos resultados pueden servir de herramienta para estudios del tipo de [4].

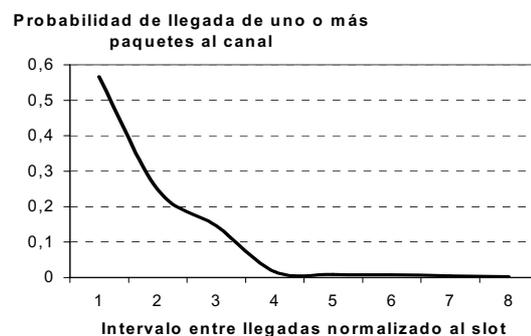


Figura 3. fdp del intervalo entre llegadas de paquetes

### 5. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una plataforma de código basada en la orientación al objeto, preparada para adaptarse a cualquier protocolo, de cara a poder evaluar la influencia que ejercen los algoritmos en la estadística de la llegada de los mensajes al canal de transmisión.

Los resultados obtenidos al aplicar el patrón a un caso particular pueden permitir ajustar y mejorar los protocolos en uno o varios niveles de cara a maximizar la eficiencia del sistema en las condiciones de trabajo del mismo.

### REFERENCIAS

- [1] Schild, Herbert. "C/C++. Manual de Referencia". McGraw-Hill. 1992
- [2] Black, Ulysses. "Physical Layer Interfaces and Protocols". Second Edition. IEEE Computer Society Press. 1996
- [3] Halsall, Fred. "Data Communications, Computer Networks and Open Systems". Fourth Edition. Addison-Wesley. 1996
- [4] D.G. Jeong, C.-H. Choi, and W.S. Jeon, "Design and performance evaluation of a new medium access control protocol for local wireless

*data communications*". IEEE/ACM Trans.  
Networking, vol. 3, no. 6, pp. 742-752, 1995