

Panorama de las redes públicas, privadas y académicas

por **Tomàs Baiget**
Institut d'Estadística de Catalunya

Comunicación presentada a la *Jornada sobre Redes de Telecomunicaciones*, organizada por la *Societat Catalana de Documentació i Informació (Socadi)*, Unidad de Coordinación de Bibliotecas del *Csic* y *DOC6*

Barcelona, 6 de junio de 1994.

Resumen

Descripción general, tipos y conceptos básicos de las redes de transmisión de datos de largo alcance (*WANs* o *wide area networks*), enfocados a los usuarios no técnicos de las mismas. Tendencias.

Descriptores

Redes de transmisión de datos / WAN / Tecnologías / Conmutación de paquetes / ATM / Internet

1. Introducción

Dentro de las *tecnologías de la información*, constituidas por la informática y las telecomunicaciones, parece que estas últimas están llevando actualmente el protagonismo del sector.

Quizá ya nos hemos "acostumbrado" a que en los últimos años la informática haya estado doblando tanto la capacidad de almacenamiento como la velocidad de proceso, y encima haya dividido el precio y el tamaño, con la espectacularidad de consecuencias que ello trae consigo en nuevas aplicaciones y productos.

Los actuales avances en telecomunicaciones son quizá aún más atractivos, ya que aumentan la comunicación viva y en *tiempo real* entre las personas, si bien se apoyan en gran parte en la fácil disponibilidad informática de que hablábamos.

Cuando ya teníamos muy generalizadas y asumidas *maravillas* como teléfono, bases de datos online de texto, y fax, ahora se están implantando correo electrónico, teledebates, periódicos y revistas electrónicos, además de telejuegos, telecompra, etc.

A primera vista parecería que estos nuevos servicios no tendrían que haber aportado tanta *revolución*, pero en la práctica los mismos, complementados con una serie de detalles **ergonómicos** (proliferación y acercamiento de los equipos a la mesa de trabajo, rapidez, facilidad de uso, portabilidad) y bajo coste, están teniendo una rápida aceptación, y dan lugar a cambios estratégicos de un gran impacto en todas las actividades de la

sociedad. Era difícil prever una difusión tan rápida del fax, de la misma manera como era imposible predecir el extraordinario éxito que tendría otro medio de comunicación (por citar un ejemplo radicalmente distinto y con un valor de mercado varios órdenes inferior), como el de los papelitos amarillos autoadhesivos *Post-it*. La ergonomía (ahorro de esfuerzo) y el "factor humano", tan impredecible, han jugado un papel principal en estos éxitos.

Además se han creado grandes expectativas y se tiene la sensación de que las actuales telecomunicaciones son tan sólo "senderos" de información, que están delimitando unos prototipos o maquetas de lo que será posible hacer con las llamadas "autopistas" que se están construyendo para el mañana, por las que circularán productos multimedios a precios asequibles.

En este campo, probablemente aún más que en otros, el liderazgo de los EUA es patente. No solamente se trata del tema de moda, Internet, originado en los EUA. El motor se percibe también en los 20 millones de norteamericanos que diariamente conectan con servicios de información online y de correo electrónico, muchos de los cuales son comerciales (*CompuServe, Prodigy, America Online, GENie*, etc.).

Hablando hasta aquí de los servicios se ha querido justificar el porqué del inusitado interés actual por las telecomunicaciones. Sin embargo en este trabajo no se tratará de los servicios sino de las redes que los hacen posibles.

Se hace la salvedad de que siendo un artículo que va dirigido a unos profesionales que "usan" las telecomunicaciones y no que "trabajan con" ellas, se quiere dar una panorámica general simplificada. El lector deberá disculpar que no se traten posibles excepciones y necesariamente se den las ideas principales y más intuitivas mínimamente necesarias para describir los grandes rasgos de este sector.

2. Tipos de redes según su propietario

Debido a requerir grandes inversiones, las redes telefónicas y de transmisión de datos de alcance geográfico amplio, están o han estado hasta hace poco, instaladas por los propios Estados, o por grandes empresas, cada vez más, multinacionales, a las que los Estados conceden explotaciones de tipo monopolístico.

Nos llevaría tiempo discutir las ventajas y los inconvenientes de los monopolios. Sin embargo, en mercados tan saludables como las telecomunicaciones parece que los monopolios tienen cada vez menos sentido. La dinámica y vitalidad demostrada por la libre competencia en los EUA, y la gran mejora experimentada en el Reino Unido, el primer país europeo en abolir en 1.981 el monopolio estatal tan al uso en Europa, han hecho que el camino a seguir quedara claro.

La fragmentación europea es un serio obstáculo al desarrollo de este sector (y, en consecuencia, de todos los demás si se tiene en cuenta lo básicas que son las telecomunicaciones para

cualquier actividad). Por ello la CE publicó en 1.987 el famoso *Libro Verde* de liberalización de las telecomunicaciones en Europa, con el objetivo de abolir las diferencias y las barreras que suponen las administraciones estatales (PTTs --postes, telegraphes, telephones) para construir una Europa unida. Las actuales PTTs están forcejando con la CE para posponer al máximo la cesión de sus parcelas de poder. Algunos servicios, como la transmisión de datos en enero de 1.994, han sido liberalizados. En España ya hemos observado la entrada de varias multinacionales que ofrecen servicios alternativos a Telefónica, especialmente para el acceso internacional. Después de varios retrasos parece que la fecha tope para establecer el mercado libre en todos los servicios está ahora en 1.998, pero los países menos desarrollados siguen pidiendo otro retraso hasta el 2.003.

Aunque, con el mercado libre y la comercialización de Internet, la delimitación se va difuminando, en el momento actual todavía pueden distinguirse las siguientes clases de redes de transmisión de datos a nivel WANs (*wide area networks*), o sea, redes de largo alcance --no tratamos aquí las LANs (*local area networks*):

- Públicas
- Privadas
- Académicas

2.1 Redes públicas

Son las construidas por los Estados o por empresas a los que el Estado hacía una concesión en exclusiva.

Tomando como modelo conceptual el de la red científico-militar norteamericana Arpanet, la primera en funcionar con la tecnología de *conmutación de paquetes* en 1.969, en Europa se fueron instalando redes nacionales. La primera fue la española Iberpac, en 1.972 (entonces con el nombre *Red Especial de Transmisión de Datos*), con una tecnología (protocolo o norma Rsan) enteramente desarrollada por Telefónica. Más tarde Telefónica adoptó el protocolo X.25, que fue el aprobado por el Ccitt (Comité consultivo internacional de telegrafía y telefonía).

En los años siguientes se fueron implantando *Transpac* en Francia, *PSS* en el Reino Unido, *Datex P* en Alemania, *Itapac* en Italia, etc.

La interconexión de redes nacionales europeas fue espoleada por la red *EuroNet*, financiada por la CE, que funcionó en el período 1.980-85 para proveer acceso online a bases de datos de los hosts europeos.



Redes nacionales europeas

2.2 Redes privadas

Son las gestionadas por grandes empresas, muchas veces multinacionales, basadas en líneas alquiladas a los monopolios estatales, para uso interno.

El establecimiento de infraestructura de telecomunicaciones (instalación de líneas), junto con el servicio telefónico básico, es seguramente la última parte que se liberalizará.

En España, Telefónica tiene la exclusiva, pero desde hace unos meses los gobiernos autonómicos pueden también instalar cables para interconectar sus edificios y usarlos en servicios

internos. El País Vasco es el más avanzado en este sentido, con su red Euskalnet (1.993), para la que ya tiene preparada la futura estrategia de comercialización.

Hasta diciembre de 1.993, los circuitos alquilados por las empresas a Telefónica tuvieron su uso restringido internamente a la propia empresa, pero desde la liberalización de la transmisión de datos y si les sobra capacidad de tráfico, esas empresas pueden revender su utilización a terceros. De hecho Telefónica ya lo venía tolerando a pequeña escala a lo largo de 1.993, siempre que no se hiciera publicidad.

Este es el caso de *Dun & Bradstreet*, que además de a las bdds propias, ofrece acceso a Dialog y a Data-Star a través de su red privada *Dunsnet*; la red del Banco de Santander, comprada hace 8 meses por BT (antes *British Telecom*), que integrada a GNS (*Global Network Services*) (antigua *Tymnet*) ya anuncia en la prensa nacional acceso a múltiples hosts desde 35 ciudades españolas; *Infonet* (privada pero participada por Telefónica y otras PTTs); *Sprintnet* (antigua *Telenet*), etc.

En España es de resaltar un gran esfuerzo autóctono, la red de valor añadido *Spritel* (1.989), financiada por el Gobierno Vasco a través de su *Sociedad para la Reconversión Industrial (Spri)*, e instalada sobre líneas alquiladas a Telefónica, que entre otros servicios provee acceso a los principales hosts distribuidores de bases de datos de todo el mundo, incluidas gateways a los servicios videotex francés *Télétel-Minitel* y español *Ibertex*.

2.3 Redes académicas

Se iniciaron con las interconexiones de ordenadores universitarios de una misma marca, sistema operativo, campus o zona, actividad, etc., y fueron creciendo, solapándose e integrándose gracias a la crecientes posibilidades de interfaces de conversión entre las mismas.

La más extendida fue *Bitnet/Earn*, pero por funcionar con un protocolo que no permite ofrecer servicios interactivos (sólo transferencia de ficheros y correo electrónico), ha sido superada por el conjunto de redes conocido por Internet, todo el cual usa el protocolo *tcp/ip* (*transmission control protocol/Internet protocol*).

"La Red" (como se conoce a Internet), con las perspectivas de su futura evolución, ha sido una parte muy importante del actual "boom". Instituciones como la *National Science Foundation* en los EUA, el *Plan Nacional de Investigación y Desarrollo* en España, así como grandes empresas, gobiernos locales, etc., pagan parte de las instalaciones de Internet en los diferentes países, por lo que de momento su uso resulta gratuito para la mayoría de instituciones no lucrativas.

Aunque inicialmente era sólo para instituciones académicas y de investigación, Internet se está comercializando rápidamente, tanto por parte de empresas privadas compradoras de servicios de

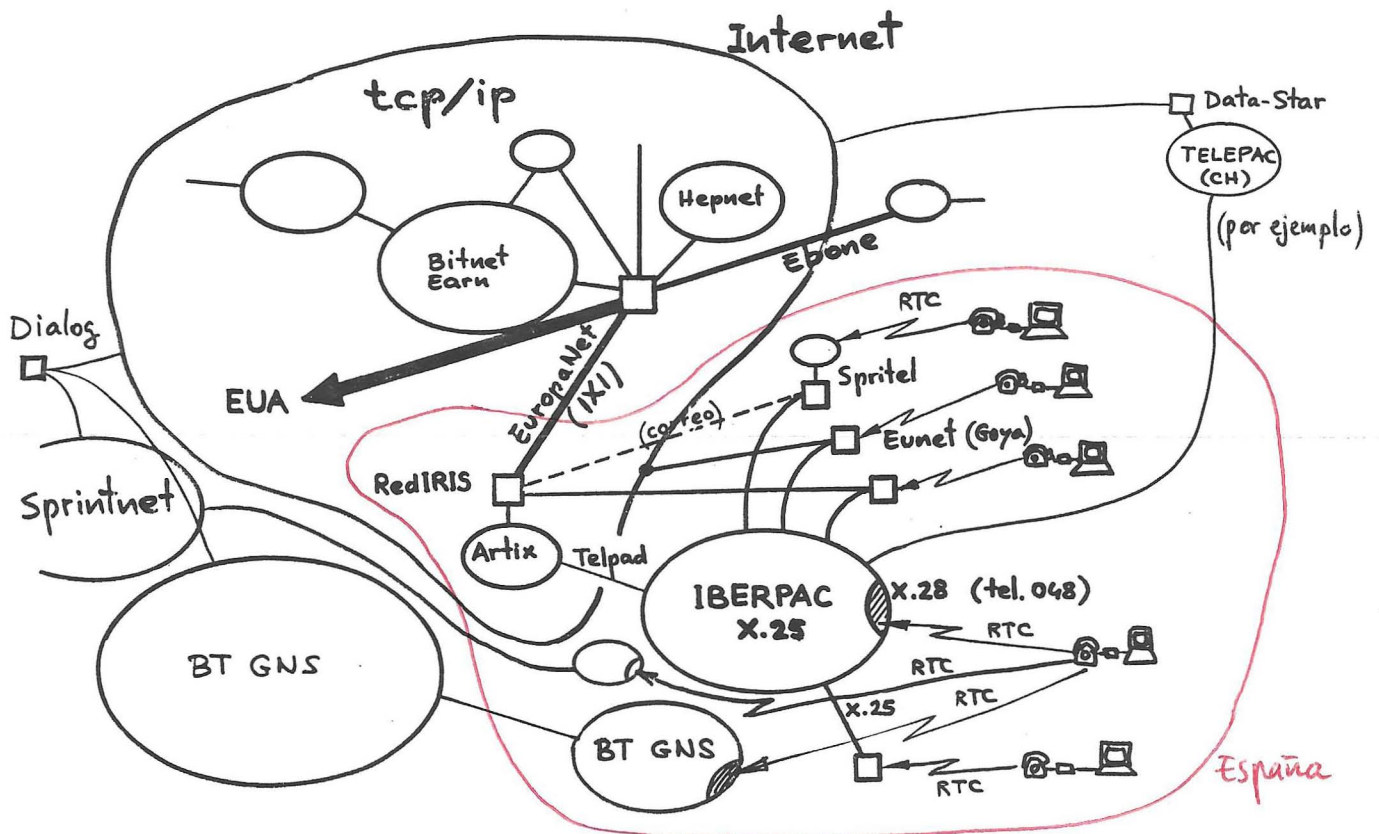
información, como por parte de hosts vendedores. Como ya se ha dicho en varias fuentes, el tráfico comercial ha superado ya largamente el 50% y es el que está *disparando* el uso total, puesto que el universitario y de investigación, por ser más maduro, aumenta más lentamente.

Además de su utilización propia (correo electrónico, grupos de trabajo, foros públicos de discusión, etc.) las universidades juegan aquí dos papeles: por un lado ofrecen ingentes cantidades de información y software, generalmente de forma gratuita, y por otro compran información a los hosts comerciales.

2.3 Gateways o pasarelas

Entre las redes citadas anteriormente se han establecido diferentes tipos de interconexiones, que por su menor capacidad de tráfico en comparación con la posible dentro de cada red, o por limitaciones diversas, se llaman gateways (puertas de paso) o pasarelas. Pueden también recibir el nombre de interfaces cuando hacen algún tipo de conversión de protocolos. Así, por ejemplo, hay varias entre *Bitnet* e *Internet*. Antes hemos citado las pasarelas que ofrece *Spritel*. Entre *Iberpac*, la red comercial de Telefónica, y *Artix*, la parte española de *Internet*, gestionada por la organización *RedIRIS*, adscrita al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Csic), existe la pasarela *Telpad*.

Algunas gateways no enlazan redes sino sólo hosts.



Redes públicas, privadas y académicas en España

3. Tipos de redes según su tecnología

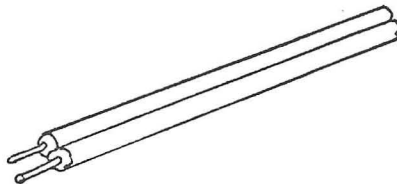
Podríamos dividir las redes según el medio físico que usan y según la metodología de transporte de la información.

3.1 Redes según el medio

Sería quizá más exacto hablar de "líneas" que de "redes", puesto que es probable que las redes tengan tramos sobre distintos medios.

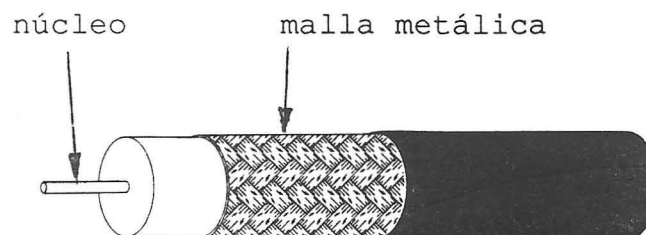
Cable paralelo, par

Acostumbrados a trabajar a velocidades bajas en este tipo de cables, los que llegan a los hogares y oficinas, quizá puede sorprender conocer que puedan transmitir velocidades de 64 kilobits por segundo (Kbps). Van a ser usados para los primeros servicios de Rdsi (ver más adelante).

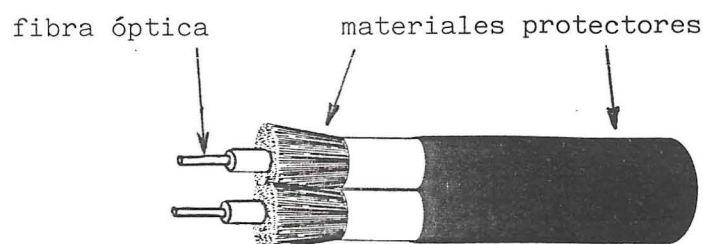


Cable coaxial

Tubular concéntrico, constituido por un núcleo alrededor del cual hay una malla metálica separada por un tubo aislante. A su vez, todo acostumbra a ir protegido por otra cubierta de plástico.



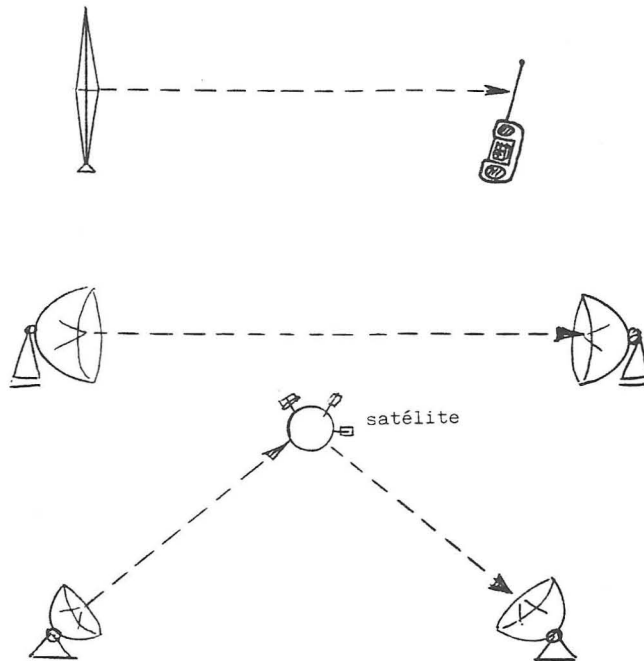
Fibra óptica



Enlace radioeléctrico

Puede ser entre antenas de diferentes tipos, más o menos direccionales, tierra-tierra directamente o a través de satélites.

En los últimos años se ha estado instalando la telefonía celular, constituyéndose redes a base de pequeñas emisoras que cubren áreas de pocos kilómetros (células), interconectadas entre sí. Hay quienes ven en este medio las "autopistas de información del futuro", puesto que se están experimentando grandes avances en su capacidad de transmisión y porque permitirán el gran objetivo perseguido por el sector entero: que todas las personas puedan comunicar con todas y recibir información en cualquier momento y en cualquier lugar mediante PDAs (*personal digital assistants*) y PICs (*personal intelligent communicators*), ordenadores de bolsillo con teléfono, fax y módem, además de los programas ofimáticos usuales.



Notas:

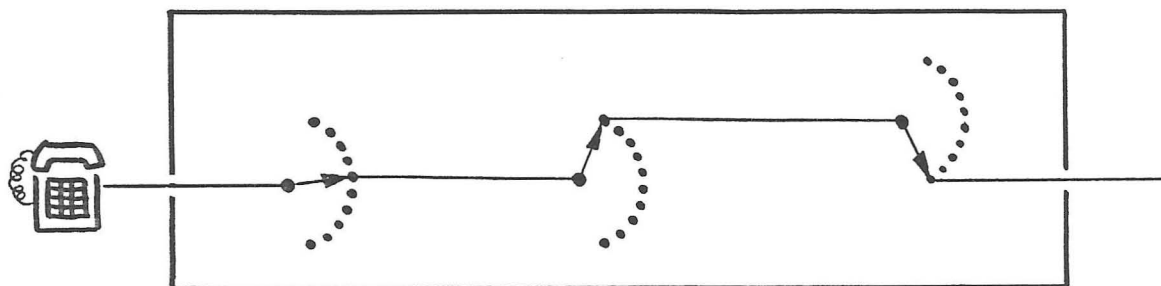
- A partir de los cables coaxiales los medios citados arriba se usan también para otras señales, como las de televisión.
- Los paralelos, coaxiales y la fibra óptica pueden estar instalados en cables submarinos.

3.2 Redes según tecnología de transmisión

a) Conmutación de circuitos

Se utiliza en telefonía, en la llamada Red Telefónica Básica (RTB) o Conmutada (RTC).

Se establece un circuito material entre emisor y receptor. Los abonados se interconectan a través de los conmutadores que hay en las centrales y centralitas telefónicas.



Ejemplo: marcación y direccionamiento de la extensión nº 510 de una centralita; actualmente los conmutadores dibujados son electrónicos.

b) Conmutación de paquetes

Es un sistema gestionado por ordenadores, pensado especialmente para la transmisión de datos.

Los caracteres o bytes, codificados con 7 bits (ceros y unos) según el código ascii, se *empaquetan* en grupos de 128 o 256, se les añade una cabecera con el número del paquete, de dónde vienen y a dónde van, y así circulan por las redes hasta llegar a su destino.

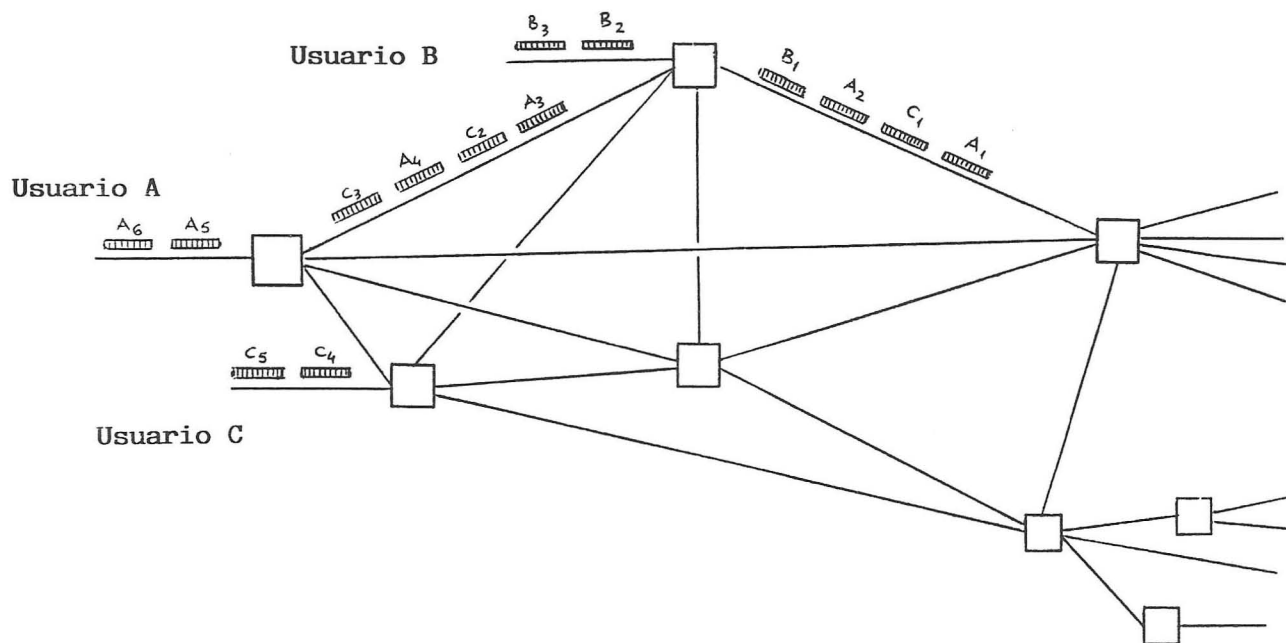
A menudo, paquetes de una misma llamada circulan por líneas distintas, o por el contrario, comparten la línea con paquetes pertenecientes a otras comunicaciones (el paso de varias llamadas por una misma línea se llama *multiplexación*). En su trayecto hasta el destino final, los paquetes pasan por diversos ordenadores de comunicaciones o nodos de la red, que van controlando si llegan correctamente, dando un "visto bueno" al nodo anterior o pidiéndole que vuelva a enviar el paquete otra vez. Además de este control de errores, los nodos regulan el tráfico direccionando los paquetes por las líneas menos cargadas o reteniéndolos si no hay líneas libres. Los nodos se envían los paquetes de uno a otro según un reloj que sincronizan entre ellos, de modo que el nodo receptor sabe en todo momento cuándo tiene que empezar a leer el primer carácter del paquete que le llega. Este tipo de transmisión se llama *síncrona*.

Al final, todos los paquetes ensamblados en el orden correcto llegan al receptor, que lee el mensaje sin sospechar que ha sido

roto en tantos pedazos, y que quizá unas frases han viajado por satélite y otras han circulado por un cable submarino.

Para enviar los datos se utilizan actualmente dos normativas o protocolos: X.25 del Ccitt (1976) y *tcp/ip* de Internet (desarrollado entre 1974 y 1983).

La conmutación de paquetes clásica se usa en velocidades "bajas" de hasta 64 Kbps.



Red de conmutación de paquetes

c) Retransmisión de tramas (*frame relay*)

Para velocidades de 64 Kbps hasta 2 Mbps se usa una tecnología intermedia basada en la conmutación de paquetes, pero que asume que el medio de transmisión tiene mayor calidad y omite algunos controles, por lo que se obtienen velocidades superiores. Las tramas circulan como los paquetes, pero son de longitud variable.

En contraste con la conmutación de paquetes, en la que el direccionamiento, la ruta y la multiplexación se hacen en la capa 3 (red) del modelo OSI (*Open systems interconnection*), aquí el direccionamiento y la multiplexación se hacen en la capa 2 (enlace).

d) ATM (*asynchronous transfer mode*)

O modo de transferencia asíncrono, es una de las tecnologías de "conmutación rápida de paquetes" para la transmisión de datos, basada también en la multiplexación, y pensada para circuitos de banda ancha (gran capacidad = bajo nivel de errores = velocidades altas).

El Ccitt la concibió para las futuras redes *rdsi* (*redes digitales de servicios integrados*), en inglés *isdn*, pero gracias

a su gran versatilidad se ha empezado a utilizar mucho antes. Con ATM se pueden gestionar también velocidades bajas, pero su máximo interés está en las altas, de más de 600 Mbps.

El funcionamiento de ATM es como sigue:

Cuando los bytes entran en la red, se compartimentan en paquetes o células de 48 bytes, a los que se añade una cabecera de 5 bytes de identificación de la llamada a la que pertenece. En total, pues, 53 bytes. Las células se transmiten pasando de nodo a nodo de una forma más flexible y dinámica que en la conmutación de paquetes, aprovechándose así mucho mejor los recursos informáticos.

En la conmutación de paquetes los nodos los retienen para contar los bits y controlar posibles errores, lo cual hace la transmisión muy lenta, y sobre todo produce indeseables retrasos que hacen a esta tecnología inutilizable en la transmisión de audio y vídeo en tiempo real [la conmutación de paquetes es una tecnología *variable bit rate* (VBR)].

Basándose en la mayor calidad de las nuevas líneas coaxiales y de fibra óptica, ATM omite este control nodo a nodo y sólo controla los errores en destino, a la recepción de las células. ATM es un sistema de flujo constante de bits (*constant bit rate* o CBR), lo que unido a las altas velocidades le abre una inmensa cantidad de aplicaciones multimedia: envío rápido de artículos facsímil, videoconferencia, servicio de vídeos solicitados, interconexión de redes de área local (LANs) a través de las redes públicas de datos, etc.

ATM es una tecnología comodín que puede compaginar la conmutación de circuitos (telefonía actual), la conmutación de paquetes y la conmutación de canales (circuitos de alta capacidad) y que, por tanto, permite pasar gradualmente y sin riesgos en las inversiones, de las tecnologías actuales a la incipiente rdsi.

En España, Telefónica tiene algunos circuitos ATM en experimentación, pero aún no ha homologado este sistema.

Se prevé que ATM tendrá un gran desarrollo pero coexistirá con las otras tecnologías y normas al menos durante unos años.

e) Redes digitales de servicios integrados (rdsi)

Conocidas en inglés por *integrated services digital networks* (isdn), han sido diseñadas con normas del Ccitt para ser las redes que en el futuro transportarán toda clase de servicios (voz y datos de todo tipo, incluido vídeo). Todas las señales (textos, sonidos e imágenes) serán convertidas a bits, transmitidas en esta forma digital por la rdsi y luego, en la recepción, restituidas a su forma analógica original.

La rdsi se está implantado ya en muchos países, entre ellos España, en dos etapas:

e.1) Rdsi de banda estrecha

-Acceso básico (*basic rate access, BRA*)

Los usuarios reciben en sus casas 2 pares telefónicos que les permiten tener 2 canales *B* (con capacidad para recibir o enviar 64 Kbps por cada uno), además de 1 canal *D* para control (establecimiento y terminación de las llamadas, mediante el protocolo *lapd* --link access protocol *D*). Una vez hecho ese control, el canal *D* puede utilizarse también para enviar paquetes de datos a una velocidad de 16 Kbps.

Este servicio se conoce también por *2B+D*.

La transmisión puede hacerse tanto por conmutación de circuitos como de paquetes.

El usuario puede tener hasta 8 servicios distintos (teléfono de alta calidad, fax del grupo 4, videoteléfono, transmisión de datos, etc.), aunque sólo 2 usados simultáneamente.

-Acceso primario (*primary rate access, PRA*)

Se trata de una multiplicación del caso anterior, pero las normas varían entre Europa (*30B+D*) (*Euro-rdsi*) y los EUA (*23B+D*). En ambos casos, tanto los canales *B* como *D* tienen una capacidad de 64 Kbps, pero por el *D* circula tanto tráfico controlando las llamadas de los demás, que no puede emplearse para transmitir datos.

e.2) Rdsi de banda ancha

En general se acusa a la actual *rdsi* de banda estrecha (*N-isdn*) de ser insuficiente ("poco y tarde") para lo que ya empieza a necesitarse, a pesar del considerable adelanto que representa pasar de conmutar los 9,6 Kbps actuales a 64 Kbps.

La futura *B-isdn* (*broadband isdn*) ofrecerá lo mismo que la *N-isdn* pero a velocidades superiores (a partir de 384 Kbps, hasta 150, 600 y 2.400 Mbps), y transmitir, por ejemplo, TV de alta definición (*hdtv*) con calidad propia de estudio de TV.

No se requerirán los actuales circuitos privados alquilados permanentemente, que resultan muy caros, y todo funcionará con la infraestructura de líneas conmutadas públicas.

4. Evolución futura

Con la ley *National High Performance Computing Technology Act*, presentada por el senador **Albert Gore**, hoy vicepresidente con **Bill Clinton**, aprobada por el Congreso a finales de 1991, el gobierno norteamericano puso en marcha la futura "infraestructura o autopista de la información", sucesora de la actual Internet. Un primer estadio era la *National Research and Education Network* (*Nren*).

Sin embargo, las necesidades de telecomunicaciones de la sociedad norteamericana están evolucionando de forma mucho más rápida, y actualmente hay un gran debate en todos los estamentos y a todos los niveles sobre cómo deben ser las futuras redes, en un ámbito que ya sobrepasó el estrictamente de investigación, académico y educativo, el único que se tenía en mente hace 3 años, cuando sólo se pensaba en una ampliación de Internet, incluyendo las escuelas de enseñanza primaria. Ahora el proyecto norteamericano es la *National Information Infrastructure (NII)*, un sistema de redes para uso público, con toda la capacidad que demande el mercado comercial.

En los últimos dos años se ha observado una multitud de alianzas, fusiones y adquisiciones de empresas de telecomunicaciones, de software, fondos documentales, videojuegos, multimedia, equipos, etc., en vistas a ofrecer productos y servicios de información multimedia por las futuras redes de gran capacidad (videoteléfono, envío de documentos -- radiografías, mapas, fotografías, artículos--, videopelículas a la carta, búsquedas online en bases de datos con documentos completos "completos" -o sea, no sólo texto, etc.).

Todas las empresas tienen su propia visión de los mercados del futuro y trazan sus planes; en sus alianzas o compras buscan las tecnologías y medios necesarios para conseguirlos, que complementen los suyos. Se dan curiosos casos de alianzas múltiples, incluso con empresas de la competencia, con el fin de asegurar la participación en el máximo número posible de soluciones tecnológicas. El sector tiene que conseguir estándares o normas aceptadas universalmente, puesto que sino es imposible para ninguno de los participantes, a pesar de su categoría (*Apple, IBM, AT&T, Fujitsu, etc.*) hacerse con un servicio o producto rentable.

Además de unirse para ser autosuficientes en los futuros servicios, también persiguen obtener cotas de mercado lo mayores posible, con lo que se observa, quizá aún más que en otros sectores, una tendencia a la concentración del poder en unas pocas multinacionales de cobertura planetaria.

Las opciones tecnológicas abiertas son tantas y el desarrollo de los acontecimientos tan rápido, que nadie se atreve a pronosticar seriamente la situación futura más allá del año 2.000.

Barcelona, junio de 1.994