

# SIMULACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN EN LA RED PÚBLICA DE DATOS IBERPAC MEDIANTE X.25

José Antonio Gallud Lázaro

*José Antonio Gallud Lázaro es profesor del Departamento de Informática, Escuela Universitaria Politécnica de Albacete, Universidad de Castilla La Mancha*

## RESUMEN

La red pública de datos española está adquiriendo cada vez un mayor protagonismo en la medida que aumentan los esfuerzos para lograr una mayor conectividad entre diferentes sistemas. De ahí el interés de estudiar las características de esta red pública. En este trabajo se ha buscado simular el establecimiento de la conexión en la red pública de datos IBERPAC a través del protocolo de comunicaciones X.25. Escoger las características, definir el modelo de la red y simular el comportamiento del protocolo son las principales tareas que se describen aquí. Los óptimos resultados nos permiten disponer de una herramienta con la que podemos estudiar otros aspectos de la red IBERPAC.

## 1. INTRODUCCIÓN

EL mundo de las comunicaciones está experimentando, de un modo vertiginoso, las consecuencias de la rápida evolución de la tecnología de los computadores. La electrónica digital, en la cual se basa la tecnología de los actuales computadores, va sustituyendo, progresivamente, a los equipos y soportes analógicos de transmisión. La invasión del chip llega por todas partes. Es cada vez más frecuente encontrar comercializados productos electrónicos, sean cámaras, vídeos, etc., en los que se incorpora tecnología digital. La revolución digital que llegó hace veinte años al mundo de los computadores, extiende ahora sus tentáculos hacia otros campos, sumergiendo al hombre en un mundo cada vez más sofisticado y dominado por el computador personal.

Dentro del amplio mundo de las comunicaciones podemos distinguir dos áreas diferenciadas: la transmisión de voz y la transmisión de

datos. En este artículo nos referimos a la transmisión pública de datos que en España se lleva a cabo por medio de la red pública de transmisión de datos Iberpac. El término pública hace referencia a la posibilidad de acceso a la red para cualquier usuario, frente a las redes privadas de comunicación.

Este artículo plantea la posibilidad de diseñar un modelo que represente adecuadamente el comportamiento de la red pública de datos Iberpac. La primera consecuencia al implantar un modelo válido de la red es la de estudiar sus características sin necesidad de interferir en el sistema real, más concretamente, sin manipular el sistema real.

El hecho de disponer de un modelo adecuado nos permite estudiar aspectos como el tiempo de respuesta, la duración del establecimiento de una conexión, problemas de tráfico en la red debido a la estrategia de encaminamiento, posibles retardos por exceso de tráfico, incidencia de la estructura y la topología de la red, etc. En definitiva, todas aquellas características de la red cuyo estudio nos conduzca a encontrar soluciones que mejoren el funcionamiento o reduzcan los problemas.

Por lo dicho hasta ahora y para situar adecuadamente el contexto de este artículo, es necesario explicar diferentes términos relacionados con la transmisión de datos como puede ser qué se entiende por Redes Públicas y Privadas o la conectividad entre sistemas informáticos así como definir algún concepto acerca del modelado de sistemas.

## **2. LA RED IBERPAC**

Los inicios de la red pública de conmutación de paquetes IBERPAC hay que buscarlos en 1971 bajo el nombre de Red Especial de Transmisión de Datos. El uso de la Red Telefónica Básica de los primeros tiempos para los servicios de datos restringía las posibilidades de la red debido a la limitación de la velocidad de transmisión, la alta tasa de errores y el excesivo retraso en el establecimiento de la llamada.

Actualmente la red ha paliado estas deficiencias incorporando otras ventajas: la detección y corrección automática de errores, conversión de velocidades, bajas tasas de errores, etc. Características que pueden tener su importancia en la definición del modelo. Este tipo de servicio es de mucha utilidad ya que cualquier usuario puede conectarse con otros usuarios en diversos puntos del mundo que estén conectados a redes públicas o privadas.

Desde el punto de vista de la arquitectura, se pretende una definición modular de los servicios e interfaces basándose fundamentalmente en las recomendaciones X200 del CCITT al estructurar la red en al menos tres niveles como son el físico, de enlace y de red. Y en lo que

se refiere al diálogo usuario-red, IBERPAC ofrece múltiples posibilidades de conexión. En este punto la tendencia es adoptar (por ambas partes, usuarios y red) las interfaces definidas por el CCITT e ir abandonando las definidas por Telefónica u otra empresas (RSAN, NCR 270, OLIVETTI, etc).

La red ofrece de acuerdo con la recomendación X2 del CCITT, dos tipos de servicio: circuitos virtuales permanentes y circuitos virtuales conmutados. El primero no necesita establecer una llamada como paso previo ya que el circuito está ya establecido. El segundo puede seleccionar cualquier destino estableciendo una llamada. El servicio adicional de ensamblado y desensamblado de paquetes permite la conexión de equipos heterogéneos. Con el término paquete se indica la unidad elemental de información que se emplea en la red. La red Iberpac se define como una red de conmutación de paquetes, lo que significa que la comunicación entre dos usuarios se realiza mediante un intercambio de paquetes. Cada paquete contiene toda la información de la dirección de destino, no importa que el circuito físico que utilicen dos paquetes de una misma conexión sean diferentes. La conmutación de paquetes se contraponen a la conmutación de circuitos en la que se establece un circuito por el que circulan todos los paquetes de una misma conexión.

De lo dicho se deduce que sea bastante apropiado el estudio del establecimiento de llamadas desde la única perspectiva X25, ya que es lo más representativo. La red ofrece conexiones a diversas velocidades, aunque internamente trabaja a 9600 bits/seg.

El encaminamiento de la red es cuasi-estático, y descentralizado. Hay tres rutas diferentes: ruta directa, alternativa de primera prioridad y ruta alternativa de segunda prioridad. Normalmente siempre se utilizan dos caminos diferentes para asegurar la transmisión. Por otra parte la tendencia de los supervisores de la red es la de tener el mayor número posible de circuitos dedicados, acelerando el establecimiento de la conexión, mediante el estudio de las peticiones de llamada de los usuarios.

El tema de la tarificación es particularmente diferente respecto a la comunicación hablada. Telefónica tiene múltiples tipos de contratos dependiendo de la velocidad contratada, número de canales, circuitos dedicados o no, tipo de interfaz, número de llamadas, duración de las llamadas, etc. Prácticamente se puede decir que cada usuario tiene su propio contrato y todos tienen en común que dicha tarifa no depende de la distancia a la que se llama.

En cuanto a la estructura de la red se pueden distinguir tres niveles: el más bajo lo forman los centros de acceso (centros locales o concentradores) que están conectados al nivel superior a través de un Nodo principal conmutador de paquetes. Estos centros principales pueden tener colgados hasta seis centros de acceso del nivel inferior y están conectados al nivel superior por medio de los nodos secundarios, los cua-

les están todos interconectados (al menos en teoría). Esquemáticamente se puede resumir:

- nivel superior: centros secundarios
  - conectados entre sí
- nivel intermedio: centros principales
  - conmutadores
- nivel inferior: centros locales o de acceso
  - concentradores

Los centros de acceso están formados por equipos TESYS-1, todos los usuarios acceden a IBERPAC a través de una línea (modem) conectada a un equipo TESYS. Más propiamente hay que decir que un centro de acceso es un TESYS-1, que tiene posibilidad de conectar hasta un máximo de 32 líneas (variando según la velocidad). Este tipo de centro no está conectado a otros del mismo nivel, ni tampoco es un centro conmutador.

Hacia el nivel superior, cada centro de acceso o centro local tiene dos conexiones de 9600 bits/seg con un nodo principal. Los nodos principales están formados por equipos TESYS-5, son centros conmutadores, y están conectados dentro de un mismo nodo varios TESYS-5 por medio de un bus. Antes se ha dicho que todos los usuarios deben «tender» una línea a un centro de acceso y no es cierto del todo, ya que algunos usuarios especiales pueden conectarse directamente a este nivel de nodos principales, por ejemplo los centros de cálculo de Bancos y Cajas. En el nivel superior tenemos centros secundarios conectados prácticamente todos con todos, a este nivel se permite las conexiones vía X.75 (vía satélite) con redes internacionales.

Esta estructura de la red Iberpac está en proceso de cambio hacia una similar pero de dos únicos niveles: un mismo nivel de acceso y conmutación y otro nivel llamado de centros nodales, interconectados entre sí. El soporte seguirían siendo los equipos del sistema TESYS, que actúan no solo como centros de conmutación y concentración sin que también sirven como centros de gestión de la red.

Algunos datos generales de la red, facilitados por Telefónica, referentes al año 1988 son: 5.787 Equipos Terminales de Datos de paquetes, 40.841 ETD's que necesitan ensamblado, 1.157 centros de acceso, 527 centros de conmutación, disponibilidad media por terminal y día del 99'9% y un tráfico diario de 2,7 gigabytes.

En este artículo, se ha adoptado el criterio de estudiar una estructura genérica de la red Iberpac. Se ha escogido el esquema de dos niveles con la siguiente estructura: unos centros nodales (nodos principales) conectados entre sí, de cada uno de ellos cuelgan los centros de acceso. Puede visualizarse el esquema genérico de la red en la figura 1.

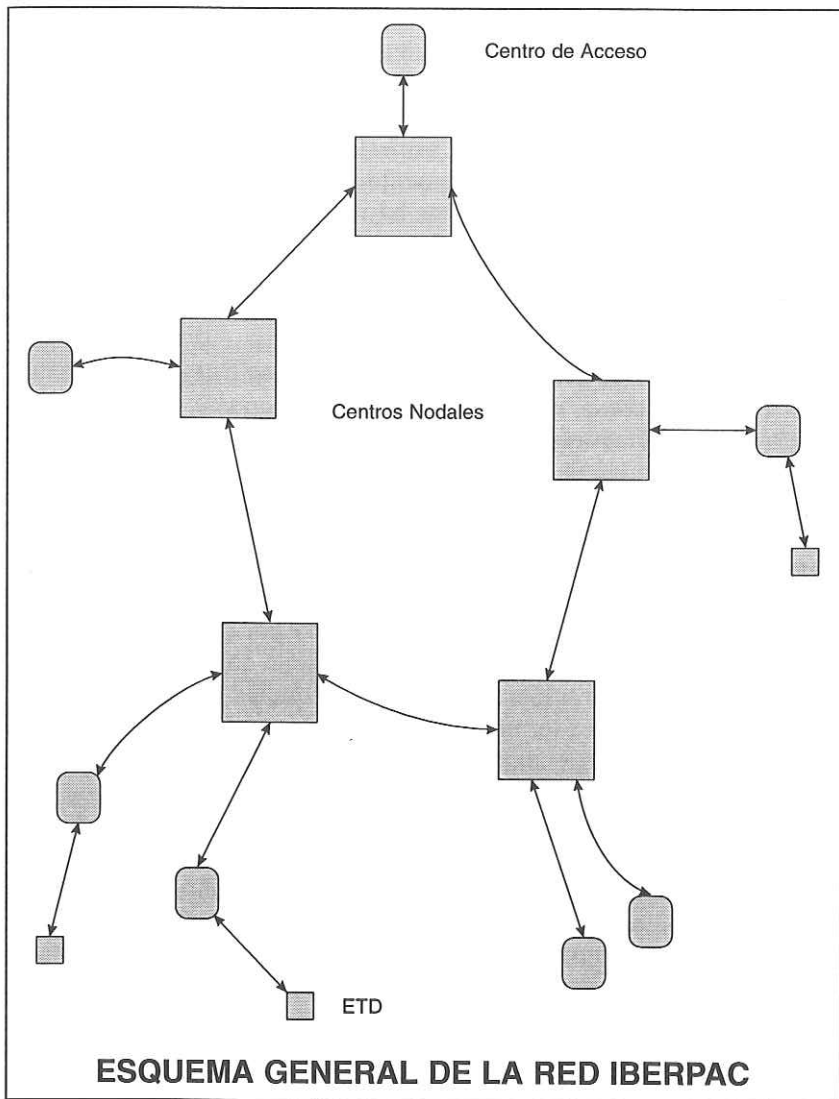


FIGURA 1

## 2. EL PROTOCOLO

La red Iberpac ofrece a los usuarios múltiples servicios de transmisión de datos. En primer lugar ofrece una serie de opciones en el tipo de conexión: conexiones punto a punto, circuitos dedicados, circuitos conmutados, etc. Respecto a los protocolos ofrece dos grandes posibilidades: Rsan y X.25. Rsan define todos los niveles de la red, es un protocolo desarrollado por Telefónica en los años que no existía un es-

tándar aceptado para las redes de transmisión. Este protocolo está abandonándose poco a poco ante la demanda por parte de usuarios de servicios X.25. Los usuarios demandan X.25 debido a que los fabricantes de equipos han decidido ponerse de acuerdo en el estándar de transmisión, al menos en los niveles inferiores.

Una vez se han explicado brevemente las principales características de la red, conviene exponer las ideas básicas del protocolo que se va a utilizar. Uno de los protocolos más extendidos es el que propuso el CCITT para evitar incompatibilidades entre las interfaces desarrolladas en distintas redes. Se trata de los protocolos de acceso a los niveles 1, 2 y 3, conjuntamente conocidos como X.25.

X.25 define la interfaz entre el ETD, el usuario y el —en nuestro caso— centro de acceso. En el nivel de red o de paquete —el nivel 3— se maneja el encaminamiento y los circuitos virtuales. Brevemente podemos decir que cuando un ETD quiere comunicarse con otro, debe establecer un circuito virtual entre ellos, lo que en IBERPAC se conoce como un CVC, un circuito virtual conmutado. Para ello, envía un paquete llamado CALL REQUEST al destino, el cual puede aceptar devolviendo un CALL ACCEPTED. En el momento en que el primero recibe el paquete CALL ACCEPTED enviado por el destino, se establece una conexión entre ellos. Al establecerse la conexión empieza el intercambio de información mediante los paquetes de datos. Cuando alguno de los dos desea terminar envía al otro un CLEAR REQUEST, el cual confirma la desconexión con un paquete CLEAR CONFIRMATION. Éstos serán los eventos que se manejen en la simulación.

Como es lógico, entorno a la especificación que se acaba de describir, aparecen numerosos problemas de implementación que no forman parte del ámbito de este trabajo. El estudio de cada uno de ellos y sus soluciones tiene su interés a partir del modelo de la red que se propone.

### 3. LA SIMULACIÓN

El programa toma como base un trabajo de doctorado en el que se implementa una simulación básica de una red pública genérica mediante la herramienta SMPL. En dicho trabajo los concentradores y los nodos (en IBERPAC son centros de acceso y centros nodales respectivamente) de la red se modelan mediante una metodología de evaluación denominada modelo de colas.

La simulación mediante la herramienta SMPL consiste en definir el modelo de colas del sistema en estudio. En nuestro caso basamos la definición de la red Iberpac a partir del modelo de colas implementado en la herramienta de simulación Qnap. La idea básica del modelo de colas es suponer que todo nuestro sistema se puede abstraer como una

red de servidores, con una cola de espera por servidor. Por dicha red circulan tareas que van llegando a los diferentes servidores con una determinada tasa de llegada y que son procesadas en un tiempo definido como tiempo de servicio. El modelo de colas es muy adecuado para modelar una red ya que tanto los centros de acceso como los centros nodales pueden abstraerse como un par de servidores con sus colas.

Esta referencia del modelo de una red genérica es completamente válida para simular el comportamiento de la red IBERPAC. Inicialmente tenemos unos centros nodales conectados entre sí, de cada uno «cuelga» uno o varios centros de acceso. La simulación se apoya en el ciclo de vida de los «tokens» o paquetes en la red, de ahí que la estructura de datos más importante sea la que implementa los paquetes o mensajes. No hay que olvidar que estamos estudiando una red de conmutación de paquetes, por la que la comunicación se establece mediante estos mensajes. Una posible implementación de los mensajes en lenguaje C es la siguiente:

```
struct token{
    int estacion;
    real tentrada;
    int ori, dest
    int tama;
    int paquete} mensa[nmax]
```

La simulación en un principio se desarrolla generando paquetes CallRequest con una estación de origen y destino (variables ori y dest) seleccionadas de forma aleatoria. La variable estación indicará en cada momento la estación donde se encuentra el paquete. En la estación destino, si se recibe un paquete CallRequest, se cambian origen y destino y devuelve un paquete CallAccepted, con lo que estamos suponiendo que siempre se acepta una petición de conexión. Aquí se pueden establecer todo tipo de dificultades que no están implementadas, como el realizar una petición sobre un determinado circuito —mediante una identificación de circuitos—, colisión de llamadas, pérdida de paquetes, etc. Hemos centrado los esfuerzos de análisis en otros aspectos, para ello se realiza una cuenta del número de conexiones entre dos ETD y se mide el tiempo de establecimiento de la conexión.

Para comprender la simulación es imprescindible conocer cómo se establece la conexión en X.25, lo cual ya se ha tratado de explicar en el apartado 2. Una vez se tiene clara la secuencia de intercambio de paquetes entre dos ETD para llevar a cabo una conexión puede observarse el campo «paquete» de la estructura presentada arriba. Este campo puede tomar los valores de 1 a 5 de manera que cada número identifica un tipo de paquete, esto es, el mensaje con el campo «paquete» igual a 1 significa que es una petición de conexión, si es igual a 2 se trata de una aceptación de una conexión, si es un 3 es una petición de

terminación de conexión, si es un 4 se trata de una confirmación de una conexión y, finalmente, si se trata de un 5 es un paquete de datos. En realidad se establece la conexión sobre un circuito virtual determinado, pudiéndose dar el caso de que un ETD no pueda atender una determinada petición de conexión al no disponer de circuitos libres, de hecho el número de conexiones es limitado.

Para realizar un estudio concreto de la red es necesario adaptar el modelo planteado a los valores reales. Para ello es imprescindible conocer detalles técnicos que no están al alcance del público. Sin la adecuada asignación de tiempos de servicio y de llegada de mensajes, como de número de ETD's de cada centro de acceso y otras informaciones no es posible obtener valores «reales», con lo que sería complejo obtener resultados que sirvieran para resolver problemas del sistema real. La finalidad de la obtención de un modelo es poder analizar y mejorar el sistema real.

#### 4. CONCLUSIONES

El establecimiento de la conexión en X.25 tiene muchos aspectos interesantes a la hora de estudiar el funcionamiento de una red pública. Aunque no se debe tomar la parte por el todo, es cierto que el estándar X.25 ofrece unas posibilidades de funcionamiento que lo sitúan como punto de referencia válido en los tres niveles básicos del modelo de referencia ISO.

Es buena experiencia trabajar con modelos de la realidad que permitan extraer puntos de mejora de esa realidad. Desde esta perspectiva el trabajo es ciertamente un reto, y en la medida que se consigue definir un modelo válido «cercano» al modo de funcionamiento del sistema real, los resultados son más claros, legibles e intuitivos. Esto se entiende mejor si pensamos en la inevitable inercia de los expertos en evaluación de sistemas al definir complejo modelos matemáticos, no necesariamente intuitivos.

Como conclusión cabe señalar lo positivo de los resultados obtenidos en la simulación del funcionamiento del esquema genérico de la red Iberpac bajo X.25. Se han propuesto las ideas fundamentales para la adecuada evaluación de las características de la red Iberpac. El modelo planteado es muy sencillo de utilizar por diversos motivos: es un esquema intuitivo nada complejo, permite modificar los valores estándares con total sencillez, permite emular cualquier protocolo sin que los cambios supongan un problema añadido.

Por otra parte, es importante destacar las aplicaciones en las que, los estudiosos de las redes, pueden emplear el modelo planteado. La aparición de problemas en la comunicación está resuelta de distintas maneras en la red Iberpac y analizar la eficacia de tales mecanismos es



uno de los aspectos a estudiar utilizando el modelo. La implementación de otros protocolos de comunicación, en particular los que definen los niveles superiores del modelo de referencia ISO, constituye otro campo de estudio. En este caso nos encontramos con una serie de protocolos definidos por Telefónica cuyo alcance público es más bien reservado. Como ya ha ocurrido con los niveles inferiores, es de suponer que en poco tiempo aparecerán referencias o estándares para los niveles superiores, desapareciendo gran parte de las reservas respecto a los protocolos privados.

Finalmente, y enlazando con lo dicho en la introducción, podemos destacar el momento especialmente dulce por el que atraviesa el mundo de las comunicaciones. Los esfuerzos de conectividad entre los distintos fabricantes de computadores y de equipos basados en computadores, están dando resultados en la dirección de aumentar el número de las redes de comunicación de alcance diverso. La estructura informática cada vez más difundida entre las empresas e instituciones pasa por la implantación de una red local, con equipos muy diferentes y el trabajo distribuido, junto con enlaces con otras redes públicas o privadas.

En todos los campos de investigación relacionados con las telecomunicaciones se puede comprobar el extraordinario desarrollo que han experimentado, con lo que se puede afirmar que estamos asistiendo al comienzo de una nueva era de la conectividad.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

CCITT, *Recomendación X.25*.

GALLUD, J. A. (1993): *Modelado de la Red Iberpac Usando Smpl*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, Trabajo de Doctorado.

MACDOUGALL, M. H. (1987): *Simulating Computer Systems, Techniques and Tools*, USA, The MIT Press.

PUIGJANER, R. J. (1990): *Modelado de una Red Pública Mediante Qnap2*, Universidad de las Islas Baleares.

TANENBAUM, A. S. (1981): *Computer Networks*, Prentice Hall International.

V.V.A.A.: *Manuales de Telefónica:*

*Telefónica España* (1988): «IBERPAC», Dpto. de Publicaciones de Telefónica.

*Telefónica España* (1987): «Sistema Tesys», Dpto. de Publicaciones de Telefónica.

*Telefónica España* (1987): «Los servicios telemáticos», Dpto. de Publicaciones de Telefónica.

V.V.A.A. (1986): *Teleinformática y Redes Computadores*, Barcelona, Marcombo.