

De las redes y servicios específicos a los sistemas y servicios telemáticos¹

Vicente Casares

Departamento de Matemática Aplicada y Telemática de la UPC

1.-INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se pretende indagar un poco sobre la palabra telemática. Tal vez, la visión más simplista, pero no por ello trivial, resulta la de asociar telemática con la simbiosis: *telecomunicación + informática*. Pero para poder calibrar adecuadamente el término lo estudiaremos históricamente, trabajo necesario para hallar las raíces de cualquier realidad, e identificar y ponderar los elementos que la componen. Por eso los autores describen algunos aspectos históricos, presentes y con proyección de futuro en los sistemas de telecomunicación. Los sistemas informáticos son tratados con menos intensidad, si bien se hacen alusiones a determinados aspectos influyentes que éstos han tenido en el desarrollo de aquéllos.

El apoyo tecnológico que la telecomunicación ha recibido de la informática ha sido contundente y decisivo. En ese sentido los autores llegan a la conclusión -no cerrada- de la idea telemática:

conjunto de conceptos, técnicas y servicios surgidas de la transmisión de datos, de la telefonía y de su crecimiento y acercamiento natural, posibilitado por el desarrollo de la microelectrónica y el uso del computador.

Esta definición se basa en el tándem concepto-tecnología. Sin la conjunción de ambos, difícilmente se hubiera llegado a la realidad y perspectivas de futuro pronosticadas.

2.- ALGUNOS ASPECTOS GENERALES E HISTÓRICOS

De todos los sistemas de telecomunicación, es el sistema -servicio- telefónico el que ha alcanzado una mayor penetración social. El desarrollo ha sido masivo. Poco más de un siglo después de la invención del teléfono (1876), -posterior al telégrafo (1838)- el número de abonados mundiales se acerca ya a los 700 millones. Es la mayor máquina cibernética que haya conocido el hombre. La demanda de tal servicio ha hecho que cualquier terminal remoto del globo terráqueo sea alcanzado desde cualquier otro terminal de origen. Le sigue el servicio telex (*telegraph exchange*), a cuya red se conectan cerca de 2 millones de abonados mundiales.

La evolución experimentada por la transmisión y la conmutación siempre ha estado diferenciada. Los primeros enlaces telegráficos, consistían en un simple hilo desnudo con retorno por tierra (nadie pensaba todavía en la conmutación). Posteriormente el buen pensar y el buen hacer en el área de electromagnetismo impulsó toda una gama de alternativas: líneas bifilares, cables, pares de cuadretes, agrupación de cables, coaxiales, radioenlaces, guíasondas, y recientemente, la fibra óptica. La aparición de la telefonía, vino acompañada por el requerimiento de la función de conmutación. La realización de ésta, al tratarse de sofisticadas funciones, implicaba grandes dificultades. Al principio la conmutación, en este caso el

encaminamiento de conversaciones telefónicas, era hecho manualmente: la operadora. Las limitaciones tecnológicas al comienzo de la era de las telecomunicaciones, hicieron que la automatización de los nodos de conmutación siguiese un camino lento y costoso. Así pues, a nadie sorprende que un siglo después de la invención del teléfono, haya todavía centrales telefónicas manuales. Es más, en muchos casos éstas son difícilmente reemplazables, debido a factores de diversa índole. Basta pensar en las zonas rurales con escasez de abonados (factores económicos), servicios internacionales asistidos por operadora (factores operativos), etc.

Por supuesto que las centrales de conmutación no tuvieron que esperar a la invención del transistor para ser automatizadas. Tampoco hicieron uso de un componente ya existente: la válvula de vacío (diodo, triodo, pentodo, etc.); -el triodo, inventado por Lee de Forest en 1907, posibilitó la amplificación analógica de señales abriendo así el camino para la telefonía de larga distancia². Fue la tecnología electromecánica la que se encargó de la automatización telefónica. A mediados de este siglo, momento en el que apareció el transistor y cuando la concepción de sus productos derivados estaba todavía en su infancia, las centrales electromecánicas automáticas eran una realidad extendida. Los sistemas de selección más populares, Strowger, Lorimer, Rotary, panel, y ya casi los de barras cruzadas³, tras largos años de experimentación y desarrollo, habían alcanzado tal grado de perfección, que

parecía imposible sustituirlos. Los ordenadores de semiconductores⁴ -no la tecnología de vacío- negaron la inmunidad de aquellos sistemas.

Al margen de -por el momento- la fibra óptica, la invención del transistor produjo un mayor impacto en la conmutación que en la transmisión. Las distintas familias tecnológicas de semiconductores SSI, MSI, LSI y VLSI, acabaron por relegar las válvulas electrónicas, quedando éstas como elemento a utilizar in extremis, como en alta potencia, radar, emisoras de radio y TV. La sustitución de la válvula por los productos derivados del germanio y del silicio en la arquitectura de ordenadores, no se hizo esperar. En conmutación, el sustituto del relé no fue el dispositivo de vacío sino el semiconductor. El cambio fue tan favorable que las unidades de control electromecánicas en la conmutación telefónica están prácticamente extinguidas, cosa que parecía increíble poco antes de los años cincuenta.

Las centrales semielectrónicas vinieron a reemplazar a las electromecánicas. Las técnicas de control por lógica cableada, por programa cableado fueron las primera en usarse, si bien con escasa profusión. Con el advenimiento de los ordenadores vino la técnica *store program control* (SPC), hoy en día consolidada en los nuevos sistemas de conmutación electrónica.

Las perspectivas futuras son de cambio seguro y el relevo de tecnologías en materia conmutación -al igual que está sucediendo en transmisión- es imparable. Si la transmisión ha precedido a la conmutación desde el punto de vista funcional, también es cierto que ésta última no ha dejado hasta la fecha de dar los mismos pasos que aquella. Primero apareció la transmisión analógica y luego la conmutación analógica o de circuitos. Ambas juntas configuran la red analógica integrada (IAN). Casi un siglo después, en 1962, Bell Labs introducía la transmisión digital PCM (*pulse-code modulation*). Poco después, y para no ser menos, en Europa entraba en escena la conmutación

digital (Francia, 1970). Estas dos últimas expresiones en las comunicaciones configuran en un futuro la red digital integrada (IDN). Conviene subrayar que la I de IDN (IAN) se refiere a la integración digital (analógica) de la transmisión y la conmutación, y no al concepto de integración de servicios.

La transmisión analógica está siendo reemplazada por la digital. Otro tanto sucederá con la conmutación. Ahora bien, la nueva tecnología podrá solamente ser introducida lentamente en la red de telecomunicación, habida cuenta de la inercia que las caracteriza. Habrá un período de transición de varias décadas, en el que viejas y nuevas tecnologías coexistirán. Las interfases -*internetworking*- que compatibilicen las situaciones híbridas, entre la IAN y la IDN, supondrán un precio adicional. Así pues, se vislumbra que antes de llegar al objetivo llamado IDN, tendremos en la red equipos multiplexores TDM (*time-division multiplexing*), FDM (*frequency-division multiplexing*) y transmultiplexores TDM/FDM, los cuales podrán ser eliminados a medida que aumente el grado de digitalización.

Quizás, lo que resulta más atractivo de la red IDN, es la posibilidad de integrar servicios. Ello da origen al concepto de red digital de servicios integrados (RDSI), entendiéndose ésta como una evolución lógica de aquella. Ya que la IDN es diseñada para transmitir y conmutar la información en forma binaria, no parece haber problemas en enviar, por ejemplo, voz y datos por el mismo

sistema. Ahora bien, si conceptualmente y tecnológicamente la idea es atractiva, los problemas pueden venir con el dimensionado de la red. No hay que olvidar que estamos hablando de un sistema con recursos compartidos, por lo que la eficiente utilización de éstos, es de capital importancia. En efecto, los inconvenientes aludidos surgen de querer tratar de igual manera fuentes de información con características estadísticas distintas [CHE-88].

También hay problemas de índole económico y social, como la digitalización del bucle de abonado (por bucle de abonado se entiende la línea de dos hilos que une la central al abonado). Esta es ineludible si queremos hacer realidad la integración de servicios. Pero la inversión de equipos terminales de línea por un lado, y las exigencias del usuario en un servicio continuado por el otro, hacen que aquel sea tremendamente conservativo. Piénsese en que las técnicas de señalización entre el abonado y la central son técnicas de principio de siglo: apertura y cierre de bucle. Asimismo, el teléfono no ha evolucionado más que en su aspecto exterior o de presencia: hasta no hace mucho su color seguía siendo el negro. Y los principios fundamentales de su funcionamiento siguen siendo todavía los mismos que las patentes de Alexander G. Bell (1876) y Thomas A. Edison (1876) -transmisor telefónico por resistencia variable de carbón. Pues bien, pese a los grandes avances tecnológicos, la RDSI -refiriéndonos al bucle de abonado- únicamente presenta una evolución en la señalización telefónica, y no en la de funcionalidad del teléfono.

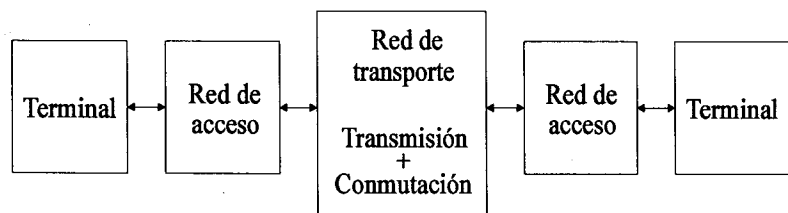


Figura 1.- Modelo arquitectónico de un sistema de telecomunicación.

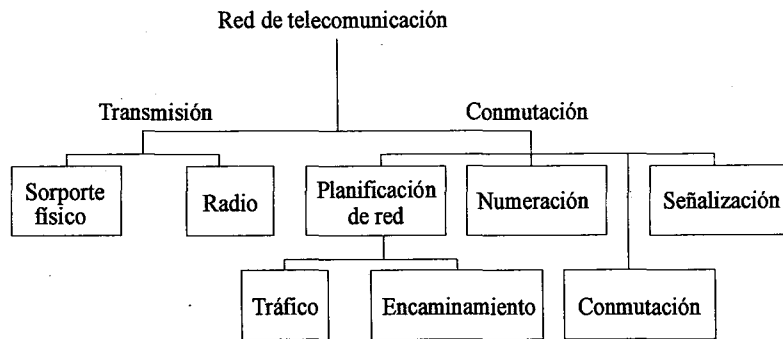


Figura 2.- Disciplinas derivadas de una red telefónica.

Por lo tanto, se detecta una evolución en las redes de telecomunicación; partiendo de la actual IAN, pasando por la etapa intermedia IDN y finalizando en la RDSI. Esta última, facilitará la conexión digital de usuarios, extremo a extremo. Muchos otros servicios además del tradicional telefónico serán ofrecidos: imagen, textos, datos, servicios locales, facsímil directo, facsímil de almacenamiento y reenvío, correo electrónico, etc. No obstante, para imágenes de alta calidad y servicio de televisión de alta definición (HDTV) se precisará de una red de nueva concepción, la red de comunicaciones integradas de banda ancha (CIBA), la cual hará uso de la microelectrónica y de la fibra óptica, tecnologías consolidadas en la pasada década. Esta última, sin embargo, todavía a nivel de transmisión y no de conmutación.

3.- MODELO ARQUITECTÓNICO DE SISTEMA

Basamos la discusión del presente trabajo en el modelo clásico de sistema de telecomunicación, esto es, el configurado por los elementos *terminal*, *red de transporte* y *red de acceso*, mostrados en la figura 1. La conjunción de los tres componentes configuran un sistema de telecomunicación concebido para ofrecer un determinado servicio. Tradicionalmente, los sistemas de telecomunicación

en cuanto al terminal, red de transporte y red de acceso se han clasificado en base al tipo de servicio ofrecido. Así, por ejemplo, el sistema telefónico lo componen la red telefónica a la cual se conectan los terminales telefónicos vía una red de acceso especial: el bucle de abonado. Podemos aplicar éste punto de vista para entender la red telex y los terminales telex ofreciendo el servicio telex, o también las redes de ordenadores y sus terminales (los ordenadores), etc. Además, con el tiempo se han construido redes con el propósito de dar servicios específicos hasta el punto de que cada red se ha especializado en ofrecer óptimamente aquel servicio para el cual fue concebida.

3.1.- Terminal

Los terminales son específicos para cada servicio. Se prevé una evolución caracterizada por la incorporación paulatina de inteligencia en el propio terminal, habilitándolo para mantener un diálogo de control de la comunicación con la red. La tendencia es hacia el terminal multifunción, multiservicio y multimedia.

3.2.- Red de transporte

Tal vez, y en atención al sistema telefónico, los componentes de una red de transporte se han parcelado según la función desempeñada: enla-

ces -transmisión- y centrales -conmutación. Según [FRE-80] de tal división se derivan especialidades bien definidas (ver figura 2).

Cabría añadir la disciplina de sincronización para redes digitales. Entendemos que tal clasificación podría incluir las redes que al igual que la red telefónica básica (RTB) tienen una estructura topológica compleja -topología mallada, que se comenta en el punto cinco. Tal es el caso de redes de área extendida (WANs, del inglés *wide area network*) para datos con filosofía de conmutación de paquetes, en donde también se distinguen la transmisión y conmutación, y equivalentemente contemplar los planes de encaminamiento, de numeración, de señalización, etc.

No obstante, extrapolar semejante clasificación telefónica a otras redes no es tarea fácil. Así por ejemplo el caso de comunicación de datos vía redes de área local (LANs, del inglés *local area network*) y dependiendo de la técnica de acceso se nos puede hacer difícil el discernir entre las funciones de transmisión y conmutación, apareciendo esta última distribuida. En nuestro modelo incluimos tales redes, al igual que las centralitas de pequeña capacidad PABXs (*private automatic branch exchange*), en la parcela de redes de acceso.

3.3.- Red de acceso

La red de acceso permite la conexión local entre un terminal y una red de área extendida -WANs o RTB-. El ejemplo más trivial es el del bucle de abonado telefónico. En redes de acceso compartido tenemos las centralitas PABXs (conmutación de circuitos) y las redes de área local y de área metropolitana (MANs, del inglés *metropolitan area network*) (conmutación de paquetes). En tales casos la red de acceso permite la conexión entre abonados locales. Para PABXs, la conexión con red telefónica resulta sencilla sin más que compatibilizar la señalización -los protocolos. En igual medida, para la conexión de LANs con WANs es

menester disponer de puentes o pasarelas que preserven los protocolos adecuados.

Finalmente añadir que los sistemas de radiomóvil también tienen cabida en esta estructura arquitectónica. Así por ejemplo el servicio modo de transferencia asíncrono (ATM, del inglés *asynchronous transfer mode*) no es el servicio telefónico ofreciendo a través de una nueva red telefónica. Es el mismo servicio telefónico comercial ofreciendo a través de la misma red de transporte pero con distinta red de acceso. Ésta la configuran el sistema de estaciones base -radiopuertos- y los centros de control de telefonía móvil específicos que hacen de interfase con la RTB.

4.- PROTOCOLOS DE USO DEL MEDIO EN ACCESO Y TRANSPORTE

Los terminales de telecomunicación, cuando establecen conexiones entre sí, lo hacen vía redes de acceso y/o redes de transporte. La asignación de los recursos de red ha sido una de las problemáticas perennes en telecomunicación. La idea de si repartir o compartir recursos ha sido extensamente debatida en toda la literatura especializada [VID-86]. En el primer caso los recursos pueden repartirse siempre cuando haya fuertes demandas de tráfico que así lo aconsejen. En cambio, en bajas tasas de demanda, un reparto directo de los recursos se traduce en una baja eficiencia de uso. Es ahí cuando el compartimiento de recursos alcanza una

mayor necesidad y significado.

El acceso de varios terminales -acceso múltiple- a los recursos de telecomunicación debe arbitrase mediante algoritmos convenientemente especificados. Los algoritmos de acceso múltiple son función del tráfico a cursar, por lo que históricamente se han propuesto y desarrollado acorde con las disponibilidades tecnológicas y entornos de red -acceso o transporte.

El protocolo de acceso múltiple es una acuñación que ha tomado gran fuerza con la aparición de las nuevas redes de acceso -LANs, redes de radioacceso, etc. El concepto proviene de las redes de transporte clásicas, fundamentalmente de la RTB. En ésta, la compartición/repartición ha sido tradicional y cronológicamente SDM (*space division multiplexing*), FDM y TDM; en ellas, el terminal accede indirectamente a los medios de transporte vía concentradores y/o multiplexores.

Por contra, los algoritmos que regulan la compartición/repartición de los recursos en las redes de acceso son de interacción directa con el medio. Se precisa cierta coordinación directa entre terminales. A mayores tasas de tráfico mayor coordinación, y viceversa. Para alto tráfico son adecuadas las técnicas FDMA (*frequency division multiple access*), TDMA (*time division multiple access*) o CDMA (*code division multiple access*). Si bien esta última no tiene analogía paralela en redes de trans-

porte, lo cierto es que en radio acceso celular se está teniendo en cuenta últimamente, a diferencia de lo pronosticado en ciertas fuentes [LIN-87]. Se ha de subrayar la SDMA (*space division multiple access*) como técnica de acceso directo, teniendo como ejemplo el bucle de abonado telefónico.

Para poco tráfico entre terminales el requerimiento de coordinación disminuye. En tales situaciones se hacen servir técnicas como la ALOHA, [ABR-70], S-ALOHA, CSMA, BTMA, [LI-86].

Finalmente, indicar como solución de compromiso las técnicas de acceso controlado, mediante paso de testigo [VID-86]. Como ejemplos tenemos el acceso al medio en redes LANs de topología en bus o en anillo que siguen la normativa del IEEE 802.4 y 802.5.

5.- TOPOLOGÍAS

Con independencia del tipo de sistema -tipo de servicio- que se trate, las redes de transporte ha venido adoptando una topología mallada, esto es, la conectividad entre dos nodos cualesquiera de red queda altamente garantizada al disponer de varias alternativas de encaminamiento. Ello ha ocasionado no pocos problemas de dimensionado y encaminamiento principalmente, hecho que a veces ha obligado a decantar de antemano la estructura de la misma. Por ejemplo, en la RTB, la estructura de red mallada y jerárquica "simplifica" los problemas anteriormente citados. Por contra, las redes de acceso se ha caracterizado por adoptar topologías sencillas. En terminología de grafos, una rama -bucle de abonado telefónico, un bus -red de área local-, una estrella -centralitas privadas-, etc. Tal sencillez ha hecho que las redes de acceso fueran escasamente compartidas, lo que les ha dado el carácter de redes costosas y restrictivas [CHI-87]. Así por ejemplo, el bucle de abonado telefónico está ideado para ser usado por un único terminal, pese al bajo tráfico generado y/o recibido. Es pues notoria la inercia al cambio que exhibe el acceso telefónico tradicional⁵.

CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	CONMUTACIÓN DE PAQUETES
RED TELEFÓNICA. (700 MILLONES DE ABONADOS). CONECTIVIDAD INTERNACIONAL. RED TELEX. (2 MILLONES DE ABONADOS). CONECTIVIDAD INTERNACIONAL.	WAN: RED IBERPAC. RED TRANSPAC. RED DATAPAC. RED ARPANET. CONECTIVIDAD NACIONAL

Tabla 1.- Redes de transporte.

6.- TECNOLOGÍAS DE CONMUTACIÓN

Al hablar de tecnologías de conmutación queda implícita la idea de cómo los usuarios -terminales- envían información a través de las redes -de acceso y de transporte-. Consecuentemente, se ha de recalcar que, si bien el término afecta mayoritariamente a la función de nodo de red -tanto de transporte como de acceso-, también debe englobar el aspecto de transmisión. Así pues es lícito, aunque de uso menos frecuente, emplear terminología como transmisión de mensajes y de paquetes [CHE-88].

6.1.- Conmutación de circuitos

Es una idea originalmente desarrollada en los albores de la telefonía, cuando una llamada era conectada vía operadora, esto es, conmutación manual. Por conmutación de circuitos se entiende como la asignación de un canal de comunicación espacial, temporal o frecuencial, a dos terminales que quieren comunicarse. La asignación se efectúa en la fase de solicitud de la llamada, no alterándose durante el transcurso de la misma, pese a que los terminales no hagan un uso óptimo del medio, consecuencia de haber intervalos temporales de reposo, o sea, de no transferencia. El canal o circuito asignado se libera tras finalizar la comunicación, hecho que viene indicado por cualquiera de los dos terminales. El circuito asignado parte lo configura las redes de acceso y parte la red de transporte. En conmutación de circuitos la idea de velocidad era más importante que la seguridad y el control de errores. En caso de producirse éstos, los nodos intermedios de

red no tenían capacidad correctora -de tratamiento-, tarea que dada la transparencia de aquellos quedaba postergada a los extremos, en los terminales o usuarios.

6.2.- Conmutación de mensajes

Es la comunicación paso a paso. El envío de la información progresa a base de saltos por la red de transporte, esto es, de nodo a nodo. El envío de toda la información, del mensaje, se efectúa de un centro de conmutación a otro. En cada centro, se recibe el mensaje y se almacena a la espera de disponer de un enlace en la dirección o ruta deseada. Es la conmutación *store and forward*. La conmutación de mensajes nos recuerda al método clásico del correo postal. Fue usada en los primitivos sistemas telegráficos. En conmutación de mensajes, en oposición a la de circuitos, no interesaba la velocidad, sino la seguridad y control de errores.

6.3.- Conmutación de paquetes

A diferencia de la anterior, la conmutación de paquetes fue diseñada para la comunicación de datos más que para la de voz. La idea de conmutación de paquetes fue concebida como un sistema de conmutación distribuido seguro y fiable para aplicaciones militares [ROB-72], [ROB-78] La primera aplicación importante fue el desarrollo de la red ARPANET por el Advanced Research Projects Agency del departamento de Defensa de los EEUU en 1969, una red nacional para enlazar ordenadores en tiempo compartido. La idea de la conmutación de paquetes sigue la misma línea que la conmutación de mensajes con una diferencia sustancial: la información -el mensaje- se fragmenta en segmentos más pequeños de longitud limitada, denominados paquetes.

Cada paquete tiene su propia cabecera identificativa de origen y destino, de control de errores, etc. Cuanto más pequeño sea el paquete menos espacio y tiempo de almacenamiento se precisa en los nodos intermedios. Con ello se consigue un retardo extremo a extremo inferior al de conmutación de mensajes. Así mismo, y durante los intervalos de pausa de una conexión, los recursos de la red -transmisión y conmutación- pueden ser compartidos por otras comunicaciones. La conmutación de paquetes viene a ser un compromiso entre la conmutación de circuitos y la de mensajes, recogiendo en cierta medida las virtudes de ambos métodos. El tamaño exacto de los paquetes es un compromiso entre retardo y mínimo *overhead*.

6.4.- Conmutación rápida de circuitos

Cuando la información a enviar no es un flujo continuo y prolongado en tiempo -si resulta ser breve o se genera de forma esporádica- la conmutación de circuitos es ineficiente. En tales entornos, los recursos de red pueden optimizarse mediante técnicas de multiplexado estadístico. La idea resulta especialmente atractiva en el caso de redes caras, por ejemplo cables transoceánicos. Tal es el caso de la técnica TASI (*time assignment speech interpolation*) [BUL-59] o su versión digital, la técnica DSI (*digital speech interpolation*) [CAM-76]. Varias fuentes de tráfico pueden compartir un número ligeramente inferior de canales mediante la asignación dinámica de éstos a las fuentes activas. El número de canales se selecciona de forma que la probabilidad de que el número de fuente activas supere al de canales sea baja. En esas situaciones infrecuentes, la información se descarta procurando que tal hecho sea mínimamente lesivo. Por tanto, el método viene a ser adecuada para voz y para aquellas fuentes de información con alta redundancia.

6.5.- Conmutación rápida de paquetes

La conmutación rápida de paquetes constituye una versión avanzada de la conmutación de paquetes que se basa en minimizar los tiempos de procesamiento de los paquetes en los nodos intermedios de red. Todo ello en aras de minimizar el tiempo de transferencia

CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	CONMUTACIÓN DE PAQUETES
BUCLE DE ABONADO TELEFÓNICO. ACCESO LOCAL. PABX. ACCESO LOCAL. RADIO MÓVIL. CELULARES, "CORDLESS", RADIOMENSAJERÍA, ETC. 1a Y 2a GENERACIÓN ACCESO LOCAL	"X.25" ACCESO LOCAL LAN CONECTIVIDAD LOCAL MAN CONECTIVIDAD LOCAL RADIO MÓVIL CELULARES, "CORDLESS", RADIOMENSAJERÍA, ETC. 3a GENERACIÓN ACCESO LOCAL

Tabla 2.- Redes de acceso.

extremo a extremo. A tal fin se ha de disponer de tecnología adecuada: fiable en transmisión y rápida en conmutación. En definitiva, con la conmutación rápida de paquetes se trata de eliminar en gran parte las complejas tareas protocolares de corrección de errores, control de flujo, encaminamiento, etc. La primera se conseguirá con transmisión óptica, y la función de encaminamiento, por ejemplo, con rápidos conmutadores que eviten el encolado en los nodo de multifurcación. La filosofía de ATM cae en las proximidades del entorno de conmutación rápida [HUI-87].

7.- BIBLIOGRAFIA

[BUL-59], K. Bullington, J. Fraser, "Engineering aspects of TASI", BSTJ, vol.38 pág. 353-364, Marzo 1959.

[ABR-70], N. Abramson, "The ALOHA System-Another alternative for Computer Communications". In AFIPS Conf. Proc. 1970. Fall Joint Comput. Conf. Vo. 37, pp. 281-285.

[ROB-72], L.G. Roberts "ALOHA packet system with and without slots capture". (ASS Note 8). Stanford, CA: Standord Research Project Agency, Network Information Center, 1972. También en Computer Communications Review 5, pp. 28-42. Abril 1975.

[CAM-76], S. Campanella, "Digital speech interpolation" COM-SAT Tech. Rev. Vol. 6, pág. 127-158, 1976.

[ROB-78], L. Roberts, "The evolution of packet switching", Proc. IEEE, Vol. 66, Nº 11 pág. 1307-1212, Noviembre 1978.

[FRE-80], R.L. Freeman, "Telecommunication system engineering. Analog and digital network desing". John Wiley & Sons, 1980.

[IETC-84], Instituto de Estudios de Transportes y Comunicaciones, "Memoria de 1983". Noviembre 1984.

[LI-86], V.O.K. Li, "Multiple access communication networks", IEEE Communication Magazine, Vol.25,

Nº6, pág. 41-48, Junio 1986.

[VID-86], L. Vidaller, J. Riera, "Técnicas de comunicación en redes locales", Capítulo 21 en: Teleinformática y Redes de Computadores. Mundo Electrónico, 1986.

[CHI-87], E.S.K. Chien, D.J. Goodman, J.F. Russell, "Cellular Access Digital Network (CDAN): Wireless access to networks of the future", IEEE Comm. Magazine, Vol.25, Nº6, pág 22-27, 30-31, Junio 1987.

[HUI-87], J. Hui, E. Arthurs, "A broadband packet switch for integrated transport", IEEE Jon Selec. Areas on Comm. Vol. SAC-5 pág. 1264-1272, Octubre 1987.

[LIN-87], F. Lindell, J. Swerup, J. Uddenfeldt, "Los sistemas de telefonía móvil del futuro", Ericsson Review, Nº 3, pág. 162-168, 1987.

[CHE-88], T.M. Chen, D.G. Messerschmitt, "Integrated voice/data switching", IEEE Communication Magazine, Vol.26, nº6, pág 16-26, Junio 1988.

[GOM-89], A. Gomez Oliva, "Proyecto Docente", EUITT-UPM, Madrid, diciembre de 1989.

NOTAS

1. Parte de esta ponencia aparece en el "Llibre Blanc sobre les Telecomunicacions a Catalunya" (1991), y formó parte de una comunicación presentada en el II Seminario de Telecomunicaciones para periodistas (Barcelona: Diciembre de 1991).

2. Los tubos electrónicos apenas se usaron en conmutación pero sí en transmisión. En 1913 se instaló el primer repetidor para circuitos troncales con fines de experimentación. También y de forma inicial, los tonos de señalización fueron generados con tubos osciladores de vacío. El primer uso y aplicación del transistor fue para transmitir información de señalización, primera función del área de transmisión en estar beneficiada de la tecnología de los semiconductores.

3. La terminología *cross-bar*, redes *shuffle*, redes delta, etc. es también ampliamente usada en redes de interconexión para sistemas con microprocesadores. No obstante, el origen de tales términos hay que buscarlo en los sistemas de conmutación telefónica. G.A. Betulander, ingeniero sueco de la administración sueca Televerket, en colaboración con el también sueco Palmgren inventaron los sistemas de conmutación por barra cruzadas en 1919. Entre otras, a Betulander se le debe la original idea de las redes en eslabón. En 1950, el francés D. Gohorel diseñó el sistema PENTACONTA

4. El periodo 1935-45 fue pionero en el desarrollo de máquinas calculadoras basadas en la tecnología telefónica de la época. En enero de 1940 comenzó a operar la calculadora - primer ordenador- diseñada por G.R. Stibita en Bell Labs., usando relés electromecánicos como elementos de diseño.

5. La RDSI rompe con el tradicional conservadurismo del bucle de abonado, tanto en su uso -se compartirá- como en concepción de diálogo -protocolos de señalización más sofisticados-. No así en cuanto a medio de transmisión, pues RDSI contempla el mismo soporte físico: cable de cobre de 0.4 ó 0.6 mm.

VICENTE CASARES GINER es ingeniero de telecomunicación por la UPM (Madrid 1974), doctor ingeniero en Telecomunicación (Barcelona 1980). Es profesor desde octubre de 1974 de la UPC, habiendo impartido clases de cálculo, redes, procesamiento de señal y sistemas telefónicos. Ha trabajado en temas de integración de voz y datos (proyecto CAICYT, PA86-0261) y en temas de comunicaciones móviles y portátiles (proyecto CICYT, TIC90-718 y TIC92-1180), colaborando en este último tema con Alcatel-Sesa. Actualmente forma parte del grupo investigador que el Dpto. de Matemática aplicada y Telemática tiene asignado a los proyectos europeos RACE-II, MONET (Mobile Network) y ATDMA (Advanced TDMA Access).