

# COMUNICACIONES ELÉCTRICAS



Tema central: El cambiante mundo de las telecomunicaciones

Comunicaciones Eléctricas, revista técnica trimestral de Alcatel, presenta las investigaciones conseguidas por las compañías Alcatel en todo el mundo. *Comunicaciones Eléctricas* se edita actualmente en cinco idiomas y su distribución es universal.

# COMUNICACIONES ELÉCTRICAS

3<sup>er</sup> trimestre de 1994

## Comité editorial

Peter Radley  
*Presidente*

Giorgio Tolusso  
*Research & Technology*

Dominique Brouard  
*Alcatel Cable*

Rossella Daverio  
*Relaciones Corporativas y Publicidad*

Denis Derville  
*Alcatel Business Systems*

Edmond Osstyn  
*Alcatel Network Systems*

Renzo Ravaglia  
*Network Engineering & Installation*

Werner Schmidt  
*Patentes*

## Editores

Rod Hazell  
*Editor-Jefe internacional y  
Editor, Electrical Communication, París*

Catherine Camus  
*Adjunto al Editor-Jefe internacional y  
Editor, Revue des Télécommunications, París*

Andreas Ortelt  
*Editor, Elektrisches Nachrichtenwesen, Stuttgart*

Gustavo Arroyo  
*Editor, Comunicaciones Eléctricas, Madrid*

Egisto Corradini  
*Editor, Prospettive di Telecomunicazioni, Milán*

Las direcciones de los editores figuran en la última página de este número.

En esta publicación no se hace ninguna mención a derechos relativos a marcas o nombres comerciales que puedan afectar a algunos de los términos o símbolos utilizados. La ausencia de dicha mención no implica, sin embargo, la falta de protección sobre esos términos o símbolos.

Directora de la Publicación : Rossella Daverio  
Revista técnica trimestral, editada por Alcatel Alsthom Publications S.A.,  
con un capital de 250 000 Francos franceses

Domicilio social : 12, rue de la Baume, 75008 París, Francia

Depósito Legal : RCS París B 349 910 521

Accionista principal : Samag : 99,76%

Registro Legal : 3<sup>er</sup> trimestre de 1994

ISSN : 1242-0573

Imprime : Atelier Hugueniot,  
275, rue Pierre et Marie Curie, 73490 La Ravoire, Francia

Tirada : 6 700 ejemplares

© Alcatel Alsthom Publications

## Contenido

210 **Editorial - Los retos de la multimedia**  
*D. de Boisseson*

212 **Evolución de las tecnologías básicas de las telecomunicaciones**  
*H. Ohnsorge, H. Eisele, O. Hildebrand, K. Lösch, B. Stahl*

222 **Normalización - el elemento unificador**  
*B.N. Kearsley, L. Etesse*

231 **2005: Una visión de la red del futuro**  
*T. Van Landegem, M. De Prycker, F. Van den Brande*

241 **Transmisión a velocidad ultra-elevada para el siglo XXI**  
*J. Chesnoy, B. Clesca, R. Heidemann, B. Wedding*

251 **Hacia una conectividad óptica total**  
*D. Boettle, G. Eilenberger, A. Fioretti, F. Masetti, M. Sotom*

260 **TINA: una arquitectura software para servicios de telecomunicación**  
*M. Lapierre, N. Mercouroff, J. Pavón, M. Horrer, N. Singer*

268 **El futuro de las comunicaciones móviles: interoperatividad y/o convergencia**  
*J. Burszlej*

275 **Evolución de las tecnologías de cables y fibras ópticas**  
*R. Jocteur, J.-P. Dumas, M. Carratt*

281 **Evolución de las comunicaciones de video interactivo**  
*J.D. Calvet, S.R. Treves, W. Verbiest*

290 **Integración de satélites en las redes de banda ancha**  
*B. Louvet, S. Chellingsworth*

297 **Notas de investigación**

299 **Últimas patentes**

303 **Abreviaturas de este número**

En este número



### **Los retos de la multimedia**



*Dominique de Boisseson*

Hoy, muchas industrias se han visto de lleno metidas en un torbellino debido a la repentina aparición de la multimedia en el primer plano de la economía. Tras las falsas expectativas asociadas con el crecimiento de nuevos mercados, las preguntas para la industria, operadores e inversores se asocian en como es de real el fenómeno multimedia, y en como de rápido se desarrollará.

Tras la normal evolución, se pueden identificar diferentes tendencias que se mueven rápidamente.

En primer lugar, el comportamiento de los usuarios finales está cambiando, y orientándose cada vez más hacia la informática y las telecomunicaciones, a través de la explosión de los ordenadores personales en la oficina y en el hogar, y también por la creciente disponibilidad de servicios interactivos. La red de videotext francesa con seis millones de terminales e Internet con alrededor de veinticinco millones de usuarios en todo el mundo son importantes ejemplos de esta tendencia. En la parte del ocio, los videojuegos han mostrado que nuestros jóvenes se han acostumbrado a interactuar con sus aparatos de TV, y no se

han contentado solo con el zapping. Esta nueva experiencia se está traduciendo en nuevas expectativas y requisitos.

La evolución de los servicios hacia una mayor digitalización e interactividad permite en potencia cumplir aquellos requisitos. El video a demanda interactivo traerá una nueva dimensión a los servicios existentes, y permitirá la creación nuevos servicios inimaginables actualmente. Además, la cantidad de usuarios de los servicios Minitel y de Internet no fueron previstos por los promotores de dichos servicios.

Anticipándose a esta posible nueva demanda, una serie de industrias, que hasta ahora estaban mas o menos relacionadas, han comenzado trabajar conjuntamente, a veces de forma inesperada ya que las estrategias individuales aún tienen que clarificarse:

- Los propietarios de la capacidad se han convertido en el centro de interés de los otros actores del mercado, ya que cada uno de ellos está comprobando que el acceso a una suficiente capacidad de calidad será uno de los factores claves para el éxito de las futuras redes multimedia.
- Los operadores de cable, que son capaces de gestionar una evolución progresiva hacia redes de servicios totalmente interactivos, son el objetivo de los operadores de telecomunicaciones para hacerse cargo de adquisiciones y ofertas, por ello intentan proteger su futuro delimitando zonas geográficas.
- Los proveedores de información, una vez confinados a las clásicas redes de telecomunicación, pueden

considerar ahora los cables o los satélites como vías alternativas para llegar a nuevos usuarios.

- Las industrias informática y de consumo se enfocan hacia las nuevas oportunidades de mercado, y crean nuevas soluciones uniéndose con los suministradores de equipos de cable y de telecomunicación.

Los gobiernos se encontrarán con que es muy difícil establecer una política clara, ya que se enfrentan con objetivos contrapuestos: promocionar nuevos servicios ya que estos se contemplan como un incentivo de la competencia y del progreso del país en general; proteger al consumidor y evitar elevadas tarifas y monopolios no necesarios. En general, deberían estimular las inversiones de los diferentes operadores, pero a costa de reducir sus ganancias mediante el control de las tarifas, a veces en total contradicción. Las infraestructuras se están desreglamentando progresivamente, ofreciendo canales alternativos a través de los cuales se pueden desarrollar los servicios multimedia.

En paralelo, la tecnología está evolucionando muy rápidamente en diferentes campos (digitalización, compresión, herramientas software, componentes ópticos, etc.), lo que permite el crecimiento junto a drásticas reducciones de los precios. Así por ejemplo, el coste de la memoria para una película se ha dividido por 250 en los últimos cinco años, por el impacto conjunto de la reducción de los costes de almacenamiento y del incremento de la eficiencia de la compresión. La creciente aceptación del ATM por el mercado como estándar multimedia básico será

la base sobre la que se construirán las nuevas redes, y asegurará la evolución de la red en el futuro y, por ello, la perpetuidad de las inversiones.

Todo lo anterior muestra claramente que existe una oportunidad multimedia bastante grande para todos los actores del mercado, sean proveedores de capacidad, editores, propietarios, proveedores de información, operadores de servicios, operadores de red o suministradores de equipos.

Sin embargo, esta oportunidad sólo se puede convertir en un mercado si se cumplen una serie de condiciones:

¿Habrá inversores?

En los EE.UU., a pesar de la ducha de agua fría del FCC a la industria del cable y el fracaso de Bell Atlantic-TCI y de otros, hay un claro movimiento hacia un despliegue masivo de redes con capacidad multimedia.

En Europa, todos los operadores de telecomunicaciones públicas han mostrado en los últimos meses un gran interés, y ahora están en el proceso de elegir las soluciones mejor adaptables a sus redes. En paralelo, el cable está obteniendo un nuevo interés y los nuevos tendidos están orientados hacia redes de servicio total.

En los mercados aún sin equipar, los nuevos operadores están considerando redes de servicio total, que ofre-

cen servicios de telecomunicación y de ocio, a través de una infraestructura única.

Finalmente, los operadores de satélites planifican una serie de programas que incrementarán la diversidad y la elección de los clientes.

Esta claro que los gobiernos y los reguladores tendrán una gran influencia en el comportamiento de los inversores y en la velocidad de despliegue.

¿Estará la industria preparada para satisfacer esta demanda?

La arquitectura general de las redes es generalmente comprensible, y se dispone en el segmento de acceso de muchas soluciones alternativas (fibra-coaxial, redes ópticas pasivas basadas en ATM, ADSL, sistemas de distribución de microondas, satélite, etc.), dando a los operadores la capacidad de optimizar las inversiones en la red de acuerdo a objetivos geográficos y de servicios. Los precios bajarán de acuerdo con el compromiso de los operadores de establecer un despliegue masivo suponiendo que el número de variantes se mantiene a un nivel gestionable.

Los principales escollos serán la integración y la gestión global de la red. Los esfuerzos actuales de normalización de interfaces (p. ej., DAVIC - Digital Audio Video Council) jugarán

un papel decisivo en la simplificación de la integración de equipos y software proveniente de un importante número de suministradores. Pero, aunque se alcancen e implementen las normas, muchos inversores buscarán integradores de extremo a extremo. La gestión de red supervisará la calidad del servicio y permitirá la rápida solución de los posibles problemas.

¿Se abrirán las redes de infraestructura a proveedores de servicios alternativos?

La respuesta es claramente afirmativa: una arquitectura abierta permitirá un centro de proveedores de servicios que se aprovechará de las nuevas infraestructuras, llevando tráfico a los operadores y obteniendo ganancias debido a la pequeña inversión inicial.

En resumen, los servicios multimedia representarán un gran impacto para todos los involucrados, y sobre todo para los usuarios finales, sean empresas u hogares.

Sin embargo, existen muchos posibles errores que podrían retrasar lo que parece ser un proceso irreversible. Por ello nos debemos apartar del exceso de especificaciones técnicas, de normas, de control, y en su lugar promocionar una visión a largo plazo para que el mercado pueda desarrollar, y los usuarios aprovechar, los nuevos servicios.



**Dominique de Boisseson**

Vice President

Alcatel Network Systems



## Evolución de las tecnologías básicas de las telecomunicaciones

H. Ohnsorge, H. Eisele, O. Hildebrand, K. Lösch, B. Stahl  
Alcatel Corporate Research Centre, Stuttgart, Alemania

*El enorme progreso de las redes y servicios de telecomunicaciones se ha basado en tecnologías básicas como la microelectrónica, la optoelectrónica, la fibra óptica, las técnicas de transmisión (OTDM, WDM,...) y la tecnologías de ensamblado, todas las cuales necesitan materiales y procesos tecnológicos de alta calidad.*

*El procesamiento de señales (voz e imagen) es la clave tecnológica de una transmisión económica y para todos los servicios de telecomunicación que requieren una gran cantidad de software en las redes, en las bases de datos asociadas (p. ej., en sistemas de conmutación, transconectores, redes inteligentes y gestión de telecomunicaciones) y en los terminales del usuario. De esta manera la tecnología software se está convirtiendo, paso a paso, en la más importante tecnología de las telecomunicaciones.*

### Introducción

En las primeras décadas de la introducción del servicio telefónico, el desarrollo de los sistemas de telecomunicaciones estuvo dominado por el hardware. Esta situación está cambiando cada vez más hacia un predominio del software.

Se comenzó con electro y magnetomecánica, en los setenta se pasó a la

electrónica [1] y en los 80 se llegó a las aplicaciones microelectrónicas (mE) VLSI (Very Large Scale Integration) [2]. La transmisión y la conmutación a alta velocidad (megabits  $\rightarrow$  gigabits  $\rightarrow$  terabits) están continuamente demandando mejoras en la microelectrónica, por lo que se tiende a pasar de microelectrónica a nanoelectrónica.

La optoelectrónica (O/E) logró hacia 1970 [3, 4, 5, 6] la atención mundial y conquistó en los 80 el campo de los enlaces de transmisión por línea. El progreso en sistemas y componentes ha sido tremendo en las dos últimas décadas (láser QW-DFB (Quantum Well Distributed Feedback Laser) [7], detector PIN [8], fotodetectores de avalancha (APD) [9], circuito integrado optoelectrónico (OEIC) [10]).

El progreso en guíasondas ópticas (fibras) ha sido más que impresionante [11, 12]. En 1968 se tenía una atenuación de 1000 dB/km; en año 1970 se lograron 20 dB/km y en 1980 se alcanzaron los límites teóricos de la fibra de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Los nuevos materiales basados en flúor [13] podrían abrir una nueva era de la transmisión óptica con atenuación extremadamente baja. Otros componentes ópticos pasivos (divisores, combinadores, filtros, conmutadores, etc.) son cada vez más importantes en los sistemas de acceso de telecomunicación (OPAL (línea óptica de acceso) [14], conmutación

óptica [15], OFDM (multiplexación óptica por división de frecuencias) [16], WDM (multiplexación por división de longitud de onda) [17].

La tendencia en la transmisión de línea continuará hacia la alta velocidad con multiplexación por división en el tiempo (TDM) y hacia la alta capacidad (bit/s  $\times$  número de longitudes de onda = TDM + WDM). Se prevén para el año 2000 velocidades de terabits/s y se aplicará OTDM + OFDM (WDM). Para este progreso se necesitarán transmisores y receptores apropiados en forma de OEIC, los cuales demandarán altas tecnologías en la producción de componentes.

Las mejoras en velocidad y complejidad se llevan a cabo con microelectrónica y optoelectrónica a nivel de chip, pero también se necesita una tecnología de ensamblaje (interconexión) a nivel de placa y bastidor, que permita soportar la creciente capacidad de los chips OE y  $\mu\text{E}$ .

Por otro lado, el proceso de señales (voz, sonido e imagen) compite con el incremento de la capacidad de transmisión usando técnicas de compresión para disminuir la demanda de ancho de banda o de velocidad en los sistemas de telecomunicación. Estas actividades comenzaron hacia 1960 y han alcanzado un nivel muy alto (buena calidad de voz con  $\leq 10$  kbit/s y TV de calidad con  $\leq 6$  Mbit/s) [18, 19].

Sin embargo, la codificación orientada a objetos promete un nuevo avance mucho más fuerte [20]. Se emplean algoritmos que se pueden implantar con microprocesadores y software; esto ya indica el desplazamiento del énfasis desde el hardware hacia el software.

La miniaturización del hardware conduce a grandes redes de computadoras heterogéneas y distribuidas. Para manejar este entorno se está prestando cada vez más atención a las siguientes tecnologías software:

- entornos de computación distribuida
- tecnologías de procesamiento de transacciones
- diseño y desarrollo orientados a objetos
- interfaces gráficos de usuario, multimedia e hipermedia
- tecnologías de realidad virtual
- servicios de gestión de datos
- protocolos de comunicaciones por capas normalizados para tener sistemas abiertos e interoperables

- interfaces API normalizados que proporcionen software portable.

Por ello, esta tecnología software tiene que ser considerada también como una "tecnología básica" en el desarrollo de los sistemas de telecomunicación.

**Microelectrónica**

**Estado**

Desde la introducción del primer circuito integrado en 1960, la microelectrónica se ha revelado como una innovación única si se la compara con otras ramas de la tecnología. Esta tendencia parece que va continuar al menos en el futuro más cercano.

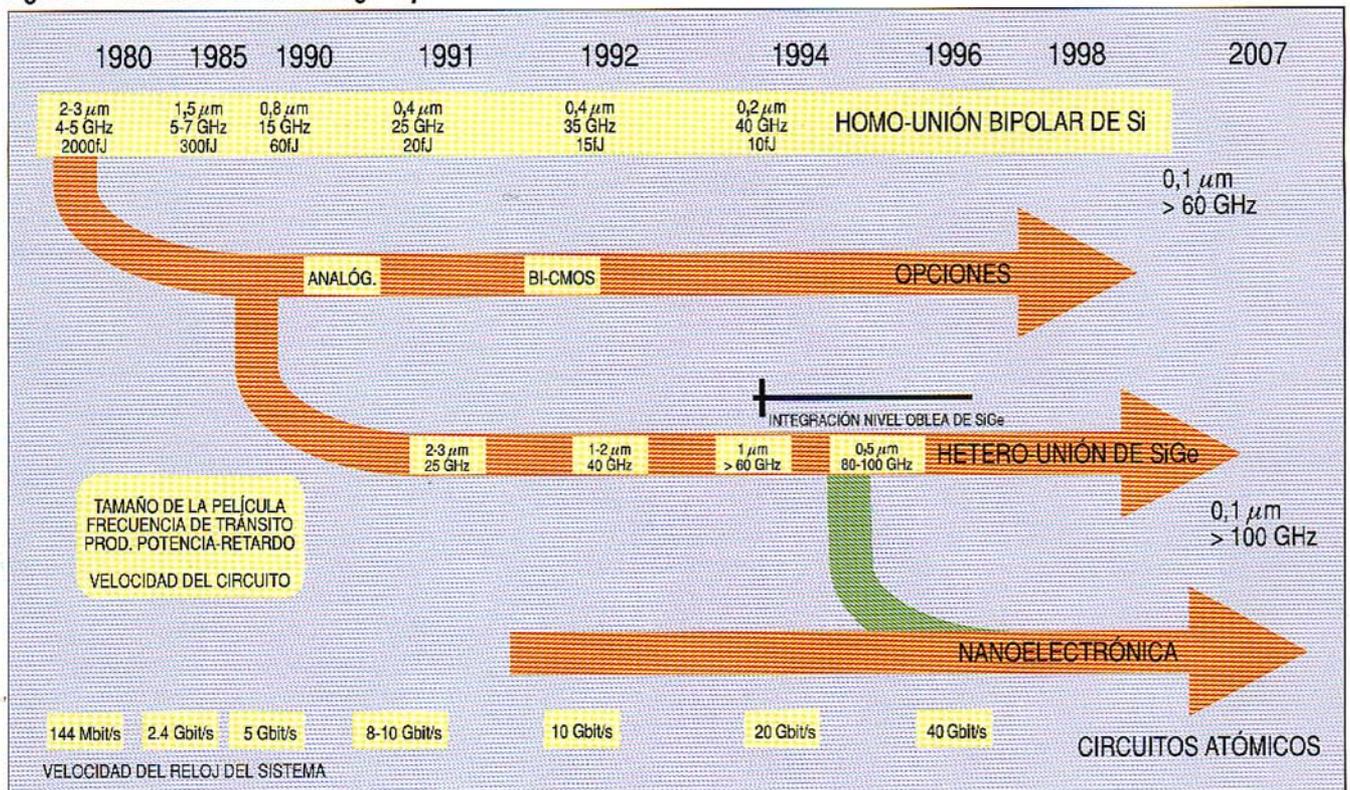
Actualmente, los chips de semiconductores que integran varios millones de transistores y que funcionan con velocidades de reloj de varios miles de MHz son el estado del arte, como los sistemas de transmisión de datos con velocidades mayores de 10 Gbit/s.

En 1993 el mercado internacional de semiconductores logró unas ganancias de más de 80 mil millones de dólares (en Europa más de 15 mil millones) y se estima que a finales de siglo se llegarán a los 175 mil millones. Además de los factores económicos y competitivos, el coste de los chips viene determinado principalmente por parámetros técnicos como la tecnología, costes de las pruebas y encapsulado y estructura del chip. En líneas generales, el coste del chip está cayendo constantemente como consecuencia de las altas capacidades de fabricación junto con las drásticas mejoras en la producción. Parece realista un reducción del 12,5 % cada año.

La tendencia de los últimos años de integrar en un único chip funciones completas de sistema permanecerá como un objetivo importante en la investigación microelectrónica. Se supone que la complejidad de un chip se dobla cada año y medio.

Actualmente las tecnologías de semiconductores más importantes son la CMOS (semiconductor óxido metal complementario) unipolar, la bipolar y la bipolar/CMOS (BiCMOS). Los circuitos

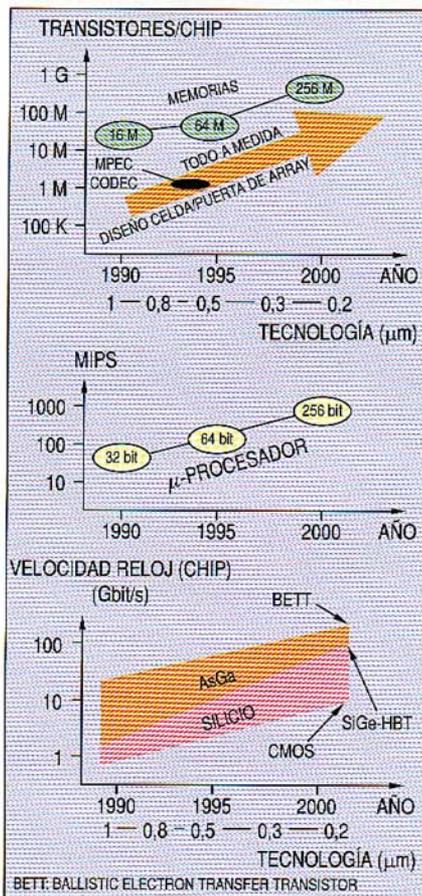
Figura 1 - Tendencias de la tecnología bipolar



tos PMOS (semiconductor óxido metal de canal P) y NMOS (semiconductor óxido metal de canal N) puros no juegan un papel significativo desde hace mucho tiempo. En las aplicaciones de telecomunicación la importancia de la BiCMOS será cada vez mayor, ya que solo ella permite combinar complejidad alta, elevado número de pines, grandes velocidades de datos y precisas funciones analógicas.

En los próximos años, o décadas, el silicio seguirá siendo el material semiconductor más importante, aunque los componentes III-V, como el AsGa y InP progresarán para reemplazar al silicio en los nichos de aplicaciones que requieren bajo ruido, altas temperaturas e insensibilidad a las radiaciones, así como en aplicaciones optoelectrónicas. Sin embargo, una integración a gran escala con materiales III-V aún tiene limitaciones prácticas. La velocidad de los componentes III-V sobre los circuitos integrados de silicio puro es casi el doble.

Figura 2 - Evolución de la microelectrónica



### Tendencias futuras

La evolución de las tecnologías de semiconductores estará determinada principalmente por:

- disminución del tamaño mínimo de la película
- sustitución de la difusión e implantación por crecimiento epitaxial
- aumento del tamaño de la oblea/chip
- aumento del número de capas de interconexión
- reducción de la tensión de alimentación
- mejor uso de la tercera dimensión (integración vertical).

Con la ayuda de equipos de fabricación avanzados y de nuevos métodos de producción será posible obtener incluso chips semiconductores más grandes con un tamaño mínimo de la película menor sobre obleas incluso más grandes. En 1998 se fabricarán, sobre obleas de 12 pulgadas, chips con un tamaño de película de 0,25 μm y con un tamaño de hasta 625 mm<sup>2</sup>. La litografía óptica (máscara de desplazamiento de fase/UV profunda) permitirá estructuras por debajo de 0,18 μm. Para dimensiones más pequeñas hay que usar litografía de chorro de electrones y rayos X. La Figura 1 muestra la evolución de las tecnologías CMOS desde 1991 hasta 2007.

El tamaño máximo de un chip está limitado principalmente por la densidad de defectos y la gestión térmica del encapsulado. Mejores métodos de planarización y sistemas de metalización permitirán hasta seis capas de interconexión con vías apiladas. Sin embargo, como consecuencia de las dimensiones de escala se debe reducir también la densidad actual. Además, la tensión de alimentación de 5 V actualmente utilizada se debe reducir hasta 3,3 V y posteriormente hasta casi 1,5 V, lo que requerirá de nuevos estándares y circuitos de interfaz.

La verdadera integración tridimensional (varias capas con elementos activos) llevará a un drástico incremento de la complejidad en el próximo siglo.

### Perspectivas

Al final de este siglo se alcanzarán, con casi total probabilidad, los límites de la tecnología microelectrónica "convencional" respecto a complejidad y a velocidad. La Figura 2 muestra el desarrollo de la densidad de integración y de la velocidad de los circuitos integrados entre 1990 y el año 2000.

Las ventajas más importantes de la tecnología Si/SiGe serán primero visibles en el área de la "nanoelectrónica", que ampliará dramáticamente los límites físicos.

La clave de tales mejoras son la deposición epitaxial selectiva y precisa (epitaxia por haz molecular) y la estructuración de capas atómicas simples. Estas capas extremadamente delgadas permitirán el uso de efectos cuánticos tales como los puntos y los cables cuánticos. Ya se han realizado memorias de semiconductores con solo 100 electrones por bit. El objetivo para la próxima década es una complejidad de circuitos extremadamente alta de varios 10<sup>9</sup> transistores por chip (RAM de 16 Gbit) y una velocidad superior a 100 GHz.

### Optoelectrónica

Los componentes optoelectrónicos son elementos clave indispensables para las telecomunicaciones. La rápida evolución en la tecnología de semiconductores III-V en la pasada década ha permitido disponer de redes y sistemas de transmisión sofisticados, con una capacidad creciente aún por producir. Los futuros desarrollos también incluirán funciones de conmutación y de transconexión realizadas con componentes optoelectrónicos, y se puede pensar en la factibilidad de sistemas de "transconmutación" totalmente ópticos, independientes del servicio y transparentes.

Los compuestos semiconductores cuaternarios InGaAsP/InP son el material básico de dichos componentes, idealmente apropiados para las ventanas de fibra óptica de 1300 ó 1550 nm; en casos especiales se usan además compuestos semiconductores InGaAlAs.

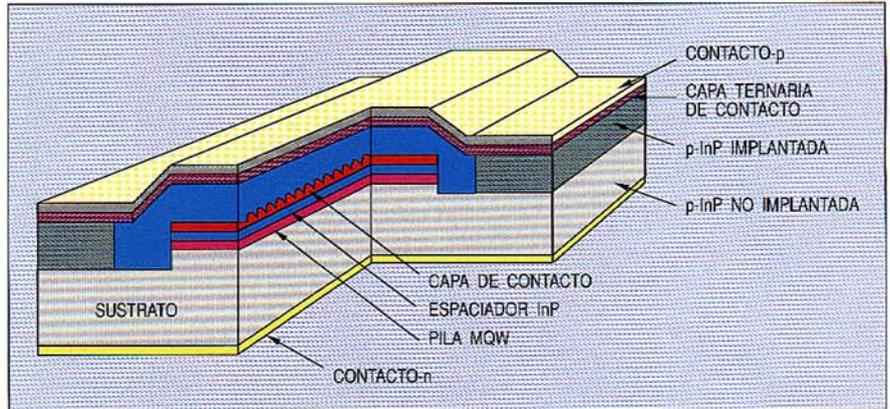
Tecnologías altamente avanzadas de crecimiento de cristales, como GSMBE (epitaxia por haz molecular de fuente de gas) y MOVPE (epitaxia en fase de vapor metalorgánica) son las herramientas clave, junto a la litografía de ultra alta precisión y a métodos de grabación en seco, que están dominados hasta la escala de los nanómetros [21].

**Fuente de luz discreta**

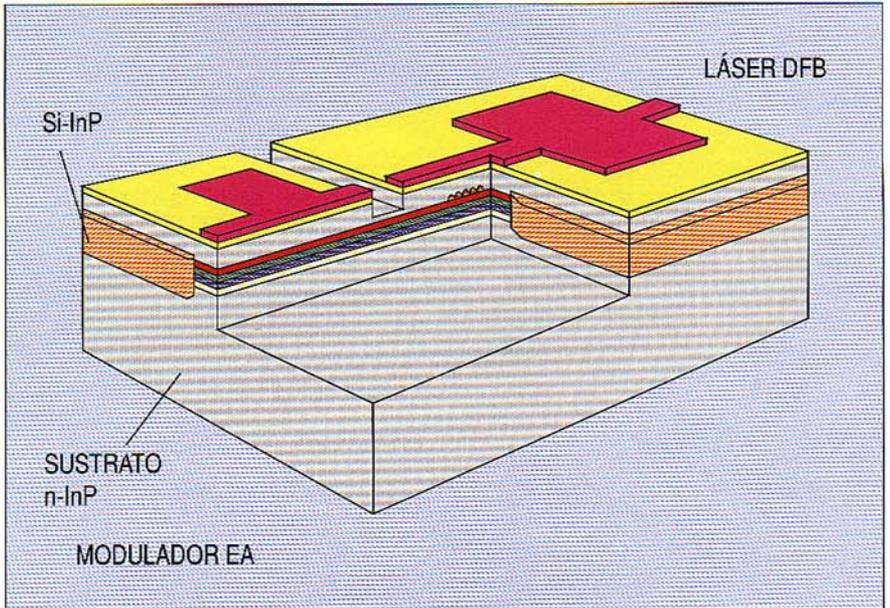
Los láseres de intensidad modulada directamente (IM) se usan actualmente como fuentes de luz en sistemas de telecomunicación basados en fibras. En 1977 se informó sobre los primeros láseres de InGaAsP/InP de 1300 nm [22], y en 1981 se realizaron los primeros láseres DFB monomodo de 1550 nm [23]. Desde entonces, la evolución de la tecnología de semiconductores ha mejorado en gran manera las prestaciones de los láseres. Actualmente, la tecnología MQW (pozo multi-cuántico) está dominada con los anteriormente citados procesos epitaxiales, y la MQW es la base para realizar láseres con altas prestaciones, especialmente adaptados a las especificaciones del sistema [24].

Un ejemplo típico de las mejoras en las prestaciones debidas a la tecnología MQW es la dispersión del ancho de línea del láser bajo modulación (chirp): los láseres convencionales, modulados a 10 Gbit/s, muestran un ancho de línea de aproximadamente 1,2 nm (a menos de 20 dB), mientras que en los láseres MQW-DFB este valor se reduce por debajo de 0,24 nm, lo cual es una importante mejora en las prestaciones, ya que el chirp junto con la dispersión de la fibra limitan la distancia de transmisión alcanzable en los láseres de intensidad modulada directamente.

La estructura de láser BRS (Buried Ridge Stripe) mostrada en la **Figura 3** es un buen compromiso entre los requisitos de fabricación y de buenas prestaciones de un dispositivo. Aplicando las herramientas de diseño anteriores, se ha demostrado que esta estructura se puede usar en modulación directa digital de hasta 10 Gbit/s,



**Figura 3 - Sección transversal de un láser BRS-DFB**



**Figura 4 - Modulador de absorción externa + láser integrado**

así como en la modulación directa con señales analógicas de hasta 860 MHz para la distribución de la señal de TV.

**Fuentes de luz integradas monolíticamente**

Los moduladores/láseres integrados monolíticamente son el siguiente paso para obtener nuevas mejoras en las prestaciones de las fuentes de luz láser (**Figura 4**). En este caso, la sección láser MQW-DFB opera a CW, y la luz se modula mediante una segunda sección usando el efecto de electroabsorción (EA). La dispersión del ancho de línea se minimiza con este esquema. Sin embargo, cualquier modulación de intensidad causa una fluctuación inhe-

rente en la longitud de onda debida a la modulación de fase relacionada. Pero, si aplicamos un efecto mecánico cuántico específico (efecto Starck de cuanto confinado) podemos manipular el acoplamiento entre la modulación de intensidad y de fase, y lo podemos usar a nuestro favor. Así, la distancia máxima alcanzable con estos moduladores optimizados es incluso mayor que el límite teórico de una transmisión sin chirp: usando un modulador de InGaAs/InGaAsP con EA de guíaonda con resalte interno se ha probado una transmisión a 10 Gbit/s con BER=10<sup>-10</sup> sobre 101 km de fibra monomodo estándar [25].

Los PIC de láser/modulador MQW-DFB integrados monolíticamente fun-

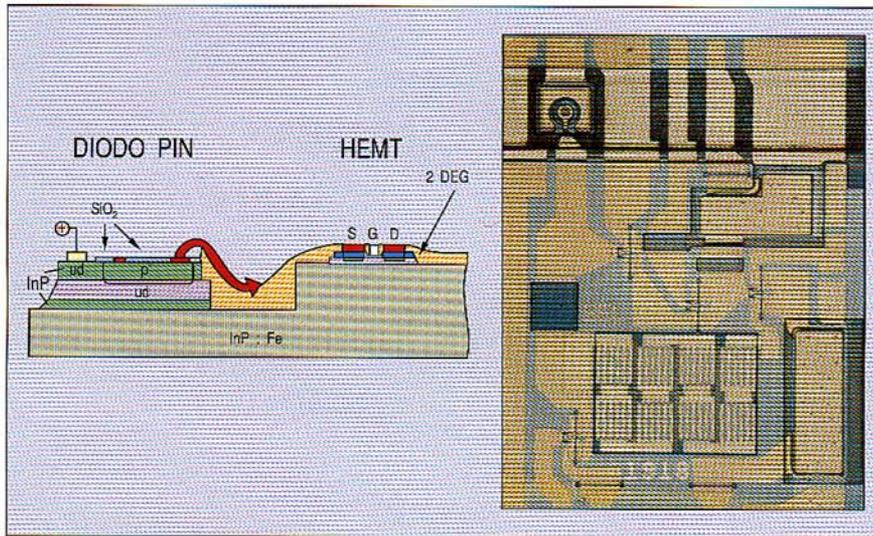


Figura 5 - Receptor O/E integrado

cionan con una potencia de salida del orden de los mW y con una tensión de entrada de 3 V se consigue una tasa de extinción de 25 dB a 10 Gbit/s [26].

El ejemplo anterior muestra una tendencia general en la tecnología y fuentes de luz basadas en InP: actualmente ya se dominan los chips monofuncionales como los láseres modulados directamente, aunque la siempre progresiva tecnología nos permitirá incrementar aún más las prestaciones y diseños especializados para aplicaciones específicas del sistema. Sin embargo, cada vez se dispondrá de más chips multifuncionales, con baja complejidad pero con mayores prestaciones. Así como ejemplo, monofuncionales de hoy, los láseres MQW-DFB modulados directamente por física están limitados a una velocidad del orden de 10 a 16 Gbit/s. Los chips multifuncionales sobrepasarán este límite integrando varios láseres con diferentes longitudes de onda (o láseres ajustables) y combinando guíaondas en un mismo chip (método WDM), o aplicando OTDM.

#### OEIC de receptor integrados monolíticamente

Son la siguiente etapa en la evolución tecnológica de los receptores; reemplazarán a los circuitos receptores estándar actuales de tecnología

híbrida. No solo se espera una reducción del coste debida a la integración monolítica, sino también una mejora de las prestaciones por la reducción de las capacidades parásitas.

El concepto de integración mostrado en la **Figura 5** usa circuitos HEMT Schottky-Gate de InGaAs/InAlAs basados en InP para la integración monolítica de un circuito preamplificador completo; el fotodetector es un diodo PIN de InGaAs/InP. Debido a la gran movilidad y velocidad de los electrones en el canal de InGaAs (comparado a los de AsGa y Si) se consigue un alta transconductancia de varias centenas de mS/mm, que hace que estos HEMT sean ideales para ordenadores de comunicaciones de alta sensibilidad y velocidad.

La secuencia de capas epitaxiales de los diodos PIN y de los HEMT consta de dos pasos que usan la tecnología MOVPE: la unión pn del detector se realiza por difusión. El proceso completo de fabricación incluye cerca de veinte etapas tecnológicas de alta precisión. El OEIC receptor PIN-HEMT de InGaAs/InAlAs/InP contiene un circuito preamplificador de transimpedancia, seis resistores, dos condensadores y ocho diodos desplazados. Las primeras pruebas muestran un ancho de banda de 3 dB a más de 5,5 GHz con una ganancia de 14 dB a 50 Ohmios de carga, y un diagrama de

ojos muy claro a 10 Gbit/s. Se espera lograr una sensibilidad de -21,4 dBm a 10 Gbit/s [10].

Al igual que con las fuentes de luz, la evolución en la parte del receptor también va desde los detectores monofuncionales ya probados hasta los receptores multifuncionales, incluyendo tanto funciones electrónicas como fotónicas, en forma de receptores WDM ó OTDM, por ejemplo.

#### Tecnologías de ensamblado

Las tecnologías de ensamblado han sido importantes desde el comienzo del desarrollo de las telecomunicaciones. Actualmente, estas tecnologías forman parte del mundo de la "alta tecnología", como la optoelectrónica y la microelectrónica.

#### Módulos multichip (MMC)

Son componentes específicos de aplicaciones que pueden combinar diferentes tecnologías de silicio y dispositivos de AsGa sobre portadoras miniaturizadas de interconexión y se pueden considerar como una evolución de las placas impresas convencionales. Las ventajas de los MMC respecto al equipo de telecomunicación se pueden expresar en:

- una reducción del volumen de 4 a 6 veces superando incluso el nivel de integración del Si
- una reducción en el peso (muy importante en comunicaciones móviles)
- un incremento de la frecuencia de trabajo (hasta 60 GHz) y de la velocidad de la señal (> 40 Gbit/s)
- un consumo reducido de potencia (mayor tiempo de vida de la pila)
- modularidad (se añaden fácilmente funcionalidades al sistema según lo requiera el mercado)
- rentabilidad a nivel del sistema.

Un ejemplo del superior potencial del hardware de los MMC se muestra en la **Foto A** comparado con una solución con tecnología convencional del trans-

conector multipuerto de Alcatel. Combinando cuatro conmutadores en un MMC, la placa hija y el hardware adicional se pueden montar fácilmente sobre una placa del sistema.

**Interconexiones ópticas**

En los complejos sistemas de telecomunicación actualmente en desarrollo en Alcatel, como los transconectores o sistemas ATM (Asynchronous Transfer Mode), hay que hacer un esfuerzo técnico considerable para evitar la diafonía entre interconexiones eléctricas, así como la interferencia y radiación electromagnética. En los futuros productos con mayores velocidades estos problemas se resaltarán aún más. La sustitución de interconexiones eléctricas por ópticas puede no solo resolver dichos problemas sino también ofrecer nuevos grados de libertad en el diseño de los sistemas. Las principales ventajas de las interconexiones ópticas son:

- diafonía casi nula debido al guiado de ondas altamente confinado
- radiación e interferencia electromagnética nula
- baja atenuación de la señal independiente de la velocidad
- mayor anchura de banda
- tamaño pequeño y menor peso respecto a los cables coaxiales.

Hay que considerar diferentes niveles de interconexión óptica (ordenados según la secuencia prevista de introducción):

- bastidor con bastidor
- intrabastidor (cuadro con cuadro)
- placa con placa a través del panel posterior
- en la placa (chip con chip)
- en el chip.

Para reducir el coste por enlace se emplearán configuraciones de array multicanal. En la **Figura 6** se muestra un ejemplo de un transmisor multicanal que consta de una portadora de silicio con diez pistas grabadas en forma de V para interconectar la película delgada y la alineación pasiva

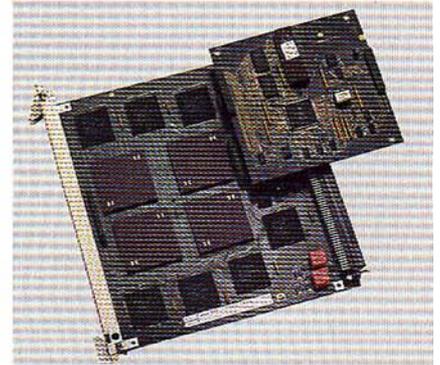
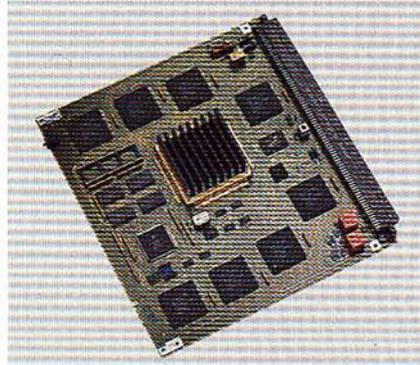


Foto A - Impacto de los módulos multichip en el ensamblado en las placas impresas. Izquierda: Solución MMC; Derecha: La misma placa, con la actual solución, que requiere una placa hija.

de fibras. Los IC excitadores se sueldan por hilos, mientras que el array de láseres multicanal se suelda por flip-chip en la misma portadora. Debido a los IC excitadores este módulo se limita a 4 x 155 Mbit/s, pero la siguiente generación se diseñará para 10 x 2,5 Gbit/s. Los módulos convertidores se conectarán mediante cintas de fibra y conectores ópticos multicanal.

Con el uso de las técnicas de interconexión óptica, la densidad y la capacidad de transmisión se puede incrementar más de cien veces si se compara con las técnicas de interconexión eléctricas convencionales. Con ello el

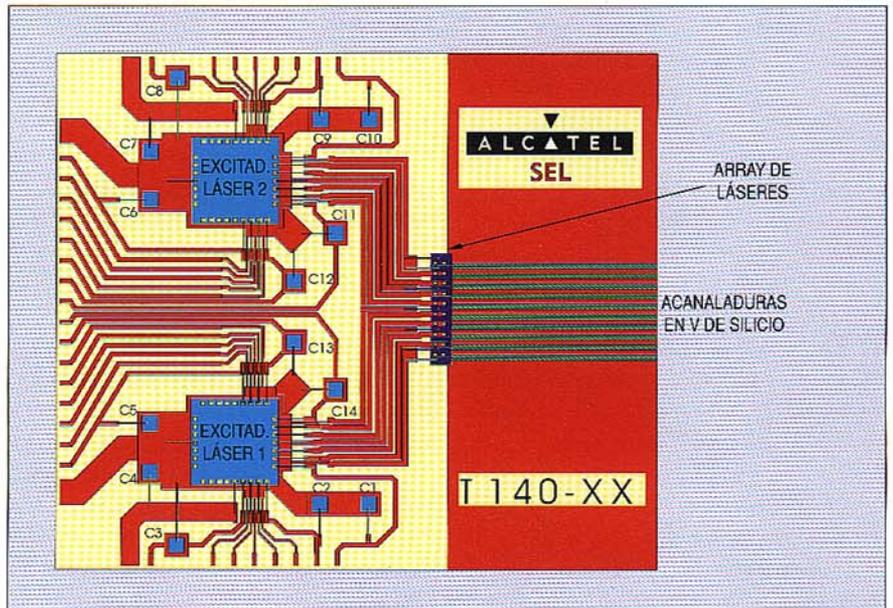
cuello de botella debido a las interconexiones dejará de existir.

**Componentes ópticos integrados pasivos**

Además de transmisores y receptores optoelectrónicos de bajo coste se requiere una nueva generación de componentes ópticos tales como los divisores de potencia integrados y los multiplexores por división de longitud de onda, que reemplazarán a los dispositivos de fibra fundida actualmente usados por su mejor reproductividad y menor coste a mayor volumen.

La óptica integrada de óxido de silicio sobre silicio es la clave de

Figura 6 - Vista esquemática de la placa base de silicio para el transmisor multicanal (tamaño 12,5 x 14,5 mm)



dichos componentes. Los substratos de gran área permiten la realización de circuitos ópticos muy complejos o, alternativamente, la fabricación de cientos de componentes más simples por oblea. Procesos tales como la fotolitografía, deposición, grabación, templado, etc. son compatibles con aquellos ya desarrollados en la industria de la microelectrónica y usan los mismos equipos que se optimizaron para el uso de obleas de silicio. Las guíaondas basadas en sílice depositado se pueden hacer con una pérdida muy baja y un buen acoplamiento a las fibras ópticas, reduciendo así las pérdidas en el interfaz. El silicio permite el desarrollo de acoplamientos de guíaondas de fibras alineadas pasivamente usando pistas grabadas en el substrato para la ubicación de las fibras. Finalmente, el silicio se puede usar también como substrato en la hibridación de los componentes electrónicos y de las guíaondas junto con las pistas de alineación de fibras obteniendo subsistemas optoelectrónicos complejos.

### Proceso de la señal

El proceso de señales es una de las clásicas tecnologías clave de las telecomunicaciones, como lo son las técnicas de modulación, ecualización, filtrado, compresión y correlación. En VoD (video a petición) sobre cable coaxial y par trenzado se aplicará, una combinación de modulación, codificación de canal, sincronización y corrección de errores, llamada "modulación codificada", aplicada recientemente en GSM junto al cifrado.

Una nueva digitalización abrió el camino a la codificación del canal y de la fuente siguiendo la teoría de la información de Shannon [27].

La compresión de las señales de video y voz produjo un inesperado gran progreso en la última década, pero aún no hemos alcanzado los límites.

### Proceso de voz/sonido

Las tecnologías de proceso de voz se ocupan de:

- reconocimiento de la voz y del hablante
- conversión automática de texto a voz y viceversa
- compresión de la señal de voz.

El reconocimiento de la voz ya ha logrado un alto nivel:

- varios miles de palabras dependientes del hablante
- mas de mil palabras independientes del hablante
- mas de cien palabras con una tasa alta de reconocimiento en entornos con mucho ruido.

Esta tecnología ganará en importancia para la "comunicación mediante voz con terminales", por ejemplo las guías de usuario o los sistemas controlados por voz.

La compresión de la voz está siendo muy usada en las comunicaciones móviles digitales (GSM estándar de 13 kbit/s para una anchura de banda analógica de 3,4 kHz) y la "codificación a media velocidad" (6 kbit/s) está en fase de normalización. También se espera lograr una buena calidad de voz con una velocidad de transmisión menor de 4 kbit/s.

### Compresión de la señal de video

El CCIR normalizó la transmisión de la señal de video MIC a 216 Mbit/s para el intercambio de programas de TV entre estudios. La transmisión MIC simple con aproximadamente 140 Mbit/s ofrece una excelente calidad de TV. Durante largo tiempo pareció que 34 Mbit/s era el límite inferior para la transmisión de TV con buena calidad. Actualmente ya es posible transmitir una señal de video a 8 Mbit/s ofreciendo una señal de TV reconstruida que incluso un experto no podría distinguirla del original, mientras que usuarios no entrenados no serian capaces de reconocer una degradación en un programa de TV si la transmisión usara solo 2 Mbit/s, con un algoritmo de codificación optimizado (p. ej., MPEG).

El algoritmo empleado en las velocidades anteriores se basa principal-

mente en la codificación de la transformación (p. ej., la transformación discreta de coseno), en la reposición condicional, en la transmisión del vector de movimiento y en un algoritmo de codificación óptimo, explotando el comportamiento estadístico de la señal y la percepción visual del observador humano (eliminación de lo irrelevante hasta el límite en la tasa de distorsión) [28].

Pero los laboratorios de investigación están trabajando intensamente en métodos de codificación basados en objetos [29] (codificación fractal) que usan la "semántica" de las imágenes para conseguir tasas de compresión lo más elevadas posibles. La codificación de ondas elementales es otro método prometedor de nuevos progresos [30].

La combinación de los anteriores métodos de compresión nos permitirá, con una gran probabilidad, un nuevo e importante progreso en el futuro, en competencia con el incremento de la velocidad de transmisión y la disminución del coste de los bits transmitidos en los sistemas avanzados de transmisión. En muchas aplicaciones, la compresión de las señales de voz y video mantendrán su importancia (almacenamiento de señales, transmisión por radio), pero siempre que se pueda, si los costes de transmisión lo justifica, se deberá usar una transmisión MIC simple para alcanzar la máxima distancia de la señal reconstruida desde el límite en la tasa de distorsión y conseguir la insensibilidad máxima frente a la distorsión y al ruido.

### Tecnología del software

#### Estado actual y tendencias futuras

A pesar de que la tecnología del software es muy reciente ya ha experimentado una historia dramática, caracterizada por las tendencias siguientes [31].

En un gran número de productos de la industria electrónica, el software es el factor determinante del coste y, lo que es más importante, el factor clave para la competitividad. En las últimas décadas el porcentaje del software dentro de los productos ha cre-

cido continuamente. También ha crecido su complejidad, así por ejemplo el software más complejo se puede encontrar en los sistemas de conmutación, con un esfuerzo de hasta 6000 personas año.

El mercado del software se caracteriza por su creciente internacionalización, por una amplia gama de variantes incluyendo versiones nacionales, por la disminución del ciclo de vida (de dos años actualmente desde la fase de análisis a la entrega del producto, es decir un año desde que se conocen los requisitos hasta la entrega del producto) y por el requisito de que los nuevos productos software se tienen que integrar con los ya existentes.

La estructura de los sistemas software ha cambiado dramáticamente: desde las grandes aplicaciones monolíticas que fabricaban totalmente los vendedores de hardware en 1950 hasta los grandes sistemas heterogéneos realizados por muchos tipos diferentes de compañías: compañías hardware, compañías de software de aplicaciones y, lo más importante, compañías de software "middleware". La contribución de las compañías hardware está decreciendo continuamente. Esta tendencia ha llevado a sistemas portables, abiertos y distribuidos que a su vez provocan un número creciente de estándares de facto y de jure, y sus correspondientes instituciones. Los sistemas

abiertos requieren interfaces normalizados en términos de formatos y protocolos para asegurar la interoperatividad, los sistemas portables requieren de API (Application Programmer Interface) en forma de llamadas de funciones para asegurar la portabilidad. La distribución se refiere a arquitecturas cliente/servidor, punto a punto, gestor/agente, etc.

Junto con la diversificación de los sistemas software, la tecnología también se ha diversificado. Actualmente se dispone de una abundancia de tecnologías de software especializado: sistemas operativos multiusuario/multitarea, entornos de computación distribuida, interfaces de usuario basados en ventanas, tecnologías multimedia e hipermedia, tecnologías de bases de datos, orientación a objetos, inteligencia artificial, tecnologías de comunicaciones, tecnologías de proceso de transacciones, lenguajes de programación, tecnologías de seguridad, etc.

Un factor decisivo para un funcionamiento efectivo y eficiente de los servicios y redes de telecomunicaciones son los interfaces de usuario que ofrece el software. Aspectos claves son la facilidad de aprendizaje, la facilidad de uso y el rendimiento. La complejidad de las mismas está creciendo rápidamente (actualmente hay miles de formatos). Los sistemas de muchas compañías se integran bajo un interfaz

común de usuario. Los interfaces de usuario están desarrollando propiedades multifuncionales, que permiten acceder a todos los aspectos de los sistemas de telecomunicaciones: Esta tecnología está soportando de manera creciente la cooperación remota y colaborativa.

A pesar de este dramático desarrollo, aún no se han resuelto los siguientes dos problemas elementales relacionados con la tecnología del software:

- Hasta ahora no existe una tecnología general completa e integrada para la producción y mantenimiento de sistemas software grandes y complejos con los estándares requeridos de calidad y fiabilidad.
- El mantenimiento del software (depuración, portabilidad del software, mejoras del software) es aún el factor determinante en el coste de los grandes sistemas de software.

**Tendencias futuras previstas**

Las tendencias futuras se determinan, entre otras cosas, por la continuación de ciertas tendencias existentes más las nuevas soluciones (más o menos esperadas) a los retos conocidos y a los nuevos retos y sus soluciones futuras.

Figura 7 - Soluciones a los retos actuales del software

SOLUCIONES RETOS	TECNOLOGÍAS DE REUSABILIDAD	BIBLIOTECAS DE MÓDULOS	ARQUITECTURA SOFTWARE PARA REUSABILIDAD	MODELADO Y SIMULACIÓN	REDISEÑO	MÉTODOS FORMALES
AUMENTO MASIVO DE LA PRODUCTIVIDAD	X	X	X			
GESTIÓN DE LA CRECIENTE COMPLEJIDAD		X	X	X		
REQUISITOS DE CALIDAD EXTERNOS				X	X	X



**SOLUCIONES NECESARIAS URGENTEMENTE:  
¡AHORA NO ESTÁN DISPONIBLES!** → **IMPORTANTE A LARGO PLAZO**  
A DESARROLLAR CON INVESTIGACIÓN INTENSIVA

Las siguientes tendencias existentes y pasadas parece que continuarán en el futuro:

- El software seguirá creciendo en el sentido de que continuará siendo el factor determinante para la competitividad.
- El porcentaje de contribución del software dentro de los productos y servicios también se espera que crezca significativamente.
- La complejidad del software crecerá definitivamente.
- Se espera que continúe la tendencia existente de las características del mercado.
- La tendencia actual de la estructura de los sistemas software se espera que continúe hacia una mayor portabilidad, distribución y apertura.
- Las tecnologías existentes se mejorarán y se especializarán, y se puede esperar que aparezcan nuevas.
- Continuarán las tendencias existentes de los interfaces de usuario.

La **Figura 7** relaciona tres problemas existentes aún no resueltos con los posibles métodos de soluciones que se esperan que contribuyan junto a la bibliotecas de elementos. Actualmente no hay ninguna solución convincente disponible. Por ello, dichas soluciones se tienen que conseguir mediante un proceso de investigación intenso y cooperante. Adicionalmente, los métodos formales para el desarrollo y verificación del software serán importantes a largo plazo, si ello sucede se habrá abierto un camino.

## Conclusiones

Ya se ha logrado un nivel muy alto en "tecnologías básicas de las telecomunicaciones" como:

- microelectrónica
- optoelectrónica y fibra óptica
- tecnologías de ensamblaje
- procesamiento de señales
- tecnologías del software.

Pero en todas ellas estamos en una fase inicial; se puede predecir un nuevo fuerte progreso ya que los límites físicos están aún bastante lejanos de los ya conseguidos y la gestión del proceso de desarrollo del software constituye el factor determinante para el éxito de las futuras tecnologías de telecomunicaciones.

## Bibliografía

- 1 W. Shockley: The theory of p-n junctions in semiconductors and p-n junction transistor. Bell System Technical Journal 28, 1949, pág. 435
- 2 J.S. Kilby: U.S. Patent 3,138,743 (1959)
- 3 W. Hayashi, M.B. Panish, P.W. Foy, S.M. Sumski: Junction lasers which operate continuously at room temperature. Appl. Phys. Letters 17, 1970, págs. 109-111
- 4 K.C. Kao, G.A. Hockham: Dielectric-fibre Surface Waveguides for Optical Frequencies. Proc. IEE, vol 113, n°7, Julio 1966, págs. 1151-1158
- 5 M. Börner: Mehrstufiges Übertragungssystem für in Pulsmodulation dargestellte Nachrichten. DBP-no 1254513, 21 de Diciembre, 1966
- 6 H. Ohnsorge: Neue Möglichkeiten für Nachrichtensysteme auf der Basis des Laser-Glasfaser-Kanals. ntz-Report 17, VDE-Verlag GmbH, Berlin, 1973
- 7 K. Dütting, W. Idler y P. Wiedemann: 10 Gbit/s MQW-DFB Laser/monitor PICs for low cost high speed laser modules. Electron. Lett. 29,24, 1993, pág. 2145
- 8 E. Zileinski, W. Kuebart, M. Schilling, O. Hildebrand: Very High Speed and Very Large Tuning Range Optoelectronic Components. Proc. 6th World Telecommunication Forum, part 2, Ginebra, Suiza, vol. 1, 991, págs. 121-125
- 9 W. Kuebart, H. Eisele, J. Scherb, J. Kimmeler, P. Wiedemann, W. Körber: Continuous Graded 10 Gbit/s Planar InGaAs/InP SAGM-APD Grown by LP-MOVPE. Proc. 17th ECOC & 8th IOOC 1991, París, Francia, paper TuC5-2, págs. 253-256
- 10 W. Kuebart, J.H. Reemtsma, H. Grosskopf, I. Gyuro, D. Kaiser, H. Conrad, H. Groß, F. Grotjahn, H. Eisele: Monolithically Integrated 10 Gbit/s InP-Based Receiver OEICs: Design and Realization. Proc. 19th ECOC 1993, Montreux, Suiza, paper TuP6.4-2, págs. 305-308
- 11 F.P. Kapron, D.B. Keck, R.D. Maurer: Radiation losses in glass optical waveguides. Instn. Electr. Engrs Conference Publication 71, 1970, págs. 148-153
- 12 T. Moriyama et al (Fujikura & ECL/NTT): Fabrication of ultra-low-OH content optical fibres with VAD method. Proc. 6th ECOC, Sept. 1980, York, Reino Unido, págs. 18-21
- 13 C.H.L. Goodman: Devices and materials for 4 µm-band Fibre-optical communication. Solid-state and Electron. Devices, vol. 2, n° 5, Sept. 1978, págs. 129-137
- 14 G. Tenzer: The introduction of optical fibre in the subscriber loop in the telecommunication networks of DBP Telekom. IEEE Communication Magazine, Marzo 1991, págs. 36-49
- 15 J.M. Burnett, D.W. Smith: Future Switching requirements for telecommunication networks: Challenges for photonics. Proc. 19th ECOC 1993, Montreux, Suiza, vol. 1, págs. 38-44
- 16 D.M. Spirit, L.C. Blank: Optical time division multiplexing for future high-capacity network applications. BT Technol. J., vol. 11, n° 2, Abril 1993
- 17 C.A. Brackett: Dense wavelength division multiplexing networks: Principles and applications. IEEE J. Select Areas Commun, vol. SAC-8, n° 6, Agosto 1990, págs. 948-964
- 18 P. Noll: Speech Coding for Communications. Proc. EUROSPPEECH, Berlín, 1993
- 19 T. Hoffmann, D. Müller y C. Vogt: Compresión de video: Tecnicas de las comunicaciones multimedia. *Comunicaciones Eléctricas*, 4<sup>o</sup> Trimestre 1993
- 20 R. Rinaldo, A. Zakhor: Inverse Problem for Two-dimensional Fractal Sets Using the Wavelet Transform and the Moment Method. IEEE ICASSP, San Francisco, Marzo 1992, IV-665
- 21 O. Hildebrand, M. Erman: Componentes optoelectrónicos en preparación dentro de Alcatel. *Comunicaciones Eléctricas*, 4<sup>o</sup> Trimestre 1992, págs. 12-21

- 22 J.J. Hsieh, C.C. Shen: Appl. Phys. Lett. 30, 429 (1977)
- 23 K. Utaka, S. Akiba, K. Sakai, Y. Matsushima; Electron. Lett. 17, págs. 961-963, (1981)
- 24 P. Speier, Proc. InP and Related Materials, Cardiff, págs. 179-183 (1991)
- 25 E. Zielinski, D. Baums, H. Haisch, M. Klenk, E. Kühn, K. Satzke, M. Schilling: Proc. InP and Related Materials, St. Barbara (1994)
- 26 M. Schilling, D. Baums, H. Haisch, M. Klenk, E. Kühn, K. Satzke, E. Zielinski: Proc. InP and Related Materials, Cardiff, págs. 5-8 (1993)
- 27 C.E. Shannon: A Mathematical Theory of Communication. Bell System Tech. J., vol 27, 1948, -pt I págs. 379-423, pt II págs. 623-656, reeditado en forma de libro con postscript por W. Weaver, Univ. of Illinois Press, Urbana, 1949
- 28 C.E. Shannon: Coding Theorems for a Discrete Source with Fidelity Criterion. IRE Nat. Conv. Rec., pt 4, págs. 142-163. También en R.E. Machol (ed), Information and Decision Processes, McGraw-Hill, Nueva York, 1960
- 29 R. Rinaldo, A. Zakhor: Fractal Approximation of Images. Data Compression Conference, Snowbird, EE.UU., 1993
- 30 R. Rinaldo, C. Calvagn: An Improved Wavelet-Fractal Coder. A presentar en ISCAS 94, Londres, Mayo 1994.
- 31 Technologien im 21. Jahrhundert. Positionspapier der deutschen Elektroindustrie, Zentral-verband Elektrotechnik und Elektroindustrie e. V., Mayo 1994.

**Horst Ohnsorge** nació en 1933 en Waldenburg, Alemania. Se graduó como ingeniero en 1955 en el Polytechnicum de Giessen. Entre 1955-1957 fue ingeniero de desarrollo en Telefunken en Ulm. Entre 1957 y 1961 estudia en la Universidad Técnica de Darmstadt diplomándose como Ingeniero. En 1967 se graduó como Doctor Ingeniero en la Universidad Técnica de Aachen. Entre 1961 y 1974 trabaja en el Centro de Investigación de Telefunken en Ulm siendo desde 1968 director de Investigación de Sistemas de Telecomunicaciones. Entre

1974 y 1980 fue director del Heinrich-Hertz-Institute Berlín GmbH de Berlín. Desde 1980 fue director del Centro de Investigación de SEL en Stuttgart. Entre 1987 y 1991 fue director de Investigación y Tecnología de Alcatel de París. Desde 1993 es profesor honorario de la Universidad de Stuttgart. Sus actividades profesionales son: filtros, reconocimiento de voz, codificación de imágenes, transmisión de datos, códigos de corrección de errores, transmisión por fibra óptica y sistemas de comunicación de banda ancha.

**Hartmut Eisele** nació en Stuttgart (Alemania) en 1953. Obtuvo el Master en Matemáticas y Física y su doctorado en 1979, 1980 y 1985 respectivamente por la Universidad de Stuttgart. En 1985 se incorporó al Centro de Investigación de SEL de Stuttgart, donde se dedicó a los componentes optoelectrónicos de gran longitud de onda. En 1990 es nombrado director de tecnología en la División de Optoelectrónica. Desde 1993 el Dr. Heisele es director de la División de Microelectrónica.

**Olaf Hildebrand** nació en Hamburgo, Alemania, en 1948. Se graduó Dipl-Ing en 1973 y PhD en 1977, ambos por la Universidad de Stuttgart. Su tesis se centró en la investigación básica de láseres de semiconductores. Desde 1978 ha investigado principalmente la física y la tecnología de fotodetectores de avalancha basados en compuestos III-V. Entró en el Centro de Investigación de Alcatel SEL en Stuttgart en 1983, donde es responsable desde 1985 de la división de componentes optoelectrónicos para sistemas de comunicaciones ópticas.

**Kurt Lösch** nació en Würzburg, Alemania. Recibió su diploma en Física y su Doctorado en la Universidad de Stuttgart en 1974 y 1977 respectivamente. Se incorporó en 1980 al Centro de Investigación de SEL donde trabajó más de diez años en componentes optoelectrónicos de gran longitud de onda. En 1980 se convirtió en el responsable del grupo de caracterización, y en 1984 en responsable de tecnología de dispositivos y módulos de la división de optoelectrónica. Desde 1988 el Dr. Lösch ha

sido jefe de la división de investigación de Microsistemas, y entre 1992 y 1993 presidió el centro de Competencia de Alcatel de módulos multichip. Desde 1994 preside las divisiones de Tecnologías de Interconexión y Componentes Ópticos Pasivos del Centro de Investigación de Alcatel.

**Bernd Stahl** nació en 1957 en Dillenburg, Alemania. Estudió Informática y Electrónica en la Universidad de Stuttgart y en la Universidad de Oregon y obtuvo su diploma de la Universidad de Stuttgart en 1987. En este año se incorporó al departamento software del Centro de Investigación de Alcatel SEL. Desde entonces ha trabajado en numerosos proyectos RACE e internos en el área de I+D de gestión de redes. También ha contribuido con numerosos artículos a conferencias de TMN y IN.

# Normalización - el elemento unificador

**B.N. Kearsley, L. Etesse**

Alcatel, París, Francia

## Normalización: requisito previo para un mercado global

Vivimos en un complejo mundo que se enfrenta a cambios permanentes. Las fronteras comerciales se expanden según los mercados se convierten en verdaderamente mundiales; hay un crecimiento incesante en la cantidad de información que se transmite diariamente por todo el mundo; la liberalización y la desregulación están cambiando las bases de los mercados; y está emergiendo un nuevo orden comercial mundial.

La normalización se percibe como un elemento importante de respuesta a los retos que impone este mundo tan cambiante. Es el fruto de un complejo proceso de consenso entre las muchas partes interesadas, y tiene una probada habilidad para anticipar y dirigir los futuros problemas. Las empresas activamente implicadas en la normalización la ven como una herramienta estratégica que mejorará su acceso a los mercados mundiales.

*Hoy, la normalización no afecta solamente al mundo de la técnica. Se ha convertido en el negocio de todos y, principalmente, en el de los gestores de las empresas.*

## Traer el orden a las comunicaciones

Se dedican gran cantidad de recursos corporativos a definir las especificaciones técnicas que nosotros llamamos normas.

Todos los que trabajan en el campo de las comunicaciones reconocen el papel vital de la normalización ya que asegura que las redes del mundo se interconectan sin discontinuidades y que los servicios pueden funcionar pasando cualquier frontera internacio-

nal. Las comunicaciones abiertas y el interfuncionamiento son totalmente imposibles sin las normas, que al tiempo satisfacen los deseos políticos actuales de una competencia abierta. Nuestros clientes también están demandando la introducción coordinada y controlada de soluciones "normalizadas" que les ayuden a aprovechar por completo las nuevas tecnologías.

*Hoy, además, la normalización se ve como una forma de poner orden en un mundo de rápida evolución tecnológica y ya no como un gran obstáculo a la innovación.*

Estos factores son los que están dirigiendo el crecimiento más amplio posible de las normas de las telecomunicaciones. El resultado es que la normalización es uno de los aspectos cruciales para el futuro de la industria de las comunicaciones. Hay un reconocimiento innegable de que una norma nunca es neutral. Suelen poner de manifiesto las tecnologías y potencia industrial de quienes las elaboran. El desarrollar estrategias competitivas para producir normas es hoy, y se piensa que también será así en el futuro, una parte integral de la estrategia de las empresas. El dejar de lado las normas supone el sufrir un gran riesgo en la competitividad y, posiblemente, también en la supervivencia de la empresa.

## Convergencia de los mercados

Importantes industrias (video, telecomunicaciones, ordenadores, TV, electrónica de consumo), que anteriormente operaban en sectores de mercados relativamente independientes, compiten cada vez más entre sí (**Figura 1**). Un fenómeno similar puede verse en los sectores de las telecomunicaciones

y el transporte (telemática de tráfico y transporte por carretera, sistemas de tráfico aéreo, sistemas y equipos de aeropuertos y puertos). La convergencia dual de la tecnología y de los mercados incrementará dramáticamente la competencia mundial y además acelerará la velocidad de los cambios tecnológicos. Por ello, el uso estratégico de la normalización para alcanzar una ventaja competitiva se ha convertido en una importante faceta de la planificación del negocio de las empresas de estos sectores del mercado. ¿Normalizar ó no normalizar? - esta es la cuestión.

## Política de normalización europea

Las normas tienen una alta prioridad en la estrategia de las telecomunicaciones europeas. Un mercado europeo único sólo puede ser realidad si las normas comunes tecnológicas proporcionan la armonización técnica esencial para la integración económica. La política europea, por consiguiente, incluye la adopción de normas tanto a nivel europeo como a nivel mundial.

Al ser las telecomunicaciones una industria realmente universal, es vital que las normas europeas sean las mismas - o compatibles - del mercado mundial. Por ello, la convergencia de las normas regionales e internacionales es un importante objetivo.

La Unión Europea está revisando, a la vista de los nuevos requerimientos aparecidos en el tratado de Maastricht, la actual política de normalización Information and Communication Technology (ICT). Actualmente están dialogando las partes interesadas. Para explotar totalmente la posible contribución de la normalización europea al funcionamiento efectivo de los mercados internos se están definiendo varias

líneas de actuación (Tabla 1). Estas acciones se reforzarán con la llegada del "grupo Bangemann" de redes de información que pone énfasis, entre otras cosas, en la necesidad de que hayan normas compatibles, procesos más rápidos de establecimiento de las normas y de cooperar con otras partes del mundo.

**Tendencias y entorno de normalización**

Durante los años 90 el proceso de realización de normas ha visto cambios sin precedentes debido a la creciente demanda del mercado y de regulación de normas. Un conocimiento del actual entorno de normalización y de sus tendencias se considera como un importante elemento en la definición de la futura evolución de la maquinaria de hacer normas. La capacidad para producir normas más complejas aumenta, mientras que su tiempo de producción decrece. Como ejemplo, el registro de preparación y aprobación de normas de ETSI en los últimos cuatro años lo refleja: 18 en 1990, 47 en 1991, 184 en 1992 y 255 en 1993; normas que antes se tardaba cuatro años en producir ahora sólo se tarda dos años.

La preparación de normas no es exclusiva de las organismos normalizadores reconocidos oficialmente (p. ej., ITU, ISO, ETSI, CEN, CENELEC). Existe un número creciente de diferentes tipos de "grupos" (de actores económicos interesados) que se han creado para desarrollar las así llamadas especificaciones en paralelo con el proceso clásico. Se reclama que el proceso sea más rápido y más dirigido al mercado, y en el que el principio de

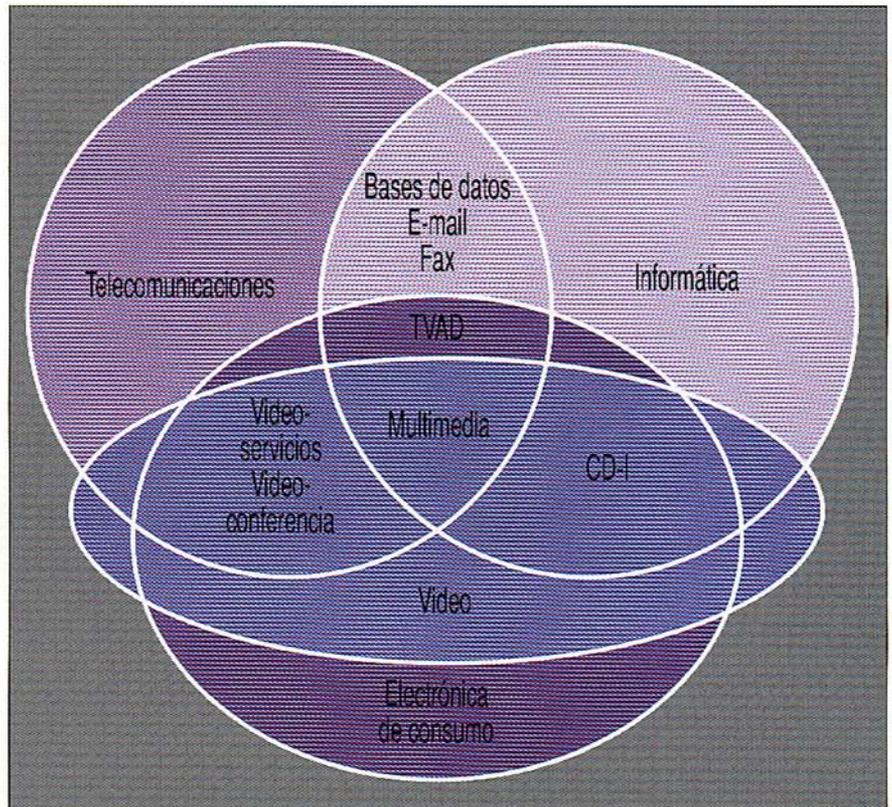


Figura 1 - Fusión de mercados e industrias altamente dependientes de la normalización

"acuerdo de consenso" sea poco importante.

Para acomodar la complejidad de las telecomunicaciones modernas existe un tendencia hacia la normalización de proyectos gestionados en la cual se prepara un completo grupo de normas para asegurar la introducción armonizada de un servicio. Muchos otros cambios siguen este camino.

Es importante deshacerse de un mito existente desde hace muchos años. La normalización ya no es sólo un "club de caballeros" para expertos técnicos sino que es un duro entorno comercial en donde las apuestas empresariales son significativas. El

entorno se puede caracterizar por lo siguiente:

- un constante cambio estructural de los organismos existentes y un siempre creciente incremento del número de nuevos organismos, grupos y foros
- una expansión incesante de los programas de trabajo
- la competencia entre organismos
- una exportación agresiva de las normas regionales
- una tendencia hacia la "creación de normas gestionadas"
- la disolución de recursos en más organizaciones (con pocos recursos)

Tabla 1 - Política de normas de la futura Unión Europea

Directivas de acciones	
Financiación efectiva	Revisión de los medios de financiación para desarrollar una mejor estructura de normas para asegurar la integración europea
Maximizar los beneficios	Asegurar que los programas de trabajo están en sintonía con las necesidades y prioridades del mercado único
Incrementar la transparencia	Mejorar la visibilidad, accesibilidad y comprensión de las normas a los actores económicos
Coordinación coherente	Desarrollar programas de trabajo acordados mutuamente
Normas e investigación	Promover la transferencia efectiva y a tiempo de los resultados de la investigación para la normalización

- un proceso voluntario y consensuado (aunque en los nuevos "grupos" el consenso es menos importante)
- muchos nuevos actores lo que hace el consenso cada vez más difícil
- una crítica natural de los derechos de la Propiedad Intelectual
- un incremento de la interacción entre el sector de las telecomunicaciones y otros sectores (p. ej., el transporte, la radiodifusión, el ocio, la informática)
- los nuevos temas sujetos a la normalización (p. ej., el transporte, el ocio).

Con este proceso tan complejo, cambiante, dinámico, conflictivo, expansivo, voluntario y con pocos recursos, la tarea de alcanzar normas "rápidas, baratas y de calidad" no es obvia. La industria de las telecomunicaciones tie-

ne que dar los pasos para asegurar que tanto los procesos de las normas "de jure" como las "de facto", y los ciclos de desarrollo de los productos asociados estén enfocados, y den respuesta, a los requerimientos que cambian real y rápidamente. Esto no solo implica cambios innovadores externos para alcanzar mejoras radicales de rendimiento sino que también implica cambios internos radicales de las empresas para asegurar que la maquinaria de las normas se dirija correctamente.

**El complejo mundo del "nuevo método" de las normas**

Ninguna organización puede establecer todas las normas que se necesitan. Por razones políticas e históricas, la normalización de las comunicaciones ha sido la responsabilidad de varias

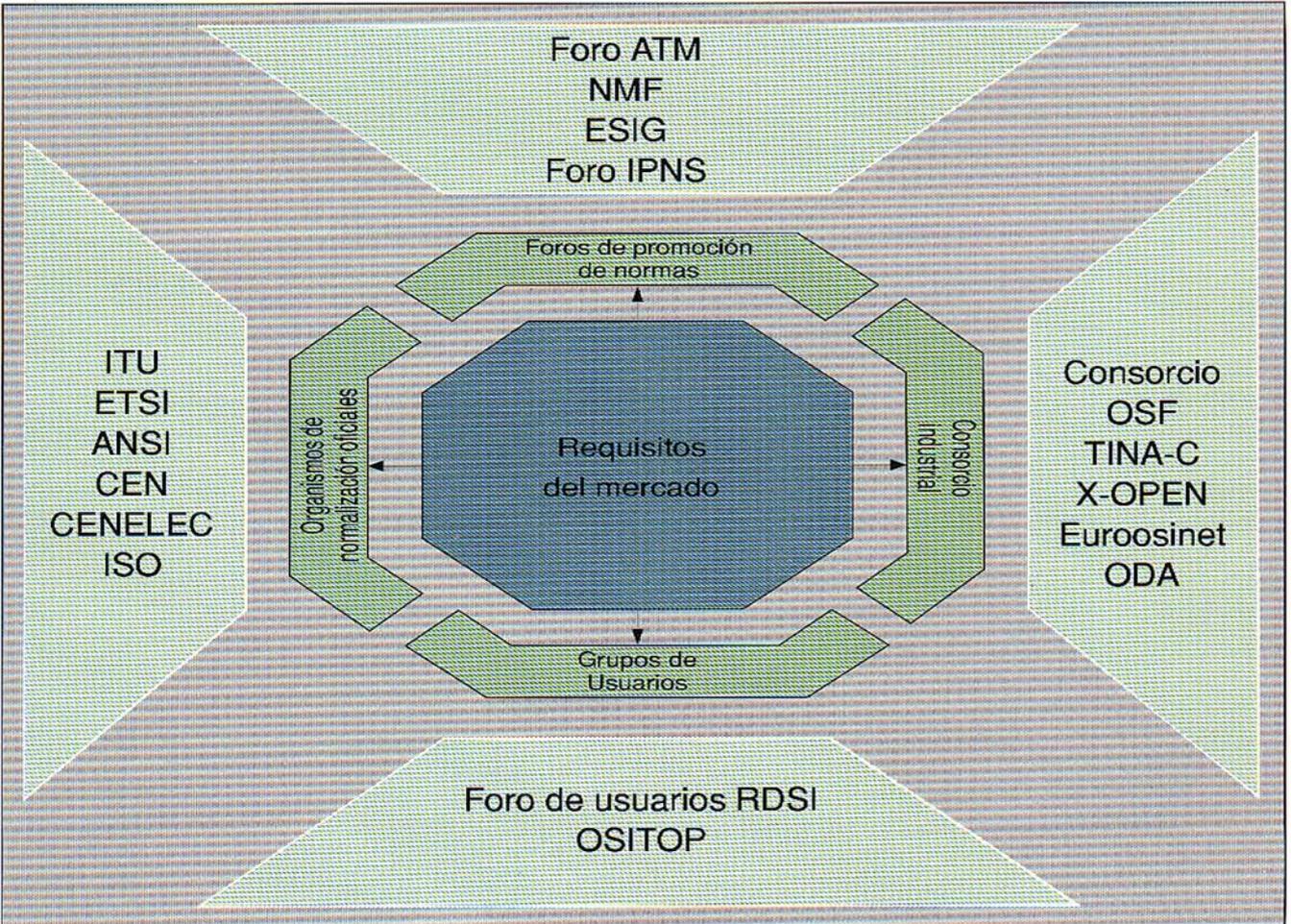
organizaciones mundiales y regionales trabajando en un compleja red de interacción (Figura 2).

Hoy, sin embargo, la velocidad con que se desarrollan las tecnologías de las comunicaciones y la complejidad de las especificaciones técnicas requieren nuevos mecanismos para el desarrollo de estas normas. Consecuentemente, se están haciendo importantes cambios en las estructuras y procedimientos de normalización establecidos.

Las organismos oficiales internacionales de normas están aumentando su compromiso en el desarrollo de normas que cumplan las necesidades futuras y no en las que están basadas en productos existentes. Se ha incrementado el ámbito y el volumen de su trabajo.

Los suministradores, e incluso los usuarios, han formado numerosos gru-

Figura 2 - Grupo de organizaciones implicadas en la creación de normas



pos, consorcios y asociaciones para acelerar la especificación y el uso de las normas (de facto y de jure), y para llenar los "huecos" en los que los organismos oficiales aún no han producido normas.

Las características del "nuevo método" para hacer normas son las siguientes:

- la creación de órganos estratégicos para dirección "top-down"
- estar dirigido por actores comerciales (ni expertos, ni profesionales de normas)
- las organizaciones de normas necesitan convertirse en disciplinas de ingeniería
- la creación de foros/consorcios dirigidos comercialmente como proveedores de los organismos oficiales de normas
- el conocimiento y la promoción del mercado para la aplicación de las normas en el mundo real
- informar de las funciones de las normas de la empresa a la gestión empresarial (p. ej., la dirección y coordinación centralizadas)
- dar menos importancia al principio básico del consenso.

### Campos de la normalización

Hasta ahora, la normalización se ha hecho en distintos campos funcionales (p. ej., transmisión, conmutación, señalización), reflejado en el agrupamiento de expertos en un Comité Técnico particular, con una insuficiente coordinación de la gestión en su totalidad. Hoy, esto ya no es verdad. La llegada de las normas gestionadas por proyecto con objetivos claramente definidos y con coordinación centralizada reúne a los expertos más adecuados según lo requiera la tarea específica de un proyecto.

Existen segmentos importantes de negocio para los cuales están en curso o acaban de comenzar importantes programas de normalización en los organismos regionales e internacionales. Existe una pequeña duda sobre si estas actividades contribuirán signifi-

cativamente al cambiante mundo de las telecomunicaciones más allá del año 2000. A continuación se da una visión de una selección de estos campos de normalización crecientemente importantes y de gran interés para Alcatel. De varios de estos campos se dan más detalles en otros artículos en este mismo número.

### Aplicaciones y servicios audiovisuales

Las aplicaciones y servicios audiovisuales es un campo relativamente nuevo para la normalización que surgió de la convergencia dual de las tecnologías y los mercados. Históricamente, no existía una organización que reuniese los diferentes socios económicos de una serie de industrias (radiodifusión, telecomunicaciones, informática, electrónica de consumo, suministradores de programas). Durante 1993 varias organizaciones, como ETSI, IEEE y Foro ATM, iniciaron actividades para aprovecharse de las emergentes normas ISO para imágenes en movimiento, el MPEG. Pero el desarrollo más noticiable fue la aparición de dos nuevos vehículos, los proyectos DVB y DAVIC, para obtener especificaciones de sistemas que soporten aplicaciones y servicios audiovisuales digitales.

La firma de un memorándum de acuerdo para la radiodifusión de video digital (programa DVB) en Septiembre de 1993, reuniendo a los actores económicos europeos interesados, fue un medio original y efectivo de desarrollar especificaciones.

*"El propósito de este memorándum de acuerdo es crear en Europa una estructura para el desarrollo armónico, y dirigido por el mercado, de la televisión digital por radiodifusión terrestre, satélite y cable, - el proyecto DVB.*

*Se realizará mediante:*

*- La promoción y contribución a la definición de la normas técnicas de la televisión digital y su utilización/adopción universal.*

*- La facilitación de la introducción de los nuevos servicios utilizando estas normas, las cuales pueden*

*incluir el estudio de materias asociadas tales como la planificación de frecuencias y el acceso condicional.*

*- La facilitación de la cooperación más estrecha posible entre la I+D precompetitiva y la normalización".*

Las especificaciones producidas dentro de esta estructura se envían posteriormente a ETSI para su ratificación formal como norma europea de telecomunicación (ETS). Las actividades del proyecto DVB están planificadas el terminarlas a finales de 1994 pero, dado su éxito, existe una posibilidad de que el mandato original se extienda hasta completar el futuro trabajo en servicios interactivos (p. ej., VoD).

La segunda innovación fue la creación, en junio de 1994, de DAVIC (Digital Audio Visual Council) con el objetivo de promocionar el desarrollo coordinado y a tiempo de las aplicaciones y servicios audiovisuales digitales utilizando, en lo posible, las normas que emanan de los organismos de normalización existentes (p. ej., ETSI, ISO, IEC, IEEE).

A diferencia del MoU (memorándum de acuerdo) para el DVB, DAVIC es una organización mundial que reúne a un diferente grupo de industrias de Europa, Japón, Norte América y Australia. Uno de los objetivos iniciales es definir una especificación para el servicio interactivo conocido como video a demanda (VoD).

### Comunicación personal

La evolución de las redes de comunicación está dirigida a los servicios personales. La esencia de las comunicaciones personales es que se suministra a una persona a la cual no es posible asignar una posición geográfica fija conocida y que la persona tiene control con algún detalle de su perfil y parámetros de servicio. Esta capacidad de comunicación la da la red de comunicaciones personales (PCN), que es capaz de soportar una gama de servicios generalmente descritos como telecomunicación personal universal (UPT). Se han definido varios progra-

mas de normalización para cumplir en algún grado los servicios personales.

Dos importantes programas de normalización están en curso en este campo: el sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) en ETSI y el sistema de telecomunicaciones móviles terrestres públicas del futuro (FPLMTS) en el ITU. El programa americano de normas de ANSITIA conocido como PCS 1900 se considera que será la primera PCN, ya que soportará un conjunto básico de servicios UPT utilizando una infraestructura de red inteligente [1].

El reto consiste en acomodar los dos tipos de movilidad, la del usuario y/o la del terminal, utilizando redes celulares fijas y/o móviles tanto en comunicaciones de usuario públicas como privadas. La normalización será un elemento crítico en el mapa evolutivo que asegure el uso combinado de la infraestructura fija (p. ej., conmutadores e IN) con la evolución de las redes móviles (p. ej., DECT y GSM) y de satélites.

Los satélites jugarán un importante papel en el campo del tratamiento de la movilidad y de las comunicaciones personales. El acceso público directo a los satélites desde terminales portátiles ó de bolsillo es la nueva facilidad distintiva de la PCN vía satélite. Los satélites constituirán la extensión natural de los sistemas de tratamiento de la movilidad para hacer frente al concepto de "en cualquier parte". El interfaz adecuado con la infraestructura terrestre (p. ej., GSM) será primordial en el desarrollo de las normas. Varios consorcios están desarrollando actualmente tales sistemas respondiendo a este requerimiento del mercado. Alcatel forma parte del consorcio Globalstar que desarrollará y operará este tipo de servicio [2].

### Transporte

El transporte (telemática de tráfico y transporte por carretera, ferrocarril) es una de los campos de más urgente normalización en Europa. Actualmente, el mercado europeo se encuentra fragmentado con soluciones naciona-

les exclusivas dirigidas a problemas comunes. La motivación para la normalización proviene del deseo de crear sistemas paneuropeos multimodales interoperativos y un mercado Europeo de equipamiento.

A nivel europeo se están tomando varias iniciativas en los campos del transporte por carretera y de los ferrocarriles para definir y coordinar un amplio programa de trabajo. Las actividades cooperativas tendrán lugar dentro de la estructura de tres organismos oficiales de normalización europeos, CEN, CENELEC y ETSI, en estrecha coordinación con organizaciones profesionales, como por ejemplo UIC para los ferrocarriles.

Alcatel se encuentra particularmente activa [3] en los siguientes campos:

- identificación automática de vehículos (AVI) para coches, contenedores y trenes
- tren integrado a sistemas de radio (esencialmente un sistema GSM para tren)
- sistemas de señalización de autopistas
- control de acceso y recogida de peajes de carreteras.

La llegada de las "soluciones normalizadas" para controlar el incremento de los problemas creados por la gestión y congestión de tráfico creará un interesante mercado.

### Gestión del tráfico aéreo

En respuesta a la Directiva 93/65/ EEC sobre definición y uso de especificaciones técnicas compatibles para la obtención de sistemas y equipos de gestión del tráfico aéreo el grupo asesor de expertos en tecnología de la información (ITAEG) ha creado ITAEG Air. Este grupo tendrá definido para finales de 1994 un detallado programa de normas europeas propuestas para sistemas y equipos asociados a la gestión del tráfico aéreo (una propuesta borrador está disponible desde comienzo de 1994). El trabajo será realizado dentro de CEN, CENELEC y ETSI, en estrecha colaboración con

otras organizaciones interesadas como EUROCONTROL y la organización internacional de aviación civil (ICAO).

### Comunicaciones de banda ancha

Aunque las tecnologías de las redes de banda ancha son ya hoy una realidad, basadas en un conjunto preliminar de normas estables (p. ej., SDH y ATM), aún hay mucho trabajo que hacer para alcanzar las redes interoperativas y los servicios armonizados. La normalización de la banda ancha continuará demandando recursos humanos en un futuro previsible. La mayoría del trabajo actual está incluido en la estructura del foro ATM, que se dedica a la producción de "especificaciones implementables a corto plazo" en las redes ATM. El objetivo es producir rápidamente un número suficientemente grande de normas estables que permitan el desarrollo de una infraestructura capaz de soportar una gran gama de servicios futuros como el video interactivo [4] y las redes de datos de paquetes a alta velocidad.

### Multimedia

Multimedia ha sido "lo mejor del mes" durante 1993. En los últimos meses ha vuelto el pragmatismo. Sin embargo, el avance en la tecnología de proceso digital y la provisión de capacidades de comunicación de banda ancha económicas hará que la provisión de una capacidad multimedia sea una realidad muy pronto. No obstante, existe el riesgo de que el mercado se fragmente y de que aparezcan soluciones exclusivas.

La creación de varios foros de multimedia (MMCOL, MMCF, IMA, EMF) para desarrollar soluciones concretas de implementación y plataformas mundiales de pruebas y demostraciones basadas en las normas desarrolladas es un testimonio de las necesidades de mercado. Aunque se está haciendo mucho trabajo de normalización en la definición de los servicios multimedia, y asuntos relacionados, en diferentes organismos (ETSI, IEEE, ITU, TI, foro ATM, etc..) ello parece

poco para una coordinación y dirección estratégica total. El proceso de normalización está esperando una guía clara por parte de los que desarrollan productos y de los suministradores de servicios, así de lo que se tendría que normalizar.

**Redes privadas virtuales**

Las VPN pretenden construir redes corporativas interconectando conmutadores públicos, Centrex y PABX para suministrar servicios a los usuarios corporativos. La liberalización de los servicios de telecomunicación en Europa ha estimulado el interés en la normalización de la así llamada VPN paneuropea (para el suministro de servicios RDSI). Aunque los servicios de VPN son obviamente objeto de una fuerte competitividad entre los operadores de red, se requiere un mínimo conjunto de normas para las VPN nacionales e internacionales. El trabajo previo de normalización ya ha empezado; escenarios para la defini-

ción de la arquitectura de la red, de los servicios y de la gestión de red están en estudio actualmente en ETSI.

El nivel de normalización es un elemento crítico para alcanzar el despliegue internacional de los servicios en un entorno competitivo que aproveche totalmente las sinergias entre las capacidades de la conmutación pública (incluidas IN) y de las PABX. Demasiada normalización limitará las ofertas comerciales competitivas de los operadores y suministradores de sistemas, mientras que una normalización insuficiente limitará el tamaño de mercado y restringirá la oferta de productos a pasarelas y/o enrutadores.

**Papel y compromiso de Alcatel**

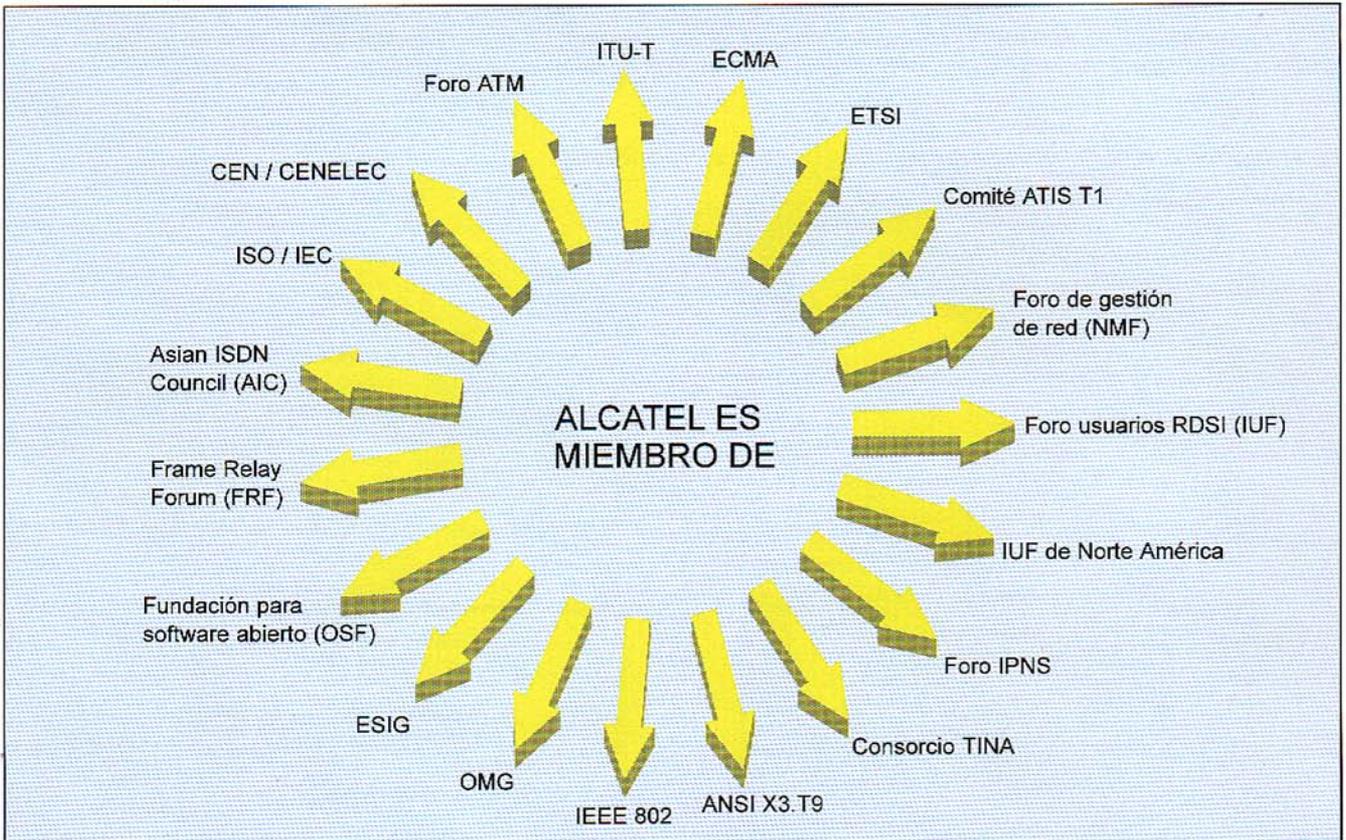
Alcatel se encuentra muy comprometida en el principio de la normalización regional y mundial. Claramente, un fabricante internacional, como Alcatel,

gana más de un consenso internacional efectivo en la búsqueda de sus objetivos de negocio que con la formación de organizaciones nacionales. Alcatel emplea grandes recursos para influir y supervisar todas las actividades de normalización que afectan a su negocio.

La implicación de Alcatel en este complejo proceso se basa en un "programa de normalización y estrategia técnica" corporativo que asegura una participación coordinada y efectiva en más de veinticinco organismos internacionales de normas y foros industriales (Figura 3). Además, Alcatel participa en todos los campos importantes de normalización de las telecomunicaciones y, actualmente, tiene 79 puestos oficiales, tales como presidentes de comisiones, relatores y moderadores. La Figura 4 muestra el bucle del "mercado de normas".

En el programa están implicados más de 650 ingenieros, científicos, matemáticos y personal de marketing en más de 70 lugares en todo el mun-

Figura 3 - Participación de Alcatel en organismos externos



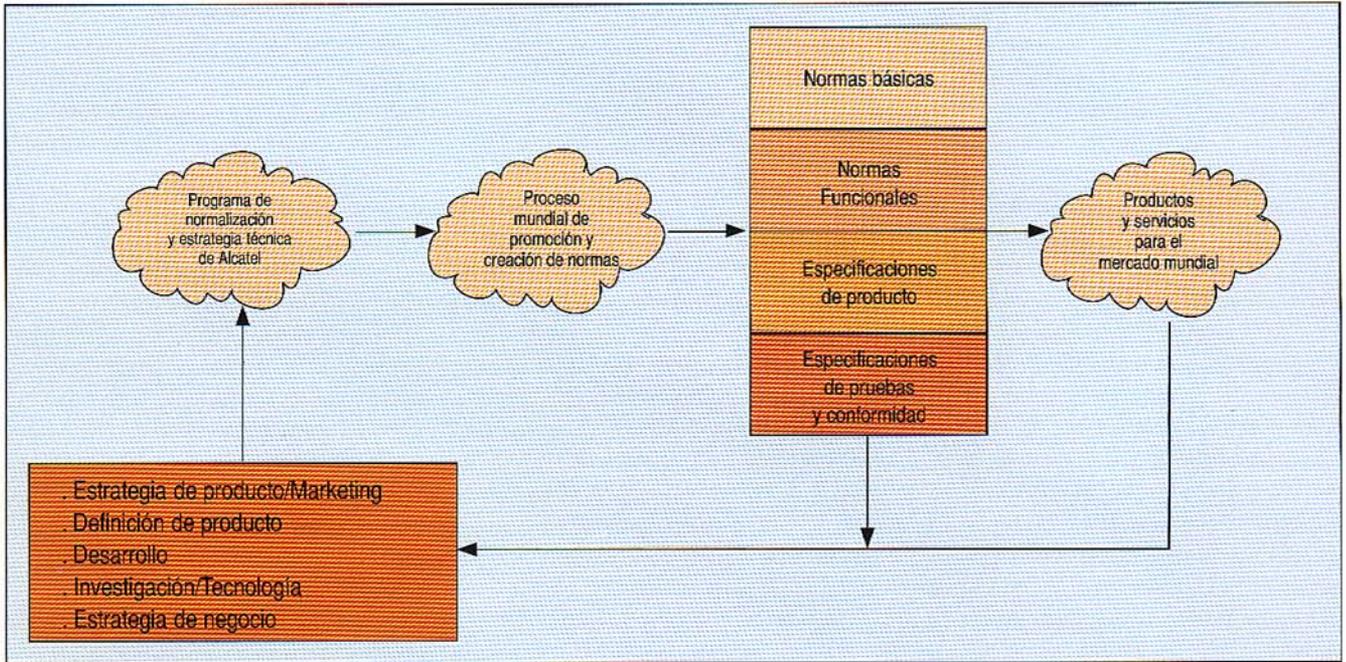


Figura 4 - Bucle del "mercado de normas"

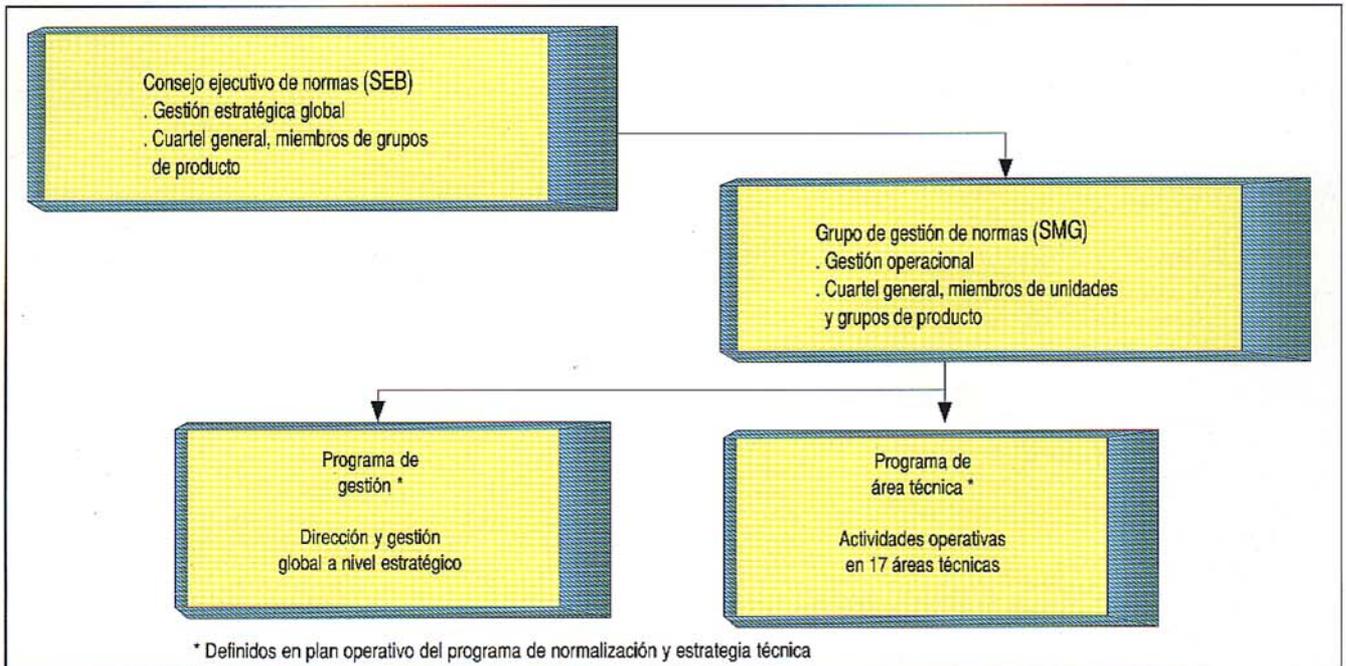
do. Está dirigido por el consejo ejecutivo de normas, que está formado por ejecutivos senior de todos los principales sectores de producto de Alcatel. La gestión diaria es responsabilidad del grupo de gestión de normas, el cual incluye representantes de compañías y grupos de producto (Figura 5).

La coordinación técnica está supervisada por los coordinadores de áreas técnicas, los cuales son responsables de 17 áreas técnicas, que incluyen los sistemas de RDSI de banda ancha, de radio móvil, de transmisión, de cable y de satélite (Figura 6). Los coordinadores de grupo de producto y de nor-

mas de la compañía cooperan de acuerdo a responsabilidades y papeles cuidadosamente definidos.

El compromiso de Alcatel para la normalización será sólo posible como resultado de un estrecho trabajo en equipo entre todas las compañías del grupo.

Figura 5 - Programa de Normalización y Estrategia Técnica: estructura interna



\* Definidos en plan operativo del programa de normalización y estrategia técnica

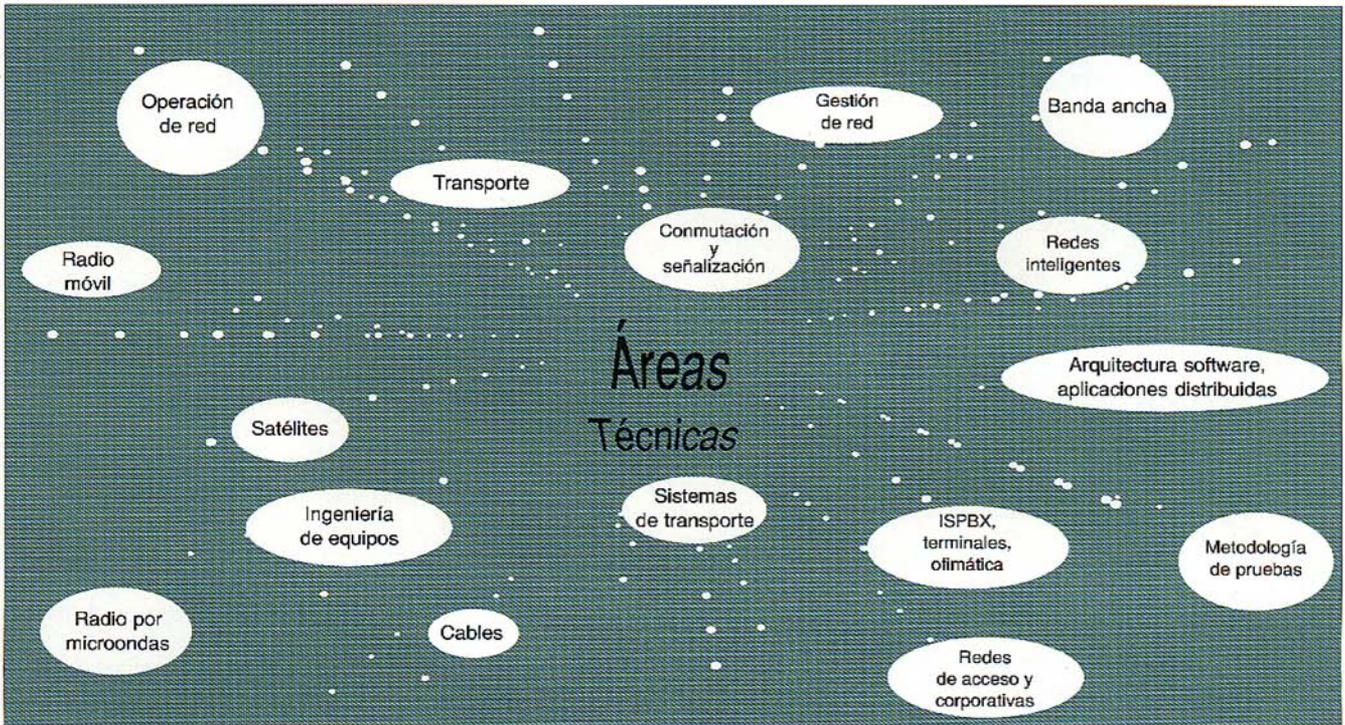


Figura 6 - Programa de Normalización y Estrategia Técnica: galaxia de áreas técnicas

**Permanecer en contacto con nuestros clientes mediante la generación de normas**

Un estrecho contacto con nuestros clientes de todo el mundo asegura que todas nuestras sugerencias al proceso de normalización tienen en cuenta sus necesidades.

Un plan operativo de normalización y estrategia técnica, publicado anualmente, expone los aspectos que son cruciales a los intereses de nego-

cio futuros de Alcatel. Los recursos se pueden canalizar hacia aquellas áreas donde serán más útiles y donde darán lugar a los beneficios más grandes para nuestros clientes y para la compañía (Tabla 1).

El principal objetivo de la normalización es, naturalmente, asegurar que los productos y los servicios son compatibles - requisito esencial para los usuarios y para el establecimiento de una red mundial. En una compañía como Alcatel, la normalización puede

también aumentar nuestro acceso a los mercados mundiales y a la inteligencia del mercado, reducir los costes de desarrollo e ir a economías de escala, lo que beneficia de nuevo a los clientes (Figura 7).

Hay también una serie de ventajas menores obvias. Por ejemplo, la participación en la fase previa de normalización (que considera los aspectos estratégicos, las nuevas arquitecturas e interfaces, los escenarios evolutivos, etc.) permite a la corporación identifi-

Tabla 2 - Creación del trabajo de proceso de normas por Alcatel

**Creación del trabajo de proceso de normas por Alcatel**

El proceso de establecimiento de normas mundiales está produciendo decisiones estratégicas críticas que afectarán al futuro de las telecomunicaciones y, por tanto, al del negocio de Alcatel. La estrategia y los objetivos de la compañía para la participación en el proceso se han definido claramente para asegurar que todas sus compañías y grupos de producto trabajen conjuntamente hacia las siguientes metas comunes:

- Hacer interfaz con el proceso internacional de pre-normalización y de normalización
- Asegurar una ventaja competitiva mediante una participación selectiva
- Influir en la pre-normalización, la cual refleja las tendencias emergentes en las telecomunicaciones
- Influir en las normas emergentes para asegurar que cumplen las necesidades de nuestro clientes
- Obtener más rápidamente especificaciones de producto utilizando el trabajo hecho fuera de Alcatel
- Asistir al desarrollo del producto y a las actividades de investigación relacionadas obteniendo la información lo más pronto posible
- Asegurar que la estrategia de negocio se establece con el conocimiento total de las decisiones de pre-normalización y normalización
- Explotar y promocionar el portafolios de los derechos de propiedad intelectual de Alcatel (esto es, promocionar una política de "think patents")

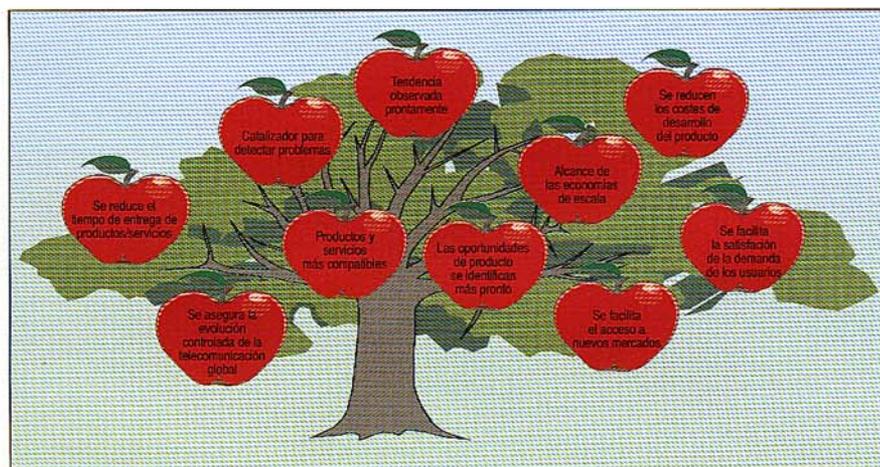


Figura 7 - Los frutos de la normalización internacional

car los principales problemas en las primeras etapas. Como resultado, la compañía puede adoptar las posiciones internas apropiadas y considerar nuevas oportunidades de producto durante la etapa formativa de normalización. Esto también ayuda a Alcatel a reducir el tiempo de entrega de diseño y de fabricación de los productos.

Alcatel tiene amplios contactos con sus muchos clientes de todo el mundo. De esta forma las sugerencias de la compañía a los organismos de normalización mundiales pueden reflejar totalmente sus necesidades.

## Conclusiones

Pase lo que pase en el futuro de la industria de las telecomunicaciones, la normalización continuará jugando un importante papel. El éxito de cualquier nuevo sistema de comunicaciones dependerá de la participación de los principales actores en el desarrollo de las normas y en el seguimiento que hagan de ellas una vez establecidas. Esto es esencial para asegurar que los usuarios pueden aprovecharse rápidamente de las nuevas tecnologías y actualizarlas sin problemas y a coste razonable en el futuro.

El campo de normalización ya no es sólo un club de expertos técnicos sino que es un fuerte entorno comercial en el cual todos los actores comerciales intentan imponer sus necesida-

des. Aunque la normalización ofrece muchas oportunidades hay, no obstante, posibles amenazas, peligros y desventajas para los no iniciados. Las estrategias competitivas de normas deben desarrollarse cuidadosamente como parte integral del negocio si se quieren evitar los peligros. La normalización puede contribuir significativamente en la "creación de un negocio" ó en la "destrucción de un negocio".

Para el futuro Alcatel planea seguir desarrollando un proceso interno de normalización "dirigido al negocio" limitando nuestras acciones a aquellas áreas que no sólo soporten nuestros propios objetivos de negocio sino que mejoren también el desarrollo del negocio de nuestros clientes.

Finalmente, el proceso de ingeniería, los procesos y la estructura de normalización global continuarán siendo una prioridad de Alcatel. La mejora de la existente maquinaria mundial de creación de normas es una necesidad si se alcanza la demanda de mercado de unas normas "más rápidas, más baratas y mejores".

## Bibliografía

- 1 J. Bursztejn: El futuro de las comunicaciones móviles: interoperatividad y/o convergencia; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er. Trimestre 1994 (este número)
- 2 B. Louvet: Integración de satélites en las redes de banda ancha; *Comunica-*

*ciones Eléctricas*, 3er. trimestre 1994 (este número)

- 3 J. Chesnoy, B. Clesca, R. Heidemann, B. Wedding: Transmisión a velocidad ultra-elevada para el siglo XXI; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er. Trimestre 1994 (este número)
- 4 J.D. Calvet, S.R. Treves, W. Verbiest: Evolución de las comunicaciones de video interactivo; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er. trimestre 1994 (este número)

**Brian Kearsley** nació en 1948 en Londres, Inglaterra. Obtuvo un grado de primera clase B.Sc. en ingeniería eléctrica y electrónica y un grado M.Phil en ingeniería de la información. Después de trabajar varios años en ingeniería de electrónica de potencia con Enfield Standards Power Cables y GEC Rectifiers en el Reino Unido, entró en British Telecom en 1973, donde tuvo varios cargos técnicos y de gestión. En 1984 pasó a ITT Europa y después a Alcatel en 1987. Actualmente es director responsable de la Normalización y Estrategia Técnica de Alcatel en todo el mundo, involucrado, a lo largo de todo el mundo, en normalización. Es un ingeniero profesional en el Reino Unido y es miembro del instituto de ingeniería eléctrica (IEE).

**Loïc Etesse** nació en 1949. Obtuvo su título de ingeniero en ENAC y ENSAE en Toulouse, Francia. Después de trabajar tres años en CNRS, pasó a CNET en Lannion en 1976. Tras estudiar factibilidad operacional de centrales telefónicas automáticas, fue asignado al estudio y especificación de la RDSI (donde participó en el proyecto RENAN) y después a las redes de banda ancha. De 1985 a 1989 participó en la normalización de las redes de banda ancha con tecnología ATM. En 1989 entró en el departamento de investigación y desarrollo de Alcatel, como miembro del "Programa de Normalización y Estrategia Técnica", a cargo de las actividades de normalización del grupo Alcatel. Dentro de este programa, tiene la responsabilidad específica de la gestión de la estructura de coordinación y de la coherencia de la posición de Alcatel en términos de estrategia de producto.

# 2005: Una visión de la red del futuro

**T. Van Landegem, M. De Prycker**  
**F. Van den Brande**

Alcatel Corporate Research Centre, Amberes, Bélgica  
Alcatel Public Switching Systems, Zaventem, Bélgica

## Introducción

Este artículo proporciona una visión de la red de información global para el año 2005, y describe lo que nosotros vemos como los principales factores impulsores. La comunicación en el año 2005 estará caracterizada por hombres y máquinas que intercambian información de una manera sencilla, fiable, segura y económica en cualquier momento y lugar, usando los medios a su elección, ya sean, voz, imagen, datos o multimedia.

Recientes estudios económicos cuantifican las predecibles ventajas de tal visión. Un estudio de Arthur D. Little de 1991 sugiere que las redes de información representan el "combustible alternativo". El estudio concluye que si la teleconferencia, telecompra, teletrabajo e intercambio electrónico de documentos reemplaza del diez al veinte por ciento del transporte en los Estados Unidos, se eliminarían:

- el transporte diario de seis millones de viajeros
- aproximadamente trescientos mil millones de peticiones de compra anuales
- casi trece millones de viajes de negocios al año
- más de novecientos millones de kilómetros de fletes (p. ej., correo) por tierra y aire anuales.

Una aproximación conservadora estima que esta sustitución de viajes y transportes por las redes de información podrían suponer unos dieciocho mil millones de ECUs, ¡o sea doce mil millones de ECUs más que el ahorro proporcionado anualmente por el uso de combustibles alternativos!. Esta estimación incluso no tiene en cuenta el

potencial aumento en la productividad individual como resultado del teletrabajo, ¡estimado en un cinco a un cuarenta por ciento, dependiendo de la función!.

En 1992, A. D. Little realizó un estudio acerca de la necesidad de la RDSI-BE/RDSI-BA en aplicaciones médicas como la consulta a distancia, los sistemas de información de hospitales, y reclamaciones de los asegurados, la conclusión fue que se podrían ahorrar anualmente 25 mil millones de ECUs.

Con este gran panorama se está estudiando la red de información del año 2005, caracterizada por su naturaleza de banda ancha e inteligente. Las características necesarias de esta red no son en ningún caso utópicas, como se ha evidenciado en diferentes tendencias del mundo actual de las telecomunicaciones.

## Algunas de las tendencias en el mundo actual de las telecomunicaciones

### ¿Quiénes son los actores y cuáles sus estrategias?

Los cambios en el negocio de las redes de telecomunicaciones nunca han sido tan rápidos como en la actualidad: Lo más probable es que no disminuyan en un predecible futuro, sino todo lo contrario. Los actores son múltiples, incluyendo reguladores, proveedores de redes y servicios y suministradores de equipos.

Las estrategias de los reguladores son la creación de las condiciones para una competencia equitativa en el suministro de servicios de telecomunicaciones, basadas en la premisa de que darán como resultado un mejor servicio al usuario final y que estimularán la

economía para la producción de muchos bienes y servicios útiles.

Los principios de estrategia de los operadores son bastante sencillos: minimizar los costes del ciclo de vida e incrementar las ventas introduciendo y comercializando nuevos servicios. El alcance y la manera como se realice depende de la competencia existente, de la infraestructura y red, así como de sus capacidades financieras.

Para los operadores de telecomunicaciones actuales la reducción del coste del ciclo de vida significa en primer lugar una reducción sustancial en el coste de propiedad de su actual red, que lleva a una drástica reestructuración de la red (y de la compañía). En el proceso modernizarán la red para adecuarla a los servicios y negocios que aparecerán en las próximas décadas.

La reestructuración de la red suele implicar una gran reducción (hasta veinte y más veces) en el número de centrales locales de conmutación, creando muchas menos (aunque mucho más grandes). Esto reducirá la necesidad de centrales de tránsito con el resultado de que al menos un nivel de la jerarquía de la red puede ser eliminado. Esto, junto con la introducción de la transmisión de fibra para larga distancia, de alto rendimiento y rentabilidad, y de sistemas de transconectores conducirá a redes de conmutación "planas" con un encaminamiento del tráfico no jerarquizado.

En el otro lado del negocio, los esfuerzos se dirigen al incremento de las ventas. Se crean por ello nuevos generadores de beneficios, aparte de los servicios domésticos y de empresas actuales, abriendo la red a los suministradores de servicios (p. ej., los servicios de televisión y vídeo) e introduciendo los servicios de red inteligente.

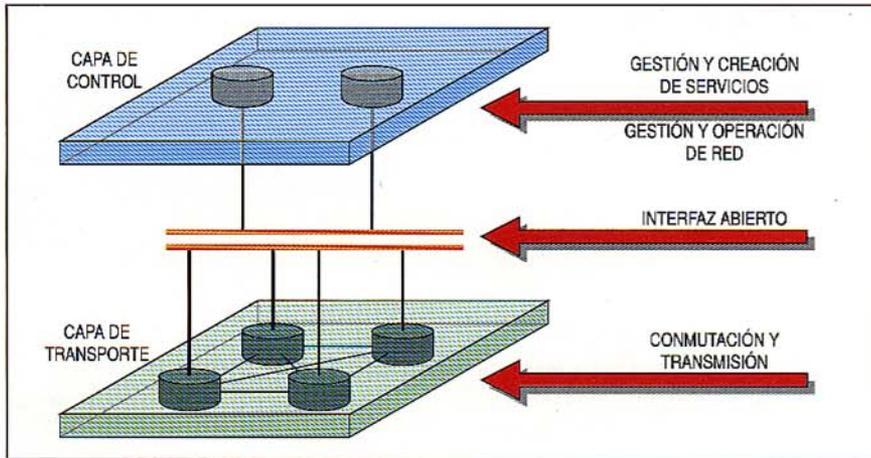


Figura 1 - Modelo de red

Sin embargo, tales servicios requieren substancialmente mayores capacidades de anchura de banda en la red de acceso que las que los existentes pares de cobre son capaces normalmente de proporcionar. Consecuentemente, los operadores de telecomunicaciones tienden a reemplazar gran parte de sus redes de acceso por fibra lo más rápido posible según sus intereses; sin embargo tienen grandes dudas acerca del reemplazamiento del cobre por nuevo cobre. Cuando la planta de cobre es demasiado nueva para ser renovada los operadores investigan la factibilidad de transportar los servicios de banda ancha sobre pares de cobre por medio de técnicas de bucle de abonado digital asimétrico de alta velocidad (ADSL).

Los operadores de red móvil ven sus redes y negocios expandirse muy rápidamente. Al tiempo que proporcionan un servicio que los operadores de la red fija no proporcionan normalmente, no dudan en competir fuertemente con ellas, a menos que el operador de telecomunicaciones esté también autorizado a suministrar telefonía móvil. En este caso lo que sucede es que los abonados del operador de telecomunicaciones reemplazan su segunda línea por una móvil cuando se dispone de los servicios de telefonía móvil. Esto da como resultado el que los operadores de red móvil generen un tráfico adicional sobre la red del operador de red fija, por el que son tarifados. La estrategia de los opera-

dores móviles es incrementar su radio de cobertura y enriquecer su oferta de servicios (p. ej., correo de voz) para alcanzar o mantener una ventaja competitiva.

En otro frente, los operadores de redes de cable están modernizando sus clásicas plantas introduciendo fibra óptica, para reemplazar grandes partes de la red coaxial. Esto reduce sus costes de operación y mejora la calidad y disponibilidad de la señal de TV para el usuario final. Cuando se lo autorizan los reguladores, los operadores de redes de cable se benefician de ello para embarcarse en ofrecer telefonía convencional, datos de banda estrecha y vídeo interactivo bajo demanda (VOD) a sus abonados. Para suministrar estos nuevos servicios, la red de cable ha de transformarse en bidireccional. Además, los operadores de redes de cable, probablemente, necesitan todavía los servicios de los operadores de telecomunicaciones o de otros operadores de larga distancia para el transporte de estos servicios interactivos más allá de los límites de su concesión territorial de cable. Pueden o no tener sus propios conmutadores locales para la conmutación del tráfico local y para interfaz con las redes de telecomunicación. Si no los tienen, son simplemente suministradores de accesos mientras el teleservicio real es suministrado por otras compañías.

Además de las compañías de redes de cable, algunas compañías de ferro-

carriles y de servicios públicos entran en el negocio de las telecomunicaciones, aprovechando sus infraestructuras y derechos de uso. Están considerando extender sus propias redes privadas para ofrecer servicios de telecomunicaciones a terceros. A diferencia de las compañías de cables y operadores de telecomunicaciones, no tienen redes de acceso bien establecidas. Para atraer el tráfico sobre sus facilidades de transporte y obtener beneficios, tienen que construir sus propias redes de acceso o vender sus servicios de transporte a otros suministradores de telecomunicaciones o, por ejemplo, a redes corporativas privadas.

Otro factor que debe ser tomado en consideración en este cambiante mundo de las telecomunicaciones es el papel de los organismos de normalización [4]. Los conceptos de suministro de redes abiertas (ONP) está transformando el modelo tradicional de la red en uno (Figura 1) que separa las funciones de transporte (conmutación y transmisión) y las funciones de control (creación y gestión de servicios, operación y gestión de red). En tal modelo cada capa se convierte en una entidad operable que ofrece sus servicios a la capa superior en una relación cliente-servidor. Por ello, los interfaces de capa abiertos y la intercomunicación entre capas son aspectos fundamentales para todos los actores implicados en las telecomunicaciones y resalta la necesidad de la normalización. La participación continuada de todas las partes implicadas en los principales institutos de normalización (p. ej., el ITU) y foros (p. ej., el foro ATM) es por tanto una necesidad.

Los suministradores de equipos de telecomunicación globales, que han estado trabajando en un entorno competitivo desde sus comienzos, y que se han visto forzados constantemente a apoyarse en una operación eficiente al tiempo que producían productos de calidad, ven como la competencia es cada vez más fuerte, ahora que incluso está llegando a sus principales clientes tradicionales. La estrategia de los suministradores está en establecer alianzas estratégicas de forma que la

gama completa de tecnologías y productos requeridos para el suministro de los sofisticados servicios de telecomunicaciones puedan ser adecuadamente compartidos y eficientemente cubiertos. Además, los suministradores se convierten en planificadores e integradores de redes ayudando a los nuevos clientes a compartir sus redes, y proporcionando servicios de entrenamiento para la operación de red.

**¿Cual es la demanda de servicio?**

Los indicadores de mercado apuntan cada vez más hacia un incremento de las necesidades de telecomunicación tanto para vídeo como para datos, así como de nuevas aplicaciones.

**Demanda de comunicación de imágenes**

- El 2005 se caracterizará por una inmensa demanda de transmisión de imágenes en el sentido más amplio de la palabra. Existe una clara tendencia de llevar un creciente número de servicios de vídeo al hogar a través de las telecomunicaciones. Tales servicios serán necesarios para justificar la red de banda ancha, al tiempo que serán los que tendrán que generar los necesarios beneficios económicos. La **Figura 2** muestra las velocidades de transmisión requeridas y los tiempos de ocupación para una serie de servicios típicos de vídeo.

Las películas digitales bajo demanda de calidad normal (1 a 2 Mbit/s) y la televisión de alta definición (HDTV) (15 a 20 Mbit/s) serán una realidad en el año 2005. Los abonados podrán seleccionar desde su sillón la película deseada, ya sea para su entretenimiento, educación, o información. Además, los abonados podrán realizar la compra desde casa, jugar, etc. La evolución en el campo de las memorias, como discos duros, CD-ROM ó DAT, permitirá el diseño rentable de servidores de vídeo que ofrezcan a los usuarios programas de vídeo bajo demanda.

La videoconferencia es popular entre los hombres de negocios. Se perfila como una alternativa rentable al transporte del personal y ayudará a la introducción del televiaje.

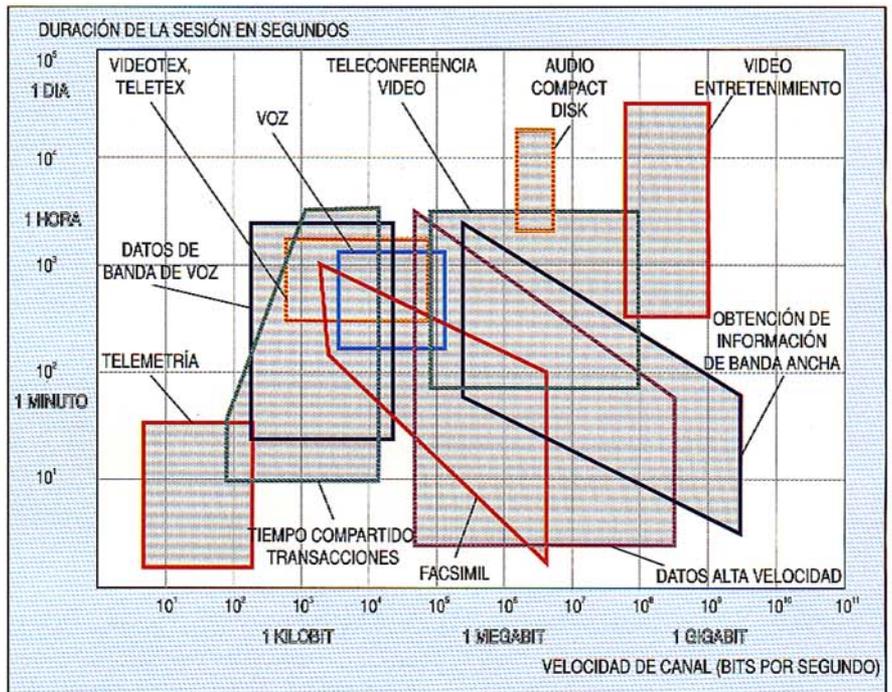


Figura 2 - Necesidad de banda ancha para el tráfico de vídeo

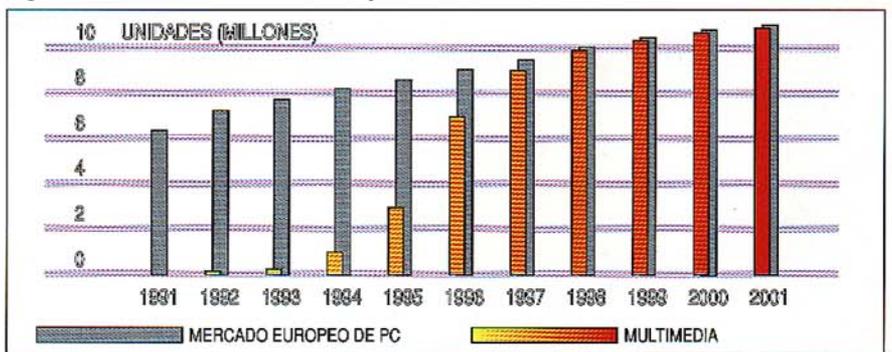
**Demanda de nuevos servicios**

- Los servicios que están rápidamente ganando en importancia son los servicios de multimedia que incluyen los componentes básicos del futuro servicio de banda ancha: voz, imagen, vídeo y datos. La red del año 2005 tendrá la flexibilidad necesaria para ofrecer al usuario servicios de multimedia en su PC de consola. Este PC multimedia es un instrumento multifuncional que servirá como dispositivo de interfaz de usuario a la red 2005. Soporta una combinación de comunicación de datos, voz y vídeo para un gran número de aplicaciones incluyendo teléfono, videoteléfono y telefax, teleeduca-

ción, teleacceso a agencias de viajes, servicios de Bolsa, etc. Las previsiones muestran un claro aumento en las aplicaciones de multimedia como se indica en la **Figura 3**: en el año 2005 casi todos los PC usarán multimedia.

El usuario de telecomunicaciones en el 2005 requerirá más y más servicios de red específicos y personalizados. Los usuarios privados querrán un servicio que emule una red privada por encima de la red pública, la llamada VPN (red privada virtual). Las VPN pueden ofrecer a las empresas una ventaja competitiva estratégica a un coste total menor. La mayoría de estos servicios personalizados serán sopor-

Figura 3 - Mercado multimedia europeo



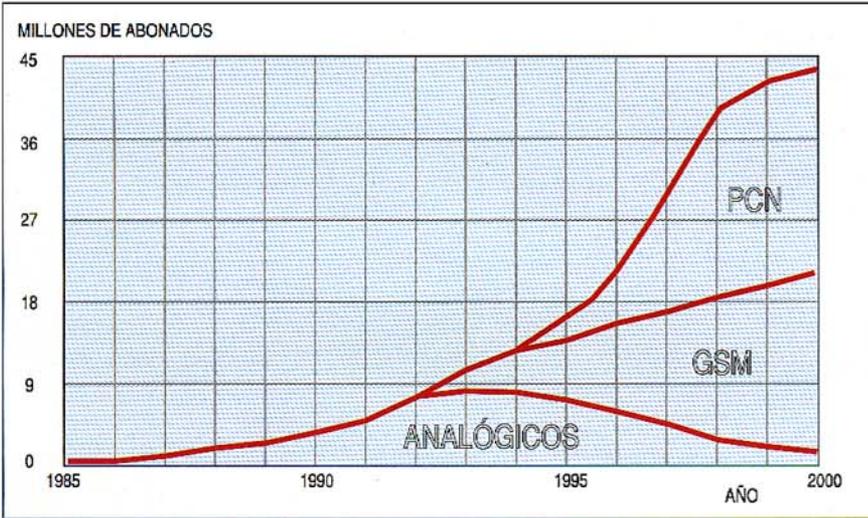


Figura 4 - Evolución de la densidad de abonados móviles en Europa

tados por aplicaciones de red inteligente (IN). Ya hoy se está viendo la rápida introducción de aplicaciones de redes inteligentes tales como el servicio de cobro revertido automático y las llamadas telefónicas con tarjetas de crédito.

**Demanda de movilidad** - La penetración de la comunicación sin hilos en el 2005 estará generalizada. Las previsiones indican que para comienzos del próximo siglo habrá 40 millones de usuarios de la telefonía sin hilos solamente en Europa Occidental (Figura 4). La movilidad estará soportada por un sistema móvil de tercera gene-

ración llamado UMTS (sistema universal de comunicaciones móviles). El sistema UMTS apunta a una total integración de los actuales sistemas móviles de segunda generación como DECT (teléfono sin hilos europeo digital), GSM (sistema global para comunicaciones móviles) y PCS (servicio de comunicación personal) así como de la parte de radio de la red afectada. El sistema UMTS persigue la integración total de la red pública móvil con la red RDSI de banda ancha. El UMTS soportará también las comunicaciones multimedia sin hilos.

La contribución de un sistema universal de telecomunicaciones móviles

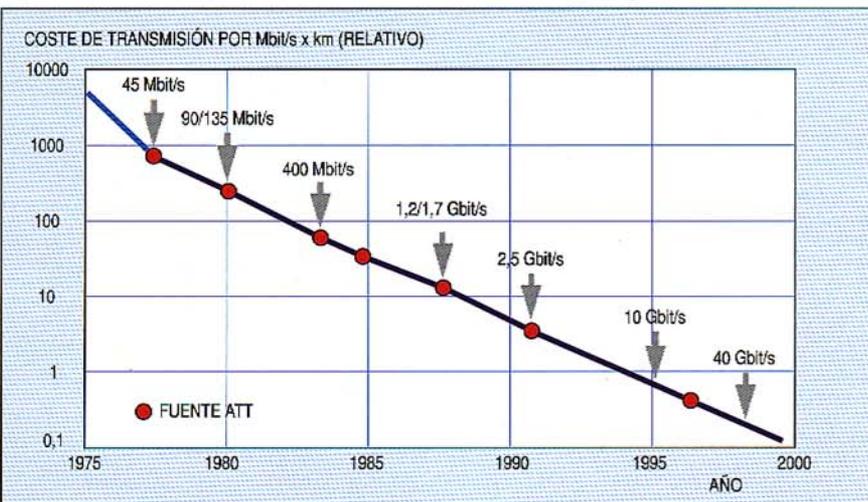
está creciendo: los primeros movimientos se dirigen hacia una PCN (red de comunicaciones personales) basada en GSM y/o DECT. El UPT (telecomunicación personal universal) jugará un importante papel como posibilitador de la movilidad personal. El sistema UPT es el precursor de un sistema que garantice la movilidad de tal forma que el usuario pueda ser llamado para una comunicación personal marcando su número personal, cualquiera sea el lugar donde se encuentre.

En el 2005 los sistemas de satélites completarán la infraestructura de la red para garantizar una cobertura universal. Los satélites harán esto posible para servir las áreas menos accesibles, así como para alcanzar una rápida y completa cobertura del territorio. Globalstar e Iridium, ambos enfocados en la comunicaciones universales móviles, apuntan hoy en esta dirección.

**Demanda de redes de área local** - La siempre creciente demanda de potencia de proceso por un lado y la sustitución de los grandes ordenadores por estaciones de trabajo y PC por el otro, explican la creciente demanda de redes que conecten dichos ordenadores distribuidos. La rentabilidad del uso de recursos comunes de impresión, bases de datos y otros servidores se unen a estas demandas. Estas redes de área local son tan populares que han formado una estructura en tela de araña en los actuales edificios de oficinas. Es casi imposible imaginar una vida en los negocios sin ellas.

Las redes locales que se ofrecerán en el año 2005 no tendrán en consideración las actualmente populares LAN (redes de área local) Token Ring y Ethernet. Dichas redes estarán basadas en las más rápidas LAN de FDDI (interfaz de distribución de datos por fibra) de 100 Mbit/s y de ATM de 50 Mbit/s y 150 Mbit/s definidas en el foro ATM. Siguiendo al éxito de la telefonía sin hilos, las LAN sin hilos (con velocidades que superan los 10 Mbit/s) conquistarán una parte del mercado. Las aplicaciones grandes y que necesitan de gran anchura de banda requerirán todavía las LAN cableadas

Figura 5 - Tendencia de los costes en la transmisión de ondas ópticas



**Demanda de servicios de datos -**

Dada la popularidad que tendrán las redes de área local de alta velocidad en el 2005 y la presencia de mega-corporaciones con filiales distribuidas por todo el mundo, habrá una creciente necesidad de intercambio masivo de información entre esas filiales a través de la red pública. La red 2005 proporcionará estas vías de información transportando cientos de Mbit/s entre estaciones de trabajo situadas a miles de kilómetros de distancia: la barrera de la distancia de las redes de área local desaparecerán sin ninguna degradación de su rendimiento. Esto último impone rigurosos requisitos a la red: una información transferida desde una estación de trabajo en Bruselas y una posición remota situada en Tokio podrá ser muy corta en tiempo (subsegundos) pero necesitará una gran anchura de banda (megabit). Un momento después, los mismos recursos de la red podrán ser utilizados por otra comunicación entre otros dos lugares durante otro corto periodo de tiempo.

Para este fin, las técnicas de comunicación de datos sin conexión usadas en las redes de área local estarán también disponibles en la red pública. Este servicio público de datos sin conexión podrá basarse en los actuales CBDS (servicio de datos de banda ancha sin conexión), SMDS (servicio de datos multimegabit conmutado) ó en una versión mejorada de IP (protocolo Internet) sobre ATM. Además del requerido rendimiento, la red del 2005 ofrecerá también facilidades suplementarias como la verificación de la dirección para grupos cerrados de usuarios (redes privadas virtuales).

**Tendencias tecnológicas**

El mundo actual de las telecomunicaciones se caracteriza por un progreso técnico enorme y una tendencia creciente en la caída de los costes. Esto se materializará en el 2005 en una red de telecomunicaciones con bajos costes de transmisión y conmutación por un lado y con un alto rendimiento por otro.

Una visión general de la evolución de las principales tecnologías se muestra en [1]. Sólo indicaremos algunos

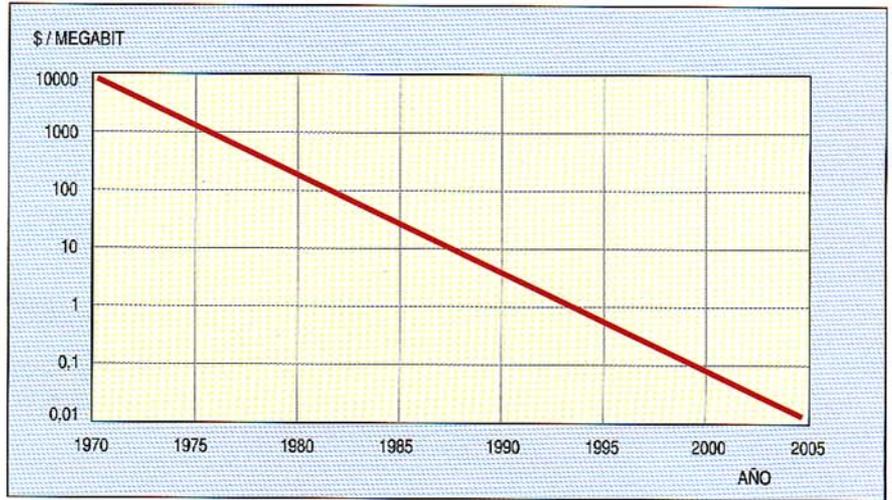


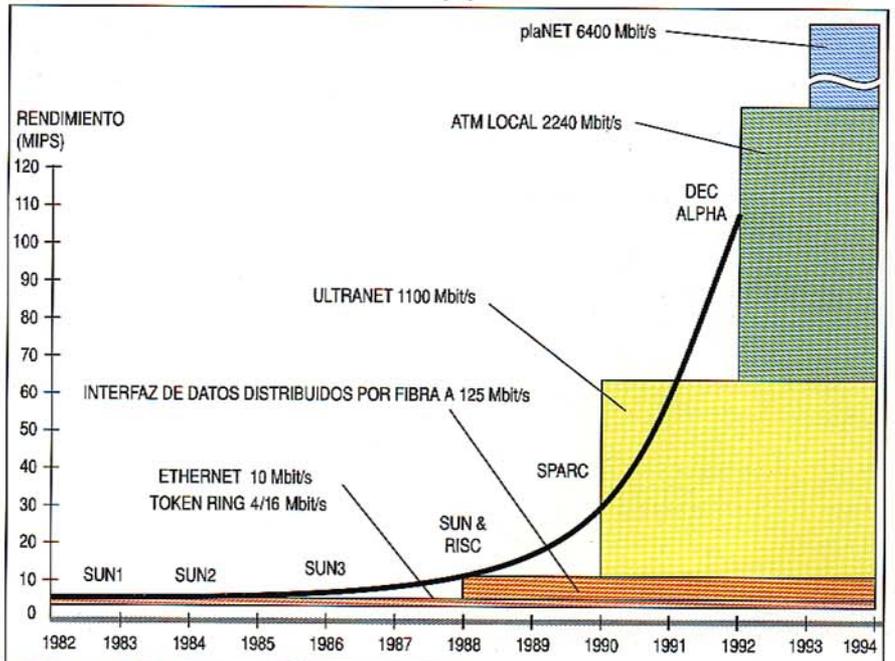
Figura 6 - Evolución del coste medio de las memorias

ejemplos típicos que indican las principales tendencias. El coste relativo de la transmisión (velocidad x distancia como se muestra en la Figura 5) con la fibra óptica está disminuyendo, lo que indica que el coste de las telecomunicaciones se está haciendo virtualmente independiente de la distancia y ligeramente dependiente de la velocidad (excluyéndose los costes de las obras civiles y de los trabajos de planta exterior). La tendencia decreciente del precio comercial de las memorias

(Figura 6) coincide con una mejora en el rendimiento de las máquinas que utilizan dichas memorias: en el 2005 este se acercará a los Gips (1000 Mips), las estaciones de trabajo serán más potentes y las redes locales soportarán cada vez velocidades más altas (Figura 7).

Junto a la caída de los precios de la conmutación como consecuencia del abaratamiento de las memorias existe una cada vez mayor complejidad de los chips. La siempre creciente integración conduce a unos chips con proce-

Figura 7 - Tendencia en estaciones de trabajo y LAN



ción conduce a unos chips con procesos electrónicos muy complejos que lleva a su vez a una revolución en las comunicaciones como la que estamos conociendo hoy.

**Impacto de estas tendencias en la arquitectura de la red**

La evolución descrita anteriormente tiene un considerable impacto en la futura arquitectura de la red. La red del 2005 presentará como principales características las siguientes propiedades:

- ser de banda ancha (debe soportar todo tipo de servicio, multimedia y diferentes velocidades, p. ej., cada abonado tendrá unos pocos Mbit/s a su disposición, pero en la red interurbana se requerirán cientos de Mbit/s y Gbit/s)
- garantizar conectividad e interoperatividad universal
- ofrecer capacidad de acceso a nivel mundial a todas las posibles fuentes de información cualquiera sea el

medio de comunicación y almacenamiento que se utilice

- ser flexible para soportar los requisitos de usuarios
- ser consistente, fiable y segura
- ser capaz de acceder tanto a personas como a posiciones geográficas
- tener un mecanismo flexible de asignación de anchura de banda que soporte toda la gama de servicios
- ofrecer un entorno flexible para la operación pública y privada, y operación con y sin hilos
- tener una gestión de red flexible.

La técnica ATM, presentada por el ITU como la técnica de transferencia para la futura red de banda ancha, ofrece la necesaria flexibilidad al operador de red y al usuario de las telecomunicaciones. Algunas características de la red del 2005 se describen brevemente a continuación (Figura 8).

**El módulo básico: la técnica ATM**

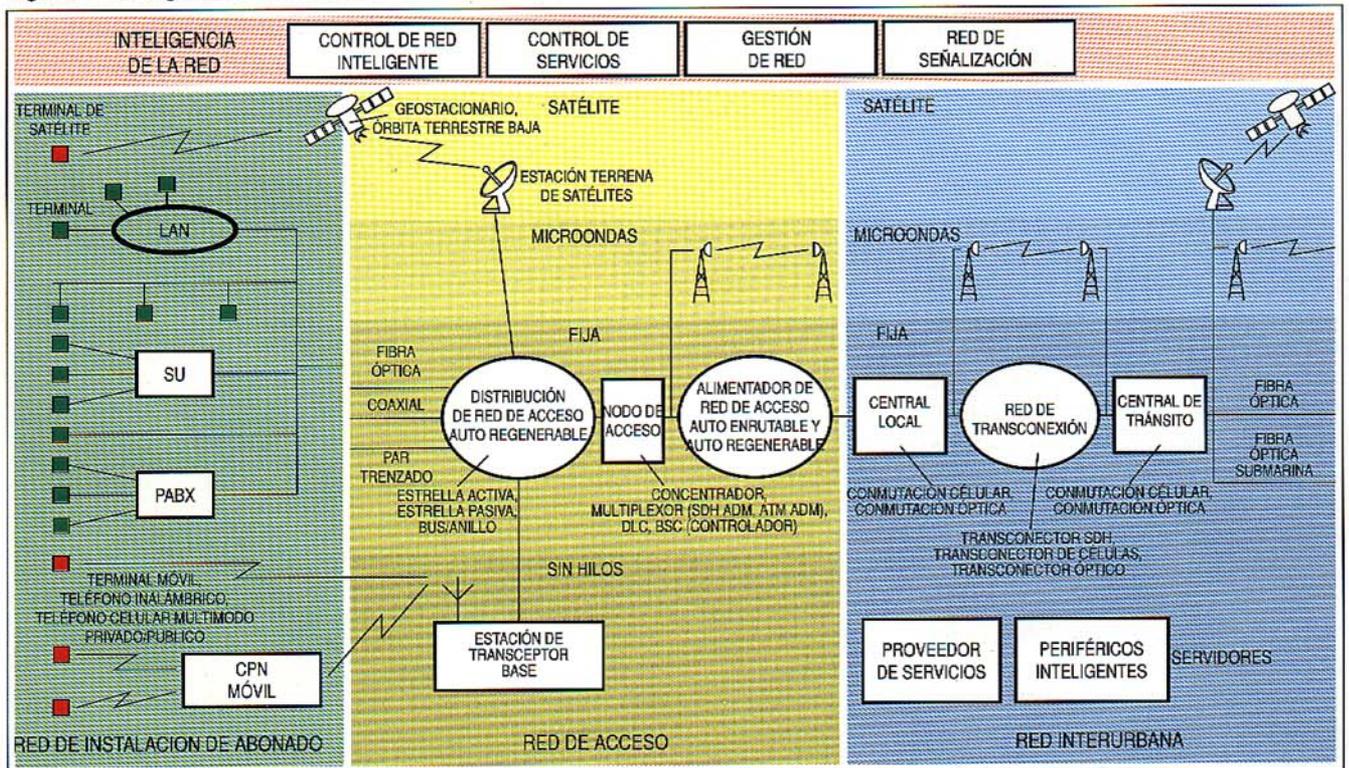
La red del futuro estará basada en la técnica ATM [2]:

- ATM permite el soporte flexible de cualquier tipo de servicio. Una red universal que sea capaz de transportar todos los servicios es también capaz de adaptarse a cambios o nuevos requisitos.
- Los nuevos servicios se pueden incorporar fácilmente
- Toda la capacidad de anchura de banda puede ser compartida entre todos los servicios, consiguiéndose una utilización óptima de la anchura de banda disponible
- Como solo se necesita desarrollar, producir y mantener una técnica de red, el coste total puede ser menor.

**Los módulos de la red de transporte**

En la red de transporte ya no existe una clara distinción entre la transmisión tradicional y el equipo de conmutación. La red de transporte estará constituida por entidades de red que operarán de acuerdo con una estructura de capas. El SDH (jerarquía digital síncrona) se usa para gestionar las facilidades de transmisión, mientras el

Figura 8 - Configuración de referencia de la red 2005



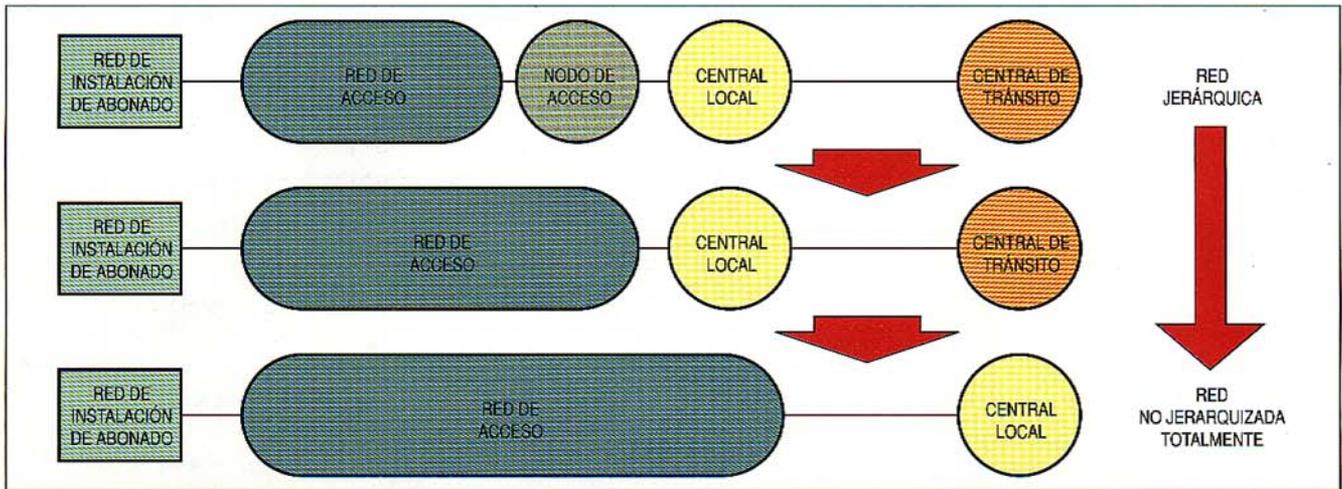


Figura 9 - Evolución hacia las redes no jerarquizadas

ATM se utiliza para el transporte y enrutamiento de la información de usuario sobre esas facilidades de transmisión. Los sistemas de enrutamiento óptico (p. ej., transconectores ópticos) aparecen en la red interurbana soportando caminos semipermanentes de enorme anchura de banda. La red interurbana evolucionará gradualmente hacia una red principal óptica transparente.

Aunque estos componentes de red son más fiables que nunca, hay una creciente necesidad de las llamadas redes automantenidas. Esto significa que detectan faltas, las aíslan para que no interfieran las aplicaciones en ejecución y entonces inician las acciones para su reparación. Esta propiedad se requiere específicamente debido a que el impacto de las faltas en los nuevos sistemas es mayor que anteriormente. Debido por una parte al incremento de las posibilidades de integración, y a las mayores anchuras de banda de las líneas de transmisión por otra, las faltas tienen, aunque excepcionalmente, un impacto más drástico sobre la calidad ofrecida por la red. Los sistemas de anillos automantenidos y el sistema de doble conexión del abonado a diferentes centrales de la red de acceso, así como los algoritmos de autoprotección en la red interurbana mallada son tecnologías a elegir para la supervivencia de la red.

La reestructuración de la red apuntando a la optimización de los costes en inversión y operación cambiará

considerablemente la forma de la red interurbana (Figura 9). Reestructurar una red implica típicamente una gran reducción del número de centrales locales. Este pequeño número de centrales locales serán mucho más grandes, soportando cada una generalmente varios cientos de miles de líneas locales. Esto a su vez reducirá la necesidad de centrales de tránsito, disminuyendo por tanto el número de niveles de la jerarquía de conmutación. La reducción en número de centrales locales y la eliminación de centrales de tránsito, junto con la introducción de sistemas de transconectores conducirá a las llamadas redes "planas".

Como resultado de la reducción de los niveles en la jerarquía de la red, los métodos de enrutamiento tradicionales basados en la jerarquía no serán ya aplicables. Se necesitan nuevos métodos de enrutamiento basados en algoritmos de enrutamiento no jerarquizados. Tales métodos de enrutamiento necesitarán una señalización sofisticada para poder obtener los estados de la red y las medidas de tráfico y poder así actualizar las tablas de encaminamiento en los nodos de la red. Además del ahorro en la inversión de capital, un enrutamiento no jerarquizado proporciona un incremento de la eficiencia de los enlaces, mejora el manejo de las fluctuaciones de tráfico e incrementa la robustez de la red.

Los últimos kilómetros de la red de transporte hacia el abonado usarán

diferentes tecnologías. La naturaleza del acceso al usuario depende de los servicios requeridos, de la infraestructura del cable subterráneo y de la accesibilidad del usuario. Las siguientes tecnologías, que incluyen técnicas de doble conexión del abonado, son posibles candidatas (Figura 10):

- Las técnicas ADSL (línea de abonado digital asimétrica) permiten que los servicios de banda ancha puedan ser suministrados sobre un simple par trenzado. La capacidad de transmisión es asimétrica ya que la velocidad en dirección al abonado (que va de 1,5 Mbit/s a 6 Mbit/s) es mucho mayor que en la dirección opuesta (16 kbit/s a 600 kbit/s). Dependiendo de las capacidades requeridas para ambas direcciones de transmisión la distancia máxima alcanzable puede variar desde 2 a 3 km (6 Mbit/s y 600 kbit/s) hasta 5,6 km (1,5 Mbit/s y 16 kbit/s). Además de la capacidad de transporte de datos a alta velocidad, el ADSL permite multiplexar la información digital sobre un canal de servicio telefónico convencional (POTS). Para llevar a cabo esta capacidad de transporte combinado digital y analógico, es necesario utilizar un código de línea de modulación de paso de banda. El código de líneas DTM (multitono discreto) se ha normalizado por el comité ANSI para los sistemas ADSL.

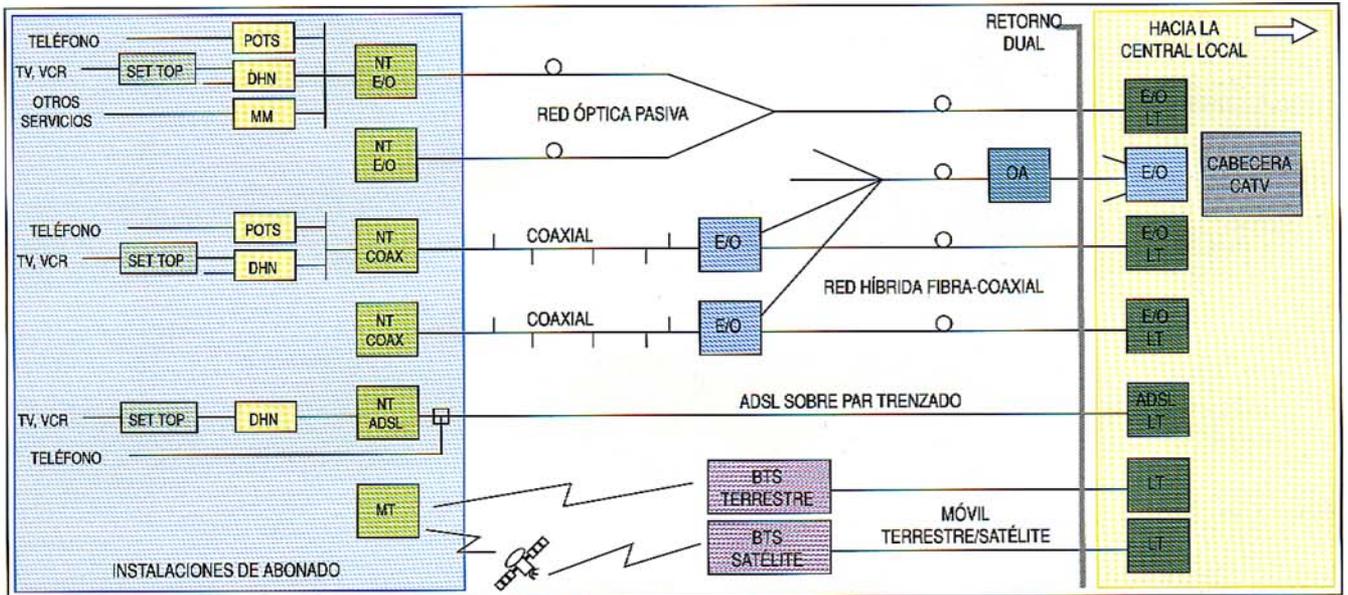
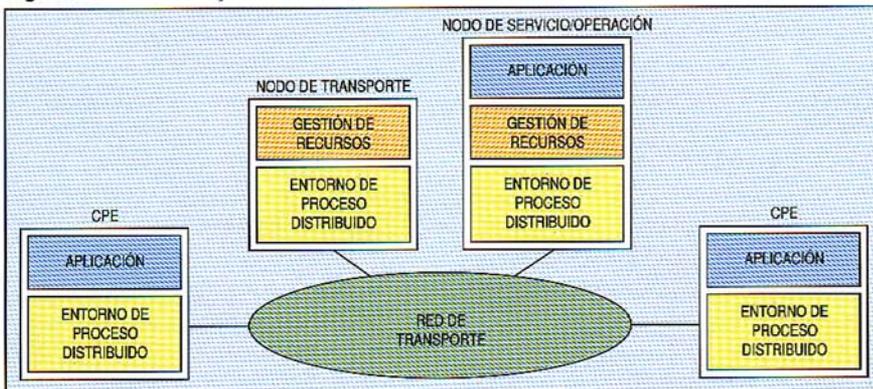


Figura 10 - Configuración de la red de acceso

- Los sistemas de transmisión óptica ya no tienen que ser necesariamente sistemas punto a punto: la información se multiplexa de una manera pasiva desde el usuario a la red y viceversa. Estas redes ópticas pasivas (PON) ofrecen una alternativa rentable al enfibramiento de la parte más cara de la red. En este punto, las PON estarán disponibles ofreciendo una capacidad de transmisión hacia el abonado de 622 Mbit/s y una capacidad en dirección opuesta de 155 Mbit/s compartida por varios miles de usuarios. Estas PON estarán basadas en ATM (APON [6]) para poder ofrecer la necesaria combinación de servicios de banda ancha.
- Las redes de TV por cable tendrán que evolucionar a redes híbridas coaxiales y de fibra soportando servicios de telefonía regular, señales de TV comprimidas digitalmente y video bajo demanda interactivo, además del servicio tradicional de emisiones de TV analógica. Para poder suministrar estos servicios, la red de TV por cable tiene que ser bidireccional. Las redes de distribución coaxial de las redes de TV serán parcialmente enfibradas, dirigiendo la fibra desde la cabecera de CATV hasta el último amplificador (llamado "hub") que sirve a unos pocos centenares de viviendas (centro de distribución coaxial). En el hub, la red CATV tiene un interfaz con la red conmutada para proporcionar servicios conmutados. Para permitir a todos los usuarios conectados acceso al cable se usa en el centro de distribución coaxial un protocolo de acceso al medio compartido. Para poder soportar nuevos servicios digitales además de la emisión de TV analógica se usa un código de línea QAM (modulación de amplitud de cuadratura) ó VSB (banda lateral vestigial).
- Junto a los medios de acceso cableados, el acceso por radio será usado para ofrecer una total movilidad a los usuarios. La movilidad esperada de la población de usuarios tendrá un considerable impacto sobre la arquitectura de la red de transporte. Si tienen que alcanzarse altas densidades de usuarios, tendrá que ser instalada una red celular mallada (con micro y pico celdas). Las redes ópticas pasivas pueden ser utilizadas para conectar las radioantenas con los centros de conmutación móvil integrados en centrales locales, realizándose así redes integradas móviles y cableadas. Adicionalmente, existe la necesidad de servir áreas menos accesibles y las zonas rurales. La cobertura por satélites de esas áreas puede ser la opción tecnológica elegida. Integrar la red de satélites

Figura 11 - TINA: Arquitectura de la red de información de telecomunicación



(como las redes Globalstar ó Iridium) con la red terrestre es igualmente necesario [3].

Para poder alcanzar tantos usuarios como sea posible de una manera eficaz en tráfico y rentable, los suministradores de servicios deberán estar también en la red interurbana [7]. Un ejemplo de estos proveedores de servicios es el servidor de VOD que ofrecerá a los usuarios una inmensa gama de programas de vídeo. Otras aplicaciones se pueden encontrar en el área de los teleservicios tales como la telecompra y la teleeducación.

### Inteligencia en la red

La red en el año 2005 será capaz de soportar todos los servicios, tanto los servicios de usuario normalizados como los servicios definidos por el usuario, así como servicios de red como la movilidad.

El usuario de las telecomunicaciones en el 2005 requerirá más y más servicios adaptados al usuario o definidos por él: p. ej., los usuarios de negocios podrán construir una red VPN sobre la red pública para poder interconectar posiciones remotas de la compañía. Flexibilidad es la palabra clave. Todo esto requiere la utilización de redes inteligentes avanzadas.

El alto nivel de movilidad de los terminales tendrá también un considerable impacto sobre la arquitectura de la red inteligente avanzada. El incremento de carga debido a las redes celulares finamente malladas, por el desplazamiento de un usuario de una celda a otra, dará lugar a un incremento de señalización en la red. Mantener el seguimiento de la posición de un gran número de usuarios requerirá grandes bases de datos y de unidades de proceso rápidas.

Un cambio igualmente importante es soportar, aparte de la movilidad de los terminales, la movilidad personal. Esta implica el poder alcanzar al usuario en todo momento cualquiera que sea el sitio donde se encuentre o el terminal que esté utilizando. Esto también tiene un impacto en la señaliza-

ción necesaria para seguir la posición del usuario, encaminar las llamadas a dicha posición y verificar si el terminal es el adecuado para el servicio requerido. Aquí se presupone que tiene que existir compatibilidad entre los implicados en la llamada: voz a voz, imagen a imagen. Donde no exista esa compatibilidad, serán necesarias máquinas traductoras.

El ATM ofrece la máxima flexibilidad en el tratamiento de la información y la señalización dentro de una red. Esto requiere una estructura de red flexible con una distribución eficiente de las unidades de proceso y de las bases de datos. Estas serán necesarias para un rápido suministro de nuevos servicios y de los ya existentes, el registro y localización de los usuarios móviles, la gestión de la anchura de banda, la información de enrutamiento, la autenticación, la verificación de la compatibilidad de los terminales, etc. Se necesitarán potentes procesadores para gestionar la enorme capacidad de anchura de banda disponible, ejecutar los "scripts" de los servicios personalizados, y soportar facilidades públicas como el cobro revertido automático, las redes privadas virtuales, etc.

La gestión de la red en el 2005 estará basada en las normas TMN (red de gestión de las telecomunicaciones). Este sistema soportará la actual operación, mantenimiento y administración así como las características de autoprotección de la red. Los sistemas de O&M no normalizados pueden ser reemplazados totalmente por el TMN.

La red del 2005 implantará una visión integrada del servicio y de la gestión de red que soportará una definición de arriba hacia abajo, en donde la creación y gestión de los servicios, la gestión de los recursos de la red y la gestión de red se realizará de una manera federativa. Las arquitecturas clásicas de IN y TMN acabarán dentro de una nueva arquitectura de red de información que ha sido definida por TINA (arquitectura de red de información de telecomunicaciones) [5]. La infraestructura que soportará esta arquitectura será un entorno de proceso distribuido abierto (ODP), que pue-

de implantar su comunicación a través de la alta capacidad de la red de conmutación y transmisión subordinada (Figura 11).

El sistema de tarificación de la red del futuro supondrá un reto tremendo. Si los usuarios pueden elegir anchura de banda, seguridad y fiabilidad dependiendo de la aplicación, solo tendrán que pagar por el servicio requerido.

### ¿Que ofrece la red del 2005 al usuario?

Hemos ilustrado que la demanda de servicios y las consideraciones políticas y comerciales son los principales factores que determinan la evolución de la red. Naturalmente, se necesita de la tecnología para hacer posible la implantación del servicio e influye fuertemente sobre los costes de la implantación.

La red del 2005 estará basada en la técnica ATM. El ATM se usará como tecnología de optimización de la red, para hacer frente a las demandas rápidamente cambiantes de anchura de banda, tráfico y sus combinaciones y también como el modo de transporte elegido para servicios como transferencia de datos a alta velocidad para empresas, multimedia para el usuario de negocios, películas digitales bajo demanda, multimedia minitel o "información y entretenimiento" interactivo y programas educativos, etc. Además, el usuario dispondrá de movilidad total permitiéndole la comunicación desde cualquier lugar con cualquier persona, en todo momento de una manera sencilla y segura. Son la política y la economía mundial, junto a la capacidad humana para dominar la complejidad que envuelven estas sofisticadas redes, las que gobernarán la velocidad con la cual todo ello sucederá.

### Referencias

- 1 H Ohnsorge y otros: Evolución de las tecnologías básicas de las telecomunicaciones; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er Trimestre 1994 (este número)

- 2 M. De Prycker: ATM: La solución para la RDSI de banda ancha; Ellis Horwood, Londres, 1992
- 3 B. Louvet, S. Chellingsworth: Integración de los satélites en las redes de banda ancha; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er Trimestre 1994 (este número)
- 4 B. Kearsey y otros: Normalización - el elemento unificador; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er Trimestre 1994 (este número)
- 5 M. Lapiere y otros: TINA - una arquitectura software para servicios de telecomunicación; *Comunicaciones Eléctricas*, 3er Trimestre 1994 (este número)
- 6 M. De Prycker y otros: Evolución del FTTL hacia la banda ancha basado en PON ATM; ISS 92, Yokohama, Oct 1992
- 7 D. Deloddere y otros: Vídeo bajo demanda interactivo; IEEE Communications Magazine, Mayo 1994

**Thierry Van Landegem** obtuvo el Master de Ciencias (ingeniería eléctrica) de la Universidad de Bruselas y el de administración de empresas de la Universidad de Lovaina. En 1986 entró en Alcatel Bell Telephone como ingeniero investigador. Ha participado activamente en varios proyectos de investigación internacionales y en organismos de normalización sobre ATM y RDSI de banda ancha. En esta función, como responsable de investigación de tecnologías de red, actualmente es responsable del estudio de las redes de control y transporte dentro del Centro de Investigación. Las actividades de este grupo están enfocadas al soporte de la comunicación de datos, comunicaciones móviles y supervivencia de la red en las redes de banda ancha ATM y también de las arquitecturas de control para soporte de la gestión de red y de servicios y la señalización correspondiente de las redes de banda ancha.

**Martin De Prycker** obtuvo un grado BS en informática, un MS en Ingeniería Eléctrica y un PhD en Informática en los años 1978, 1979 y 1982, respectivamente, en la Universidad de Gante. En 1992, obtuvo el

Master en administración de empresas de la Universidad de Amberes. Desde 1982, ha estado trabajando en el Centro de Investigación de Alcatel Bell Telephone. Ocupa actualmente el puesto de adjunto a la dirección de la División de Investigación en Alcatel Bell. Es autor del libro "Asynchronous Transfer Mode: solution for BISDN", Ellis Horwood, Prentice Hall, Londres, Noviembre 1990, segunda edición 1993 y ha publicado más de 70 artículos en revistas internacionales y conferencias.

**Firmin Van den Brande** graduado en Ingeniería Civil por la Universidad de Lovaina en 1964. Entró en Bell Telephone Mfg Co. en 1965 como ingeniero de desarrollo de los sistemas de conmutación pública semielectrónicos controlados por ordenador. Desde entonces ha ocupado diferentes puestos técnicos y de gestión en el desarrollo de sistemas de conmutación pública. Desde Septiembre de 1979 hasta el mismo mes de 1982 fue responsable de la coordinación y arquitectura del Sistema Software del Sistema 12 de ITT en el centro europeo de ITT en Bruselas. Volvió a Bell Telephone como responsable del Departamento de Sistemas de Diseño para los sistemas de conmutación pública, hasta finales de 1986 en que pasó a ocupar el puesto de adjunto del Director Técnico de Alcatel Network Systems. Actualmente es el responsable de la estrategia de producto para los productos de redes de acceso y para la evolución de la red

# Transmisión a velocidad ultra-elevada para el siglo XXI

J. Chesnoy, B. Clesca  
R. Heidemann, B. Wedding

Alcatel Corporate Research Centre, Marcoussis, Francia  
Alcatel Corporate Research Centre, Stuttgart, Alemania

## Introducción

Desde la llegada de la óptica de las fibras, el desarrollo tecnológico y la demanda creciente han dirigido conjuntamente un fantástico despliegue de la red de comunicaciones óptica. Tras el despliegue a gran escala de enlaces ópticos interurbanos a 140 Mbit/s a mediados de los ochenta, los operadores ya están preparados para desplegar redes de infraestructura malladas ópticas terrestres SDH con una velocidad de 2,5 Gbit/s (STM16) sobre fibras ópticas estándar. La velocidad de los enlaces ópticos terrestres se incrementa cuatro veces cada cuatro ó cinco años. La llegada de los amplificadores ópticos de fibra dopada con erbio está también elevando la velocidad en los enlaces ópticos de largo alcance, especialmente en el campo de la transmisión transoceánica: tras la instalación en 1991 del primer sistema óptico transatlántico (TAT8) a 280 Mbit/s, se instaló en 1991 la última generación de sistemas regenerados electrónicamente (TAT9) a 560 Mbit/s. La primera generación "amplificada" aparecerá en 1995 (TAT11) con un incremento de velocidad de ocho veces a 5 Gbit/s.

La demanda de un continuo aumento de la capacidad de la red óptica impulsa de nuevo la tecnología hasta niveles insospechados. El mercado de las comunicaciones de datos, que pone fuertes demandas sobre la velocidad de transmisión, se ha potenciado con el despliegue de la RDSI. Otro importante aumento de la demanda está originado por las comunicaciones móviles, que usa también la red de transporte. El advenimiento del video a demanda pronto impactará sobre la demanda de capacidad. Las nuevas

generaciones de sistemas de transmisión son necesarias para hacer frente a estos nuevos mercados.

Aunque la capacidad intrínseca de transmisión de las fibras ópticas parecía virtualmente ilimitada, al depender la velocidad del progreso de los circuitos electrónicos y de los componentes optoelectrónicos, la situación presenta una nueva cara. El vano de los enlaces ópticos de ultra-elevada velocidad se encuentra ahora limitado por las propiedades de las fibras: dispersión cromática de las fibras ópticas estándar en la red terrestre, no linealidad de las fibras ópticas, en especial en la transmisión transoceánica, y en algunas configuraciones, anchura de banda y ruido óptico en los amplificadores ópticos. La investigación en la transmisión óptica se enfoca hacia nuevos esquemas para ir más lejos de aquellos límites, y harán posibles las nuevas superautopistas de comunicaciones a varias decenas de Gbit/s en el próximo siglo. Esta mejora de las técnicas de transmisión también será provechosa para la red de acceso, donde se multiplexarán numerosos canales de TV sobre una señal digital de alta velocidad para sustituir al multiplexor de subportadoras analógico.

## Limitaciones físicas de la transmisión

Las principales limitaciones físicas de los sistemas de transmisión a alta velocidad provienen de las propiedades de las fibras ópticas, es decir atenuación, dispersión y no linealidad. En este apartado se expondrán estas limitaciones, presentándose en el siguiente métodos para superarlas.

## Límite de atenuación

El límite de atenuación de los sistemas de transmisión óptica punto a punto está determinado por la potencia de salida disponible del transmisor óptico, la atenuación del enlace de las fibras y la sensibilidad del receptor óptico. Para alcanzar el vano de transmisión máximo, es ventajoso el trabajar en la tercera ventana óptica, alrededor de 1550 nm, en donde la fibra tiene la mínima atenuación (normalmente 0,2 dB/km). En los sistemas reales, también se deben tener en cuenta las pérdidas en conexiones y empalmes y en los extremos del sistema. En la **Tabla 1** se calculan las limitaciones de la longitud de los enlaces para diferentes velocidades y longitudes de onda, considerando valores típicos para la potencia de salida del transmisor y para la sensibilidad de los receptores de detección directa sin amplificación óptica [1]. Como se puede ver, a las velocidades más altas este límite de la atenuación es del orden del, e incluso menor, actual espaciamiento entre repetidores electrónicos de unos 40 km en los sistemas terrestres.

Otro tipo de límite de atenuación se encuentra en los sistemas punto a multipunto para la distribución de, por ejemplo, señales de TV o de video a demanda. Aquí, además de las pérdidas de la fibra, hay que considerar las pérdidas de distribución en los divisores de potencia óptica y llegar a un límite en la relación de división [2].

Estas limitaciones de atenuación de la longitud del vano de transmisión y de la relación de división se pueden ampliar hasta valores muchos mayores si se aplica la tecnología de amplificación óptica, como se indica en apartados posteriores.

### Límites de la dispersión

Debido a la dispersión cromática de la fibra, se propagan diferentes componentes espectrales de la señal óptica emitida con diferentes velocidades de grupo. Esto puede llevar a una ampliación de los impulsos ópticos y el solape inducido entre impulsos cercanos puede dar como resultado una fuerte limitación en el vano de transmisión.

Una estimación del vano de transmisión ( $L$ ) limitado por la dispersión, viene dada por:

$$\lambda^2 B^2 D L = \gamma \pi c$$

siendo  $\lambda$  la longitud de onda,  $B$  la velocidad binaria,  $\gamma$  la dispersión,  $c$  la velocidad de la luz y  $g$  el índice de dispersión cromática, que depende del método de modulación empleado, de la penalización de sensibilidad tolerada y de otras propiedades del equipo terminal, como el *chirping* de la longitud de onda del transmisor óptico. Una forma de incrementar la longitud  $L$  es reducir la dispersión  $D$  empleando, por ejemplo, fibras con dispersión desplazada (DSF). Esto se puede realizar en sistemas submarinos, en donde se pueden instalar nuevas fibras. Sin embargo, en

el caso de los sistemas terrestres, donde ya hay instaladas una gran cantidad de fibras monomodo estándar (SMF) con una gran dispersión de  $D \approx 17$  ps/nm.km, la reutilización de la infraestructura existente puede suponer un gran ahorro.

La dispersión de la fibra es, en especial, un problema si se consideran velocidades muy elevadas, como se puede ver en la ecuación anterior, al estar  $B$  elevada al cuadrado. Así como ejemplo, aún a 2,5 Gbit/s, la dispersión puede limitar el vano a menos de unos 200 km si el diodo láser, funcionando en la ventana de 1550 nm, se modula directamente por la señal de datos y si se emplea una fibra estándar. A velocidades más altas, la situación es mas severa: para la técnica convencional de modulación de intensidad directa de un láser de realimentación distribuida de pozo multi-cuántico a 10 Gbit/s, el límite de dispersión suele ser menor de 10 km. En estos ejemplos, el *chirping* del diodo láser modulado directamente junto a la dispersión de la fibra es un importante efecto limitativo. Empleando métodos de modulación apropiados, se puede mejorar esta situación, usando, por ejemplo, un

transmisor óptico consistente en una fuente de onda continua de banda estrecha y un modulador óptico. Sin embargo, aún existen limitaciones de dispersión cromática en los sistemas de modulación on-off de detección directa, incluso si se emplea una fuente de señal óptica sin chirp, con limitada anchura de banda modulada. En la Tabla 1, se calculan las limitaciones del enlace debidas a la dispersión para diferentes tipos de fibras, velocidades y longitudes de onda. Como se puede ver, las mayores limitaciones ocurren en el importante caso de las aplicaciones terrestres de transmisión en la deseada ventana de bajas pérdidas en la fibra de 1550 nm para fibra monomodo estándar. A 10 Gbit/s se puede alcanzar con esta técnica un razonable vano de transmisión de dispersión limitada de unos 40 km, típico en el espaciamiento entre repetidores actuales en los sistemas terrestres. Para aumentar la velocidad o la longitud del enlace, se tienen que aplicar técnicas mejoradas de acomodación de la dispersión, como se indica mas adelante. Estos métodos para superar las limitaciones de la dispersión serán de importancia vital en el logro de mayores prestaciones del sistema, especialmente en SMF, pero también en aquellos sistemas basados en DSF.

Tabla 1 - Límites de la longitud de los enlaces para sistemas de alta velocidad [1]

Velocidad (Gbit/s)	Límites de la dispersión* (km)			Límites de la atenuación** (km)	
	1550 nm		1300 nm	1550 nm	1300 nm
	SMF	DSF	SMF		
10	58	283	400	47	31
20	14,5	70	100	37	24
40	3,6	18	25	27	18

SMF: fibra monomodo estándar  
DSF: fibra monomodo de dispersión desplazada

\* Límites de la dispersión calculados para una penalidad de cierre de ojos de 1 dB:  
Dispersión supuesta: DSF (1550 nm), SMF (1300 nm):  $D=3,5$  ps/nm.km  
SMF (1550 nm):  $D=17$ ps/nm.km

\*\* Límites de atenuación calculados con los siguientes supuestos:  
Potencia óptica del transmisor: -3 dBm  
Sensibilidad del receptor:  
-20 dBm a 10 Gbit/s  
-17 dBm a 20 Gbit/s  
-14 dBm a 40 Gbit/s  
Atenuación de la fibra:  
(incluidos empalmes/conectores) 0,3 dB/km a 1550 nm  
0,45 dB/km a 1300 nm  
Margen del sistema: 3dB

### Limitaciones de la no linealidad óptica

Hasta ahora, se podía asumir que el índice de refracción de la fibra de silicio era independiente de la energía debido a la modesta energía de emisión. Hasta la fecha, los amplificadores de fibra óptica permitían emitir alrededor de 100 mW (es decir, +20 dBm) en el pequeño núcleo de una fibra óptica o alcanzar propagación totalmente óptica en 9000 km sin repetidores electroópticos. Sin embargo, en condiciones de gran intensidad y gran longitud de interacción, es necesario incluir el comportamiento dependiente de la energía en la descripción del índice de refracción  $n$ , de acuerdo a la relación de efecto óptico de Kerr:

$$n = n_0 + n_2 I$$

siendo  $n_0$  el índice de refracción (lineal) ordinario del silicio,  $n_2$  el índice de refracción (no lineal) dependiente de la intensidad e  $I = P/A_{\text{eficaz}}$  la intensidad eficaz en el medio. Este comportamiento no lineal tiene una fuerte influencia sobre la ecuación de propagación que describe la forma del pulso en los dominios del tiempo y de la frecuencia.

El fenómeno no lineal más básico sucede en el caso de la propagación de una sola longitud de onda y se denomina como "modulación de autofase". Este fenómeno origina un desplazamiento de fase dependiente de la intensidad que lleva a una mayor anchura espectral. Además, en el caso de una fibra de dispersión (p. ej., los sistemas basados en SMF), esta anchura espectral dará como resultado una degradación de la forma del pulso.

Cuando dos ó más canales están multiplexados en longitud de onda y se propagan por la misma fibra, el desplazamiento de fase no lineal dependiente de la intensidad para un canal específico está gobernado por la energía óptica de este canal, así como por las de otros canales. Este fenómeno no lineal se conoce como "modulación de fase cruzada".

El proceso de "mezcla de cuatro ondas", que ocurre también cuando varias portadoras ópticas se propagan conjuntamente por la misma fibra, genera nuevos campos ópticos cuyas frecuencias ópticas provienen de intermodulación de tercer orden. En el caso de espaciamientos de frecuencia iguales entre canales y de valores de dispersión cromática bajos, una cantidad significativa de energía de canal se puede transferir a otro canal: al igual que una transferencia de energía no sólo da como resultado una pérdida de energía en un canal específico, también origina una diafonía entre canales que puede degradar severamente las prestaciones del sistema. Este efecto aumenta cuando se acerca la longitud de onda de dispersión nula de las fibras ópticas.

El análisis de las limitaciones del sistema debidas a los tres efectos de no linealidad mencionados anterior-

mente requiere de un análisis exhaustivo y detallado apoyado por simulaciones numéricas. Si prestamos especial interés a los sistemas de transmisión transoceánica amplificados totalmente ópticos de una sola longitud de onda, el proceso de modulación de autofase puede dar como resultado fuertes limitaciones, por el ensanchamiento inducido del espectro de la señal. Aún si la potencia óptica emitida en cada vano de la fibra es modesta (alrededor de +3 dBm), el impacto de este fenómeno de no linealidad no se puede ignorar ya que los pulsos se ven afectados por este proceso que se acumula a lo largo de toda la longitud del sistema (hasta 9000 km) sin ninguna regeneración. Se usa una pequeña dispersión cromática negativa (-0,05 ps/nm.km para una velocidad de 5 Gbit/s): la anchura de pulso resultante, por los efectos constructivos de la dispersión cromática y de la modulación de autofase, se compensa por una fibra de desplazamiento sin dispersión en la parte del receptor. Así como ejemplo, donde no hay eliminación de compensación debida a la falta de cualquier regeneración, hay que tener mucho cuidado en el diseño para evitar el deterioro en las prestaciones de un sistema totalmente óptico.

#### **Dispersión del modo de polarización**

Las primeras pruebas de laboratorio de enlaces amplificados de gran vano en línea recta han resaltado una nueva fuente de limitaciones: la dispersión de modo de polarización (PMD). PMD se presenta por el hecho de que las fibras "monomodo" son esencialmente bimodales desde el punto de vista de la polarización. El retraso entre estos dos modos sobre la propagación origina el ensanchamiento de los pulsos y la interferencia entre símbolos, dando como resultado una degradación de las prestaciones del sistema.

Dentro de la fibra monomodo, el PMD está relacionado con la birrefracción residual de la fibra debida a imperfecciones de la fibra, como la temperatura y el acondicionamiento de la fibra. Algunos componentes pasi-

vos también han mostrado una dispersión de polarización significativa.

El PMD se caracteriza por un retraso de grupo diferencial que debe de ser menor del 10% del canal temporal para evitar fuertes deterioros en el sistema [4]. Se ha realizado con éxito un gran trabajo de investigación y desarrollo industrial para fabricar fibras de desplazamiento de dispersión con bajo PMD para enlaces submarinos amplificados. En los enlaces terrestres que usan rutas de fibras ya instaladas, queda aún por determinar si los valores de PMD son lo suficientemente bajos como para permitir una elevada velocidad de transmisión. El deterioro en la transmisión óptica por PMD aumenta rápidamente con la velocidad.

#### **Nuevos métodos de transmisión**

En este apartado, se revisan las nuevas técnicas y métodos de transmisión que permiten la evolución desde sistemas regenerados optoelectrónicamente a los sistemas con repetidores ópticos, así como el significativo aumento de la capacidad. En una primera etapa, se ha vencido el límite de la atenuación, ya que se dispone de amplificadores ópticos maduros para su uso en los sistemas de transmisión como amplificadores en línea o preamplificadores de potencia. Así por ejemplo, se ha informado sobre una prueba de laboratorio de 9000 km a 10 Gbit/s, usándose 274 amplificadores ópticos concatenados. Cuando el límite de la atenuación se aparta de ese punto, el límite de la dispersión se convierte en la principal limitación debida a la interacción entre la dispersión cromática de la fibra y la anchura espectral de la fuente modulada. Para superar con éxito este nuevo límite, se han propuesto diferentes técnicas en el caso práctico de la transmisión de datos a 10 Gbit/s a través de fibras estándar: optimización de las características de chirping del transmisor modulado, interacción del chirp del transmisor y de la modulación de autofase, uso de fibras monomodo que muestren dispersión cromática altamente negativa, inversión espectral de

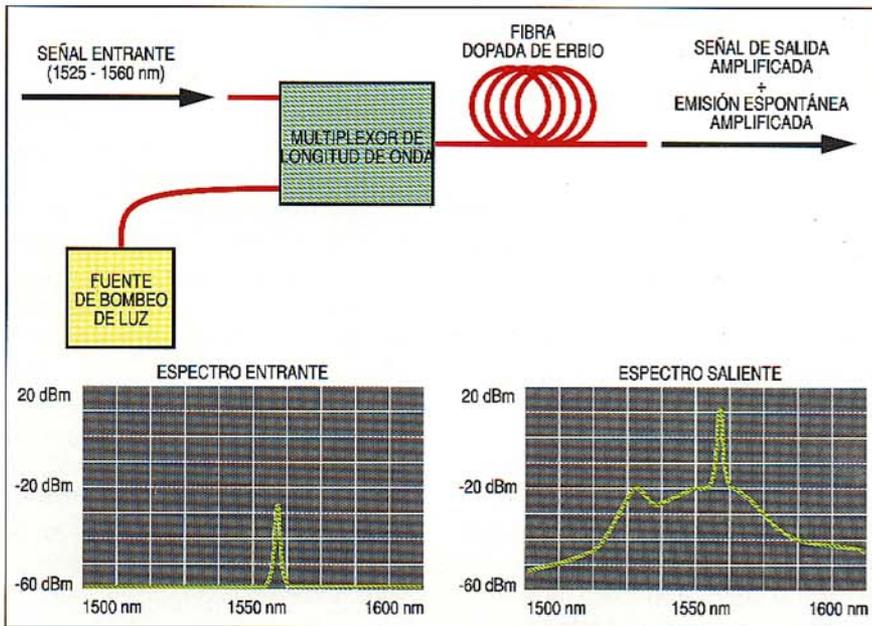


Figura 1 - Esquema de amplificador de fibra dopada con erbio y espectro de entrada/salida

medio sistema. Otras dos técnicas (transmisión con soporte de dispersión y multiplexación por división de longitud de onda) se describen más adelante.

**Amplificación óptica**

La reanudación de las actividades de investigación en los últimos diez años en el campo de la amplificación óptica ha sido excepcionalmente eficaz y fructífera, por lo que ahora se tienen en cuenta en el diseño de todos los sistemas de telecomunicación los módulos de amplificación óptica. Como los amplificadores de fibra de 1,5 μm han madurado más rápidamente que cual-

quier otro tipo de amplificador óptico, este apartado se dedica principalmente a los amplificadores de fibra dopados con erbio (EDFA), que abren el camino para el desarrollo de sistemas de transmisión de fibra totalmente ópticos de ondas luminosas de banda ancha. Al final de este apartado, se hace una pequeña revisión de otros dos tipos de amplificadores.

El proceso de amplificación se basa en la emisión estimulada que ocurre cuando la luz incidente afecta a un medio invertido. En los EDFA, este medio invertido consiste en una fibra dopada con erbio, bombeada ópticamente por fuentes luminosas de 980 ó 1480 nm (Figura 1). Los iones

de erbio de la capa superior saltan hacia abajo al estado de tierra, cediendo energía que va a la señal óptica, que se ve así amplificada. Las fibras basadas en silicio dopadas con erbio proporcionan una importante amplificación en la banda de 1525 a 1570 nm, que se corresponde con la "tercera ventana óptica" de la fibra óptica, en donde la atenuación es mínima. Sin embargo, los iones de erbio del nivel superior se pueden ir espontáneamente al estado de tierra, sin estímulo externo alguno: su exceso de energía interna se libera, mediante relajación radiante, como emisión espontánea que es a su vez amplificada por el largo medio invertido (normalmente unas pocas decenas de metros): este proceso de relajación radiante es el responsable de la emisión espontánea amplificada (ASE). Desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas, la energía ASE se puede ver como una densidad espectral de energía de ruido generada por los EDFA al amplificar la señal entrante. La Tabla 2 indica la gama de aplicaciones para amplificadores ópticos, así como sus principales características típicas.

Mientras se considere el funcionamiento de una sola longitud de onda, los EDFA muestran características casi ideales con una pequeña ganancia de señal de 40 dB, una potencia máxima de salida saturada de unos + 20 dBm y unos valores de ruido cercanos al límite cuántico (3 dB). Además, son muy compatibles con el entorno de la fibra, débilmente dependientes (salvo para aplicaciones específicas) con el estado de la polarización óptica de la señal entrante. La dinámica de baja ganancia de los EDFA previene la diafonía inducida por la saturación y los efectos de la distorsión de intermodulación. Esta propiedad proporciona a su vez la regulación automática del nivel de señal de tiempo medio, que es muy atractivo en sistemas con una larga cadena de amplificadores. El empleo de los EDFA supera los límites de la atenuación, como se muestra en la Figura 2. Sin embargo, la amplificación óptica se obtiene inherentemente

Tabla 2 - Aplicaciones de los amplificadores ópticos

Tipo de amplificador óptico	Situación	Uso	Ganancia	Potencia de salida	Ruido
Potencia	Cabecera-Final	Elevador divisor/fuente	Baja	Alta	Alto
En línea	Repetidor	Amplificador de señal en línea	Alta	Alta	Bajo
Pre	Receptor	Aumento sensibilidad receptor	Alta	Baja	Bajo

a costa del ruido añadido a la señal. En una concatenación de amplificadores grande, el ASE generado en cada amplificador se acumulará y se amplificará posteriormente en los siguientes amplificadores. Esta acumulación de ruido requiere un cuidadoso diseño del sistema y del amplificador, especialmente en enlaces ultralargos, para asegurar una relación señal/ruido aceptable en el enlace de salida.

En la parte de funcionamiento multilongitud de onda se pueden presentar algunas limitaciones debido al espectro de ganancia del EDFA dependiente de la longitud de onda. Cuando un multiplex de canal óptico ha pasado por una cascada de EDFA, esas no uniformidades y ondas de ganancia espectral inducen una ganancia significativa y discrepancias en la relación señal/ruido entre los canales. Estas discrepancias pueden ocasionar problemas en el lado del receptor, como deterioros en la diafonía de los filtros y en el margen dinámico del receptor. Para ofrecer un amplio margen espectral en la asignación de canales se están realizando actualmente actividades de investigación para mejorar la uniformidad de la ganancia de los EDFA y hacerlos apropiados en aplicaciones de multilongitud de onda.

A  $1,3 \mu\text{m}$  se puede conseguir amplificación con amplificadores de fibra. Esta longitud de onda puede ser de importancia vital ya que se corresponde con la importante segunda ventana de telecomunicación, en la cual están optimizadas la mayoría de las vías de fibra ópticas instaladas. La amplificación a  $1,3 \mu\text{m}$  es posible por el dopado con praseodimio de fibras de fluoruro. Aunque el dopante y el material son diferentes de los de los EDFA basados en sílice estándar de  $1,5 \mu\text{m}$ , la física involucrada es igual. Hasta hoy, se ha informado de elevadas ganancias (mas de 30 dB) y energías de salida saturadas (superiores a +20 dBm) y ya se dispone comercialmente de amplificadores de fibra de  $1,3 \mu\text{m}$  para empleo en laboratorios. Para que estos amplificadores estén disponibles para cualquier uso, es necesario mejorar las propiedades mecánicas y ópticas del

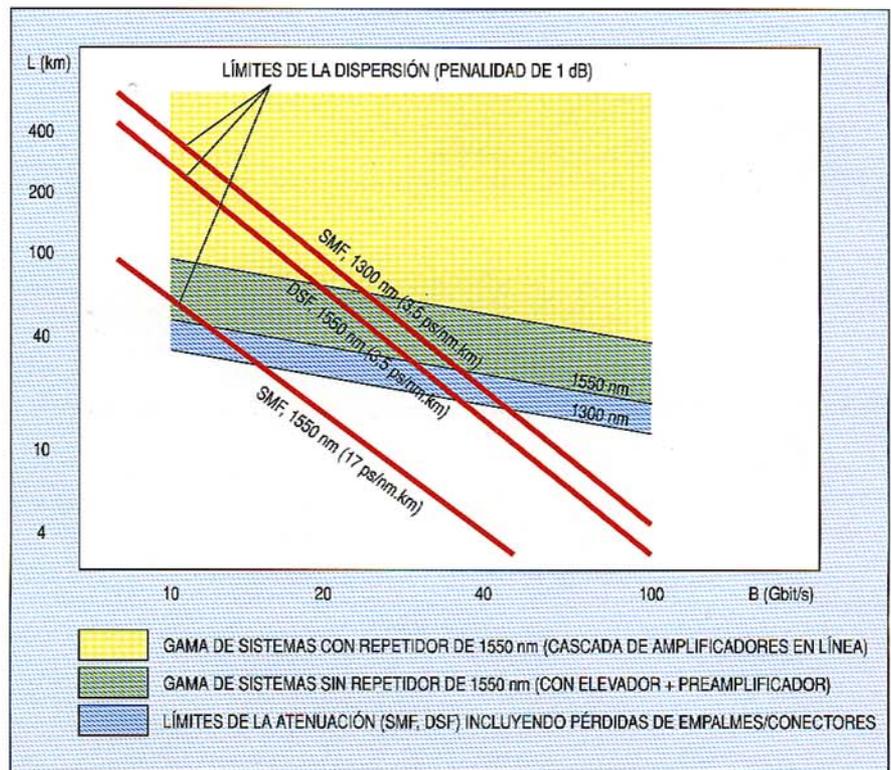


Figura 2 - Longitudes de enlace accesibles en sistemas TDM multigigabit con y sin repetidores (se incluyen pérdidas en empalmes / conectores y margen del sistema)

vidrio y reducir la energía de bombeo necesaria.

También se puede conseguir amplificación óptica usando amplificadores de semiconductores que son básicamente diodos láser sin ninguna cara reflectante o dispositivo de longitud de onda selectiva. El proceso físico asociado a los amplificadores de semiconductores también está ligado a la emisión estimulada en un medio invertido. La inversión se logra usando un método de bombeo eléctrico, en vez de un método de bombeo óptico. Aproximadamente, la ganancia, la energía de salida saturada y las características de ruido son menores que las mostradas por los amplificadores de fibra. Hoy, los amplificadores de semiconductores son especialmente atractivos para la obtención de convertidores de longitud de onda y puertas ópticas rápidas. Sin embargo, es digno de mencionar que prometen integrabilidad atrayente, bajo consumo eléctrico y amplificación óptica en la segunda y tercera ventanas de telecomunicación.

### Multiplexación por división en el tiempo (TDM)

Debido al gran aumento del tráfico, se están desplegando sistemas de 2,5 Gbit/s (STM-16, OC-48) como enlaces de largo alcance y como portadores entre centrales. A 10 Gbit/s, siguiente nivel en la jerarquía digital síncrona, se están realizando pruebas de campo. Por ello se espera que los sistemas STM-64 (OC-192) se implanten en un futuro cercano como productos. Estos sistemas emplean el principio de multiplexación por división en el tiempo eléctrica (ETDM), ver Figura 3. La multiplexación y demultiplexación se puede lograr de forma económica en el campo eléctrico usando tecnologías de circuitos integrados de alta velocidad, actualmente disponibles en tecnología AsGa. Solo es necesaria la conversión E/O y O/E en el lado del transmisor y del receptor, respectivamente, lo que hace que el establecimiento de la parte óptica del sistema sea bastante sencillo. Un aumento de la velocidad por encima de los 10 Gbit/s parece factible con

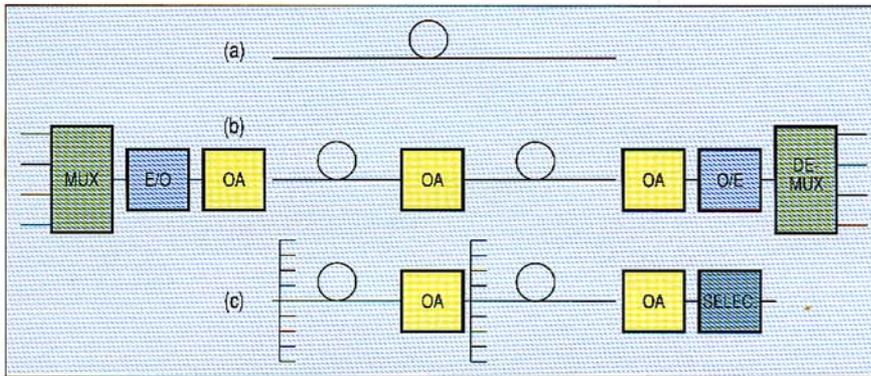


Figura 3 - Sistemas ETDM: sistema punto a punto sin (a) y con (b) amplificador óptico en línea y (c) sistema de distribución

este método. Se ha probado que el proceso de la señal electrónica digital, como la multiplexación y demultiplexación hasta 40 Gbit/s, se puede lograr con chips bipolares de silicio. La tecnología HBT Si/SiGe promete un nuevo aumento de la velocidad en los circuitos electrónicos.

En los sistemas de transmisión punto a punto, **Figura 3a**, un preamplificador y un elevador óptico se pueden usar para ampliar el vano de transmisión. Usando el formato de multiplexación de la jerarquía digital síncrona (SDH), funciones de sistema como la sincronización y la supervisión ya están incluidas en la parte eléctrica del sistema y la compatibilidad con la red SDH existente asegurada. Se pueden lograr vanos de transmisión muy largos poniendo en cascada este tipo de sistema. La función de regeneración electrónica completa en cada terminal evita la acumulación de ruido, haciendo más fácil lograr un funcionamiento con pocos errores del sistema en cascada. Además, funciones como la inserción y extracción se pueden realizar en el dominio electrónico.

Se puede ampliar la distancia entre repetidores electrónicos usando amplificadores ópticos en línea, **Figura 3b**. Sin embargo, en este método hay que considerar en el diseño del sistema los aspectos de supervisión de amplificación y de acumulación de ruido en la cadena de amplificadores ópticos.

Además de las aplicaciones en los sistemas de transporte terrestres y submarinos, los sistemas TDM multigigabit tienen también un gran potencial

de aplicación en los futuros sistemas de acceso de abonado, en donde se requiere una distribución de señales en una arquitectura punto a multipunto, **Figura 3c**. Las pérdidas debidas a la distribución de la señal en los divisores de potencia óptica se compensan con la amplificación óptica. Se espera en este campo una evolución desde los sistemas de distribución analógica a los sistemas digitales. En esta aplicación, puede ser ventajoso un formato de multiplexación simplificado que permita la realización de una simple función de selección de canal en el terminal receptor. Como ejemplo del potencial tan grande de este método de TDM multigigabit, ya hemos demostrado la distribución óptica de la señal de 9,95328 Gbit/s a 8 388 608 terminales con un balance de potencia de 100 dB usando una cascada de EDFA para compensar las pérdidas de transmisión y distribución [2]. En principio, con este sistema se podría soportar, para aplicaciones de video a demanda, la distribución de unos 5000 canales a 2 Mbit/s.

Las limitaciones de velocidad de los sistemas ETDM se determinan principalmente por las limitaciones de velocidad en el transmisor óptico (diodos láser, moduladores ópticos) y en los circuitos electrónicos junto a las limitaciones de transmisión óptica. El principio TDM se puede ampliar en velocidad más allá de estas limitaciones usando la técnica de multiplexación por división óptica en el tiempo (OTDM). Ya se han realizado pruebas con sistemas de 100 Gbit/s. Sin embar-

go, esta clase de sistema requiere subsistemas y componentes ópticos avanzados como láseres de anillos de fibra para la generación de impulsos ópticos cortos y demultiplexores ópticos que aumentan la complejidad en la parte óptica del sistema.

#### Transmisión de dispersión soportada

Las propiedades combinadas de la menor pérdida en la fibra en la banda de longitud de onda de 1,5  $\mu\text{m}$  y el bajo ruido y eficaz amplificación óptica de los EDFA proporcionan una forma casi ideal de superar las limitaciones de atenuación de los sistemas de transmisión óptica. Hoy, la dispersión de la fibra es frecuentemente la principal limitación en la longitud del vano entre repetidores ópticos en sistemas TDM de alta velocidad. En Alcatel, se ha introducido un nuevo método de transmisión óptica que va más allá del límite convencional de dispersión [5]. Con este método, llamado de transmisión de dispersión soportada (DST), se ha demostrado en pruebas la transmisión de señales a 10 Gbit/s a 1,53  $\mu\text{m}$  en 253 km de fibra monomodo estándar usando un diodo láser alimentado directamente [5].

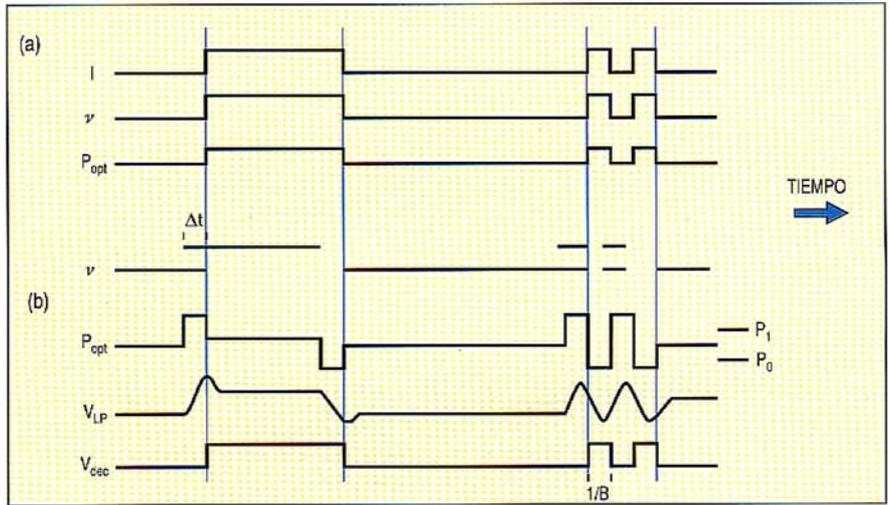
La idea básica del método DST se muestra en la **Figura 4**: en este modelo simplificado, se ha supuesto que el transmisor óptico genera una señal FSK con algo de modulación de amplitud adicional. Se ha considerado que la frecuencia óptica  $\nu$  aumenta si la energía óptica  $P_{\text{opt}}$  aumenta y que la componente de la señal con la mayor frecuencia óptica se propaga más rápidamente en la fibra dispersiva. Esto sucede en el importante caso clásico en donde se emplea la señal de longitud de onda de 1,5  $\mu\text{m}$  desde un diodo láser modulado directamente para la transmisión a través de una fibra monomodo estándar. En principio, en el lado del receptor se genera una señal óptica de cuatro niveles. La señal de datos original se puede recuperar de diferentes formas usando (i) filtrado de paso bajo [3, 6] junto a un circuito de decisión, o (ii) detección dual de umbral con umbrales  $P_0$  y  $P_1$  y memoria [7].

Una cifra de mérito para caracterizar la limitación de la dispersión de este método de transmisión es el índice de dispersión cromática  $g$  definido anteriormente. Según estimaciones teóricas [3] se puede esperar en el método DST un valor  $\gamma \geq 2/\pi \approx 0,64$ . Las pruebas de DST a  $B = 9,95328$  Gbit/s lleva a  $L = 213$  km para una penalidad de dispersión de 2 dB, que da como resultado un  $\gamma = 0,85$  [5,8]. Esto va más allá de límite de dispersión de la modulación externa sin chirp, que se presenta en la **Tabla 1**. Un elemento clave de esta técnica es la reducción del ancho de banda del espectro óptico transmitido en la fibra.

Como se indicó anteriormente (Figura 3a), la transmisión punto a punto sin repetidores con fibra monomodo estándar es importante en redes SDH terrestres a 10 Gbit/s (STM-64). Usando el montaje experimental mostrado en la **Figura 5a**, se ha probado la transmisión sin repetidores sobre SMF de 182 km usando el método DST [9]. En este experimento se usó un amplificador óptico elevador de alta potencia y se alcanzó una transmisión con un error menor de  $10^{-10}$  (**Figura 5b**). Esta prueba demuestra el potencial del método DST en la realización de sistemas terrestres de alta velocidad con un montaje bastante sencillo.

**Solitones**

La dispersión cromática, sea positiva o negativa, es responsable del ensanchamiento de los pulsos en un régimen lineal. Aprovechando el fenómeno no lineal de modulación de autofase, es

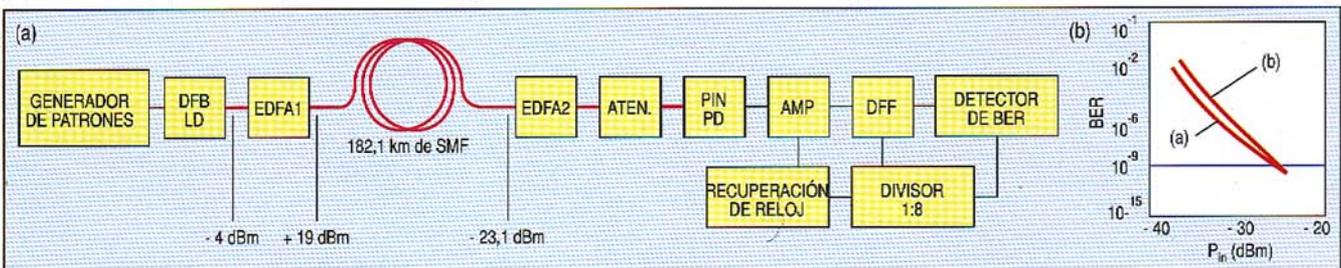


**Figura 4 - Principio de transmisión de dispersión soportada; transmisión FSK con modulación de amplitud residual: (a) señales del transmisor, (b) señales del receptor tras fibra dispersiva de longitud L**

posible compensar el ensanchamiento cromático inducido por la dispersión en el caso de un valor positivo. Con una elección cuidadosa y apropiada del parámetro de dispersión cromática y de las características de los pulsos, como forma y potencia de cresta, el efecto de la dispersión cromática y de la modulación de autofase pueden cancelarse mutuamente. Con estas condiciones, la forma del pulso no cambia con la distancia y dichos pulsos se pueden propagar virtualmente sin distorsión a grandes distancias por fibras ópticas (**Figura 6**). Esta forma del pulso se describe por la solución estable de menor orden a la ecuación no lineal de Schrödinger, que rige la propagación no lineal y dispersa de ondas dentro de la fibra. Esta solución tiene una dependencia secante hiperbólica de la amplitud del pulso en tiempo y se denomina pulso de solitón.

Amplificaciones de potencia periódicas compensan la pérdida de la fibra: el casi exacto balance entre los efectos dispersivos y no lineales se pueden mantener sobre varios vanos de fibra, permitiendo la propagación sin distorsión de los pulsos de solitón a grandes distancias. A diferencia de los actualmente usados pulsos sin retorno a cero, los pulsos de solitón sólo llenan una fracción del canal temporal (normalmente un 20%): este bajo valor requiere un filtrado paso bajo específico en el receptor para permitir una eficaz detección de los datos. Esta nueva clase de método de transmisión puede traer nuevos problemas. Una interacción no lineal entre el ruido inducido por los EDFA y los pulsos de solitón, el llamado efecto "Gordon-Haus", es la responsable de una fluctuación aleatoria de la frecuencia de los pulsos. Debido a la

**Figura 5 - (a) Montaje experimental de sistema de transmisión óptica a 9,95328 Gbit/s con SMF de 182 km usando el método DST; (b) tasa de error (BER) frente a la potencia óptica media recibida ( $P_{in}$ ) en el conector de entrada del preamplificador óptico (9,95328 Gbit/s,  $2^{23}-1$  PBRs, SMF de 182 km, potencia emitida de +19 dBm, con (a) y sin (b) filtro óptico**



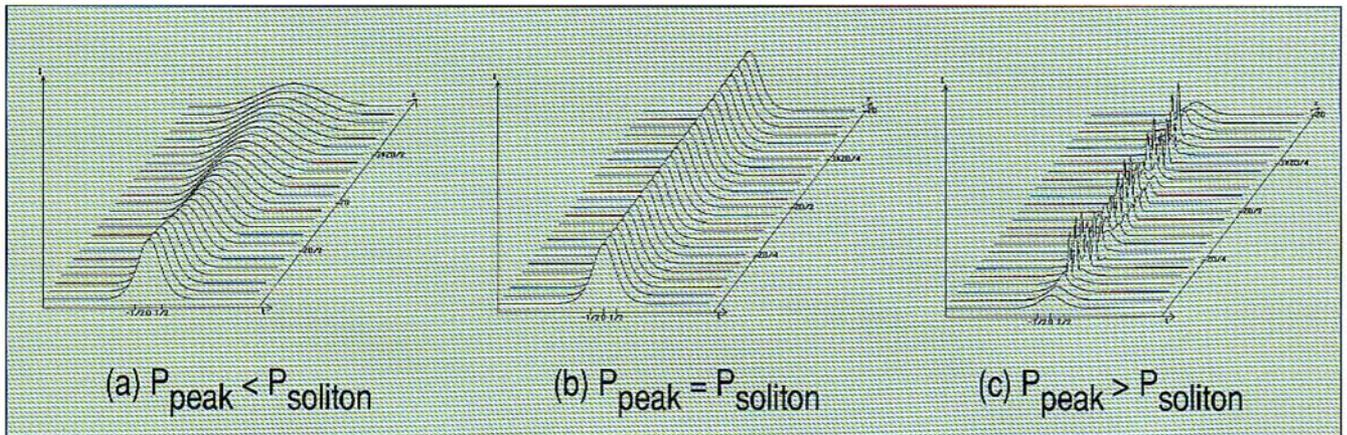


Figura 6 - Resultados de la simulación de la propagación de formas de pulsos secante hiperbólicos a través de una fibra monomodo sin pérdidas e ideal. Se consideran diferentes potencias de pico; el caso (b), que muestra transmisión sin distorsión, se corresponde con la potencia de pico específica a la propagación de solitones

dispersión cromática, esta fluctuación de frecuencia da como resultado un jitter aleatorio del tiempo de llegada del solitón al receptor [10]. Para reducir el jitter Gordon-Haus se han propuesto algunas técnicas de control de frecuencias o tiempos, basadas en el filtrado o modulación sincrónica en línea.

El método de transmisión de solitones es el primer formato de modulación que presenta efectos no lineales en sistemas de transmisión a gran distancia en una luz conveniente: los solitones muestran que los efectos no lineales, tradicionalmente algo perjudicial y a evitar, pueden ser útiles y seguros. Si los esquemas de pulsos estándar sin retorno a cero se pueden usar en un plazo medio, en enlaces de 5 Gbit/s

para 9000 km gracias a los cuidadosos métodos de gestión de la dispersión, para futuros aumentos de la velocidad se están considerando cada vez más los esquemas de solitón, usando técnicas de multiplexación por división de la longitud de onda y de control de frecuencias. Ya se han realizado pruebas de laboratorio de la transmisión de solitones a 20 Gbit/s.

En los sistemas de transmisión terrestres, la interacción entre la dispersión cromática y la modulación de autofase puede ser atrayente para conseguir una transmisión como la del solitón, especialmente con pulsos sin retorno a cero. Con un cuidadoso diseño, es posible aprovecharse de la subsecuente compresión de pulsos, que da como resultado una mejora de la aper-

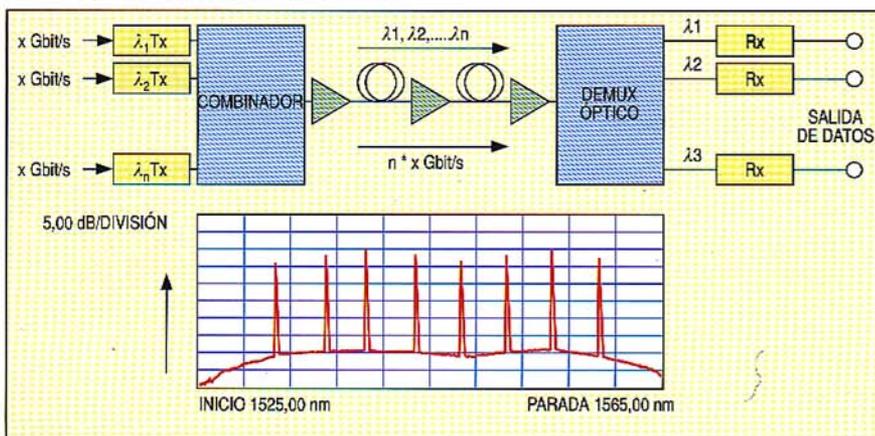
tura de ojos que empuja al límite de la dispersión.

**Multiplexación por división de la longitud de onda**

Los métodos de multiplexación por división de la longitud de onda (WDM) corresponden a configuraciones de sistema en las que múltiples portadoras ópticas soportan diferentes flujos de datos digitales eléctricos (Figura 7). Las técnicas WDM son muy prometedoras para el aumento de la capacidad en los sistemas de largo alcance y añaden flexibilidad en arquitecturas de sistemas de distribución y conectividad.

Desde el punto de vista de los sistemas de transmisión de ultra elevada capacidad, el WDM permite superar las limitaciones de velocidad de los transmisores de alta velocidad y de los componentes claves electrónicos de los receptores. El método WDM tiene el potencial necesario para aumentar la velocidad global en una sola fibra más allá de 10 Gbit/s sin la necesidad de desarrollar circuitos digitales electrónicos de muy alta velocidad o componentes optoelectrónicos de anchura de banda muy grande. Se ha informado sobre pruebas de transmisión con velocidades globales tan grandes como 160 Gbit/s, logradas compartiendo la velocidad en ocho canales multiplexados en longitud de onda. La multiplexación de longitud de onda afectará

Figura 7 - Configuración de sistema de multiplexación por división de longitud de onda y espectro de salida en el caso de una cadena de tres amplificadores de fibras basadas en fluoruro con un múltiplex de ocho canales



profundamente en las futuras arquitecturas de los sistemas, ofreciendo técnicas sencillas y económicas para acceder a una vasta capacidad de transmisión, inherente a las fibras ópticas monomodo.

El WDM también posibilita un incremento claro del producto velocidad-distancia a través la convencional fibra sin desplazamiento de dispersión estándar. Cuando la velocidad de la portadora se reduce de 10 a 2,5 Gbit/s, la posible distancia propagada cuando se limita por la dispersión se amplía dieciséis veces. Los daños inducidos por dispersión cromática son por ello menos severos cuando se diseña un sistema de 10 Gbit/s usando cuatro portadoras multiplexadas en longitud de onda, modulada cada una de ellas a 2,5 Gbit/s. Se ha probado en Alcatel la posibilidad de la transmisión a 40 Gbit/s por 440 km de fibra estándar usando técnicas WDM [10]. Además de su baja sensibilidad a la dispersión cromática, el WDM es también resistente a la dispersión de modo de polarización (PMD).

Como la distancia entre nodos en los sistemas terrestres puede ser de varios centenares de kilómetros, la actualización de la red existente con amplificadores ópticos se realiza mejor empleando varios canales multiplexados en longitud de onda. Teniendo en cuenta la actual velocidad estándar de 2,5 Gbit/s, al multiplexar en longitud de onda ocho ó dieciséis canales se posibilita la reutilización del equipo de multiplexación y demultiplexación eléctrico de los actuales terminales, a la vez que se logran velocidades globales de 20 ó 40 Gbit/s en la misma fibra monomodo.

Durante la propagación a través de la fibra se tienen que considerar la modulación en fase cruzada, la mezcla de cuatro ondas y, en menor grado, el fenómeno de dispersión estimulada de Raman. Por el alto valor de la dispersión cromática, el efecto de la mezcla de cuatro ondas se hace muy débil en fibras estándar: a  $D = 17$  ps/nm.km, dos canales multiplexados en longitud de onda se pueden manejar tan estrechamente como 0,2 nm con una baja eficacia en la mezcla. Como el efecto más limitativo de los sistemas WDM se

reduce drásticamente en las fibras estándar, se contempla a la multiplexación de longitud de onda como una técnica muy atrayente y eficaz para superar el límite de dispersión inducido por la gran dispersión cromática de las fibras ya existentes en las redes terrestres de todo el mundo.

En realidad, la limitación más severa del número de canales de longitud de onda proviene de la estrecha anchura de banda de ganancia plana de los EDFA estándar (normalmente menor de 10 nm). Si el espaciamiento de canales es demasiado grande, algunos canales sufrirán los pobres valores de la relación señal-ruido, no apropiada para ningún sistema de alta velocidad. Ya se están realizando intensas actividades de investigación en todo el mundo para mejorar la respuesta plana de la ganancia de los amplificadores de fibra, y se están obteniendo resultados prometedores. Así como ejemplo, Alcatel está investigando una nueva clase de amplificador de fibra óptica, basado en material de cristal de fluoruro, que muestra respuesta plana de ganancia mejorada con respecto a los EDFA estándar basados en sílice (Figura 7) [11]. Está claro que los amplificadores ópticos de ganancia plana serán los componentes claves en sistemas de transmisión de multi-longitud de onda eficaces y de gran capacidad.

Hay que hacer notar que los métodos de transmisión multicanal están siendo cada vez mas considerados para los futuros enlaces transoceánicos amplificados junto al formato de modulación del solitón: esta clase de sistema se aprovechará completamente de la no linealidad de las fibras y de la vasta anchura de banda ofrecida por las fibras monomodo, lo que dará como resultado sistemas de transmisión muy eficaces.

## Conclusión

Este artículo prueba que las nuevas técnicas que se están desarrollando actualmente en el laboratorio están abriendo el camino de la futura evolución de la red de transporte.

La tecnología de amplificación óptica con fibras dopadas con erbio está ya madura y permite la compensación de la atenuación de las fibras tanto para aplicaciones terrestres como submarinas. Los actuales desarrollos se orientan hacia la amplificación a 1,5  $\mu\text{m}$  con mayor anchura de banda y a 1,3  $\mu\text{m}$ , la importante ventana de la red de acceso. Respecto a las técnicas de transmisión, las nuevas tecnologías pronto estarán disponibles para transportar velocidades ultra-elevadas por encima de 10 Gbit/s sobre fibras de dispersión desplazada estándar.

Los canales individuales se optimizarán para las características de los enlaces, en particular su dispersión, usando técnicas de multiplexación del dominio del tiempo (TDM). La técnica de transmisión de dispersión soportada (DST) para acomodar la dispersión sobre fibras estándar es una tecnología prometedora en la transmisión a 10 Gbit/s sobre más de 100 km en la red terrestre usando proceso electrónico (multiplexación, regeneración), mientras que la transmisión por solitones es la tecnología clave de la futura transmisión submarina transoceánica.

La mezcla de canales TDM (a 2,5 ó 10 Gbit/s) por multiplexación por división de longitud de onda ya es técnicamente factible para aumentar la capacidad, con muchos intereses inmediatos: superar los límites de la dispersión cromática y la dispersión de modo polarizado (PMD), evitando componentes electrónicos y optoelectrónicos demasiado complejos, mejorar gradualmente la capacidad de los enlaces, protección intrínseca, permitiendo la transmisión a decenas de Gigabit/s sobre una única fibra (p. ej., 40 Gbit/s sobre más de 100 km de fibra estándar). Además, la multiplexación en el dominio de la longitud de onda abre el camino de la futura red transparente con encaminamiento óptico [12,13].

El exacto balance entre las multiplexaciones por división de los dominios del tiempo (TDM) y de la longitud de onda (WDM) depende de los parámetros del sistema a gestionar. Junto a los problemas técnicos aún por resolver, un importante trabajo por realizar

es la evolución de las normas que finalmente serán decisivas para la globalización de la red.

## Referencias

- 1 R. Heidemann, B. Wedding, y G. Veith, "10 GB/s transmission and beyond," Número especial del IEEE sobre "Optical Communication Network Trends", vol. 81, 1993, n° 11, artículo invitado, págs. 1558-1567
  - 2 B. Wedding, B. Franz, D. Schlump, S. Dahl-Petersen, K. Schuesler, y A. Grunnet-Jepsen, "10 Gbit/s to 8 million terminals (HD) TV distribution experiment," en Tech. Dig. ICC'93, Ginebra, 1993
  - 3 B. Wedding, "New method for optical transmission beyond dispersion limit", IEE Electron. Lett., 28, 1992, 14, págs. 1298-1300
  - 4 F. Bruyère y O. Audouin, "Assessment of system penalties induced by polarization of mode dispersion in a 5 Gbit/s optically amplified transoceanic link," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 6, págs.443-445, 1994
  - 5 B. Wedding, B. Franz y B. Junginger, "10 Gbit/s optical transmission up to 253 km via standard singlemode fibre using the method of dispersion supported transmission," artículo invitado a publicar en IEEE Journal of Lightwave Technology
  - 6 B. Wedding, "Analysis of fibre transfer function and determination of receiver frequency response for dispersion supported transmission," en IEE Electron. Lett., 30, 1994, 1, págs. 58-59
  - 7 B. Wedding y E. Schlag, "Novel 10 Gbit/s integrated silicon bipolar decision circuit for dispersion supported transmission," en IEE Electron. Lett., 30, 1992, 5, págs. 399-400
  - 8 B. Wedding, "Dispersion-supported transmission at 1550 nm on long spans of conventional single-mode fiber," en Tech. Dig. OFC'94, San Jose, EE.UU., artículo invitado TuN1
  - 9 B. Wedding, B. Franz, B. Junginger, B. Clesca y P. Bousselet, "Repeaterless optical transmission at 10 Gbit/s via 182 km of standard singlemode fibre using a high power booster amplifier," en IEE Electron. Lett., 29, 1993, 17, págs. 1498-1500
  - 10 O. Audouin, J.P. Hamaide, E. Brun, L. Prigent, F. Bruyère y J.J. Bernard, "Design of amplified optical transoceanic systems with wavelength division multiplexed soliton pulses," en Tech. Dig. Suboptic'93, Versalles, Francia, págs. 61-65
  - 11 B. Clesca, D. Bayart, C. C\_urjolly, L. Berthelon, L. Hamon y J.L. Beylat, "Over 25-nm, 16 wavelength-multiplexed signal transmission through four fluoride-based fiber-amplifier cascade and 440 km standard fiber," en Tech. Dig. OFC'94, San Jose, EE.UU., artículo PD20.
  - 12 D. Boettle, G. Eilenberger, A. Fioretti, F. Masetti y M. Sotom, "Hacia una conectividad óptica total", en este número de Comunicaciones Eléctricas
  - 13 T. Van Landegem, M. De Prycker y F. Van den Brande, "2005: una visión de la red del futuro" en este número de Comunicaciones Eléctricas
- José Chesnoy** está graduado en la Ecole Polytechnique (París, 1977). Recibió el diploma d'Etudes Approfondies en óptica cuántica en 1977 por la universidad de París XI. Recibió el Doctorat d'Etat en 1984 por la misma universidad. en 1980 ingresó en el Centro Nacional de Investigación Científica; en 1985, fundó y estuvo a cargo de un grupo que trabajó en el área de pulsos de femtosegundos en el Laboratoire d'Optique Quantique (Palaiseau). en 1989 pasó a Alcatel Alsthom Recherche, ahora Alcatel Corporate Research Center y, desde 1990, ha sido jefe del departamento de Sistemas fotónicos y de fibra. En la actualidad es jefe de la división de "sistemas ópticos de largo alcance" en el Corporate Research Centre y líder de los proyectos "sistemas de encaminamiento y transmisión óptica" y "cables y fibras ópticas". Actualmente trabaja en el diseño, fabricación y caracterización de fibras ópticas, amplificación óptica, no linealidad entre fibras ópticas y componentes semiconductores, técnicas de modulación y sistemas de transmisión óptica.
- Bertrand Clesca** nació en Cambrai, Francia, en 1963. Recibió el grado de diplomado en ingeniería en óptica por la Ecole Supérieure d'Optique, Orsay, en 1986 y un Master en telecomunicación por la Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, París, en 1988. El mismo año ingresó en Alcatel Alsthom Recherche, ahora Alcatel Corporate Research Centre, donde ha trabajado en estudios sobre técnicas de detección heterodina, enlaces transoceánicos amplificados ultralargos y sistemas de distribución analógicos. Actualmente trabaja en el campo de los sistemas digitales de multilongitud de onda y terrestres.
- Rolf Heidemann** recibió el diploma y el doctorado en física en 1976 y 1983 respectivamente por el Instituto de Física Aplicada de la Universidad de Münster, Alemania. Entre 1978 y 1983 fue asistente de investigación en el Instituto de Física Aplicada. Ingresó en 1983 en el centro de investigación de Standard Elektrik Lorenz AG (SEL), ahora Alcatel Corporate Research Centre, de Stuttgart, Alemania, siendo en 1985 jefe del departamento de transmisión por fibras ópticas. Actualmente trabaja en sistemas de líneas de abonado (RDSI-BA), sistemas de CATV por fibra óptica analógicos, sistemas de transmisión de multigigabit por segundo, y tecnologías fotónicas (amplificación óptica, regeneración, conmutación).
- Berthold Wedding** nació en Borken, Westfalia, Alemania, en 1955. Recibió el diploma y el doctorado en física en 1976 y 1983 respectivamente por el Instituto de Física Aplicada de la Universidad de Münster, Alemania. Su trabajo de investigación fue sobre propagación de ondas no lineales, resonadores de microondas no lineales e interferómetros ópticos de biestables y multiestables. en 1985 ingresó en el centro de investigación de Standard Elektrik Lorenz AG (SEL), ahora Alcatel Corporate Research Centre, de Stuttgart, Alemania, en 1985, donde ahora es jefe de grupo responsable de la investigación de sistemas de transmisión ópticos de alta velocidad.

# Hacia una conectividad óptica total

D. Boettle, G. Eilenberger

Alcatel Corporate Research Centre, Stuttgart, Alemania

A. Fioretti, F. Masetti, M. Sotom

Alcatel Corporate Research Centre, Marcoussis, Francia

## Introducción

El entorno de la telecomunicación está evolucionando hacia redes interconectadas pero cada vez más heterogéneas. El esperado crecimiento de la demanda de los servicios existentes y la introducción de nuevos servicios avanzados hace esperar la creación de un gran incremento del flujo de tráfico para comienzos del próximo siglo.

La actual evolución de la red de telecomunicaciones está dirigida por la introducción de los modos de transferencia asíncrona y síncrona (ATM, SDH) [1, 2, 3], que requieren avanzadas tecnologías de proceso y conmutación. Aunque los módulos hardware necesarios para el diseño de redes de área extendida están disponibles, surgen aspectos complejos con la gestión de los recursos de la red. Para poder simplificar la tarea de transferencia, se concibió la estructura en capas de la red de transporte mostrada en la **Figura 1** [4]. La red de transporte proporciona una plataforma de comunicaciones para el segmento de servicios cuya función es soportar y gestionar los servicios.

Las técnicas ópticas avanzadas son frecuentemente consideradas como solamente aplicables a la red central. Esto no refleja una perspectiva a largo plazo que abarca el amplio uso de técnicas ópticas en toda la red, que conduce al concepto de conectividad óptica. La conectividad óptica se dirige a toda la red de transporte, incluyendo aspectos de control tales como la posición de la inteligencia del enrutamiento y el transporte de la información de señalización entre los usuarios y la infraestructura de control.

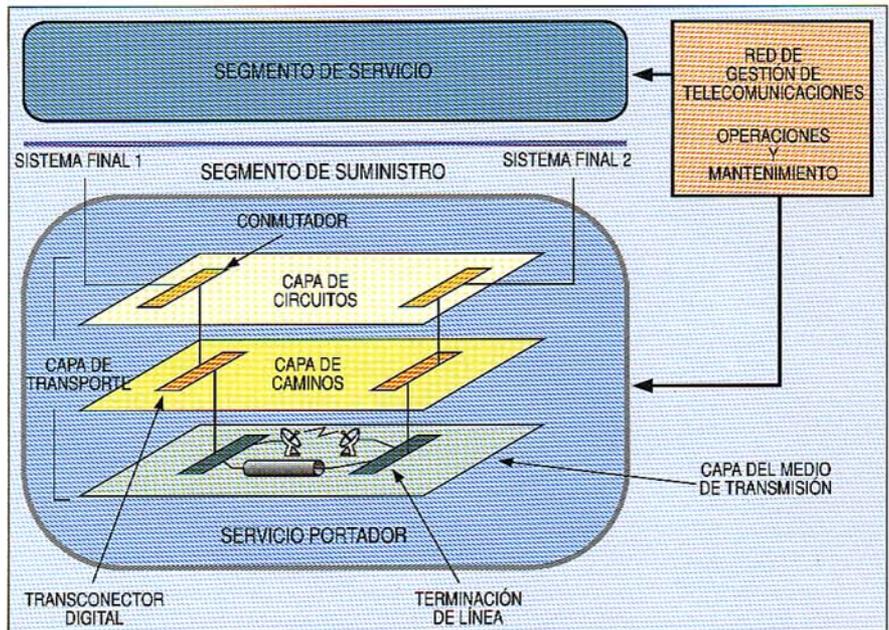
La perspectiva actual es que la madurez de la óptica para el enruta-

miento y la conmutación no solo puede proporcionar una respuesta efectiva a los requisitos de transporte de esta estructura de capas [5, 6], sino que puede también preparar el camino para unas redes menos jerarquizadas y más sencillas y, finalmente, permitir la introducción de cambios radicales que pueden ir más allá de los límites de la red de transporte de hoy en día, de una manera similar al SDH. La tendencia hacia una reducción del número de niveles jerárquicos, que es ya noticiable en la estructura existente, lo permitirá la óptica ya que se necesitarán gradualmente mayores capacidades de transmisión y se generarán estructuras radiales en la capa de transporte que serán solo posibles con un uso extensivo de las técnicas ópticas. La tendencia hacia la simplificación hará que la funciones complejas de los actuales nodos electrónicos y los recursos inte-

ligentes de la red se desplacen hacia la periferia de la red.

Además de la capacidad y de la flexibilidad, la óptica puede proporcionar un grado de transparencia de red que puede enmascarar a los usuarios y operadores la heterogeneidad de las entidades de transporte, explotando los dominios de espacio y de longitud de onda para realizar las funciones de enrutamiento. Por ello, la transparencia puede llegar a ser un útil mecanismo de integración de la red en contextos en donde los usuarios de las redes totalmente ópticas son redes PDH, ATM y SDH, y en general grupos de tráfico de abonados en lugar de abonados individuales. La transparencia en particular puede ser el factor que posibilite un nuevo enfoque radical que puede proporcionar simplicidad y contener la gestión y posiblemente los costes del software. En consecuencia en la

Figura 1 - Modelo de red y relaciones con la capa de red de transporte



red, una sección transparente, que simplifica y asegura el futuro de la red central y de parte de la red de acceso, interaccionará con una nueva arquitectura de conmutación para solucionar la falta de granularidad entre la red central y las redes de instalaciones de abonados y para permitir el establecimiento de comunicaciones extremo a extremo. El resultado es una penetración global de las técnicas ópticas en toda la red, lo que justifica la utilización del término conectividad óptica.

La óptica puede ser vista como una forma flexible de implantar redes superpuestas y que puede trabajar dentro de estructuras de redes en capas basadas en una relación cliente/servidor.

Esto es verdad e importante ya que una red óptica debe proporcionar servicios de transporte baratos para las redes ya desplegadas sin que estas sean modificadas. Sin embargo, debe apuntarse que la introducción de nuevas capas y de redes sobre y por encima de las ya existentes es un proceso que conlleva sus propias limitaciones. De hecho, cada nueva capa implica añadir una carga administrativa que no impactará favorablemente sobre las operaciones de red y que introducirá costes adicionales que podrían no compensar las ventajas que parecían al principio justificar su introducción.

La introducción de una nueva tecnología es mucho más probable que sea deseable para mejorar las operaciones de una red si ello contribuye a simplificar su estructura y, por tanto, a reducir la carga administrativa. Este artículo pretende explicar detalladamente lo que se espera a largo plazo de la óptica de una red más plana, y menos jerarquizada que ofrezca un rendimiento operativo más favorable y sencillo.

### Normas de diseño de la red

Este apartado presenta una lista no completa de normas de diseño de red dirigidas a las redes del año 2010. La subyacente incertidumbre acerca de la evolución exige requisitos abiertos,

reconociendo que la madurez tecnológica y operacional se alcanzará en la próxima década y durará mucho tiempo. Estas normas establecen los términos de referencia a debatir desarrollados en los siguientes apartados.

*Simplificación de la red, del sistema y del control* - Una de las características más notables de la continua evolución de la red es el paso desde una red orientada al hardware (HW) a una orientada al software (SW). A largo plazo, es probable que surja una "reacción contraria" a la red orientada al software. Esta aseveración no debe ser mal interpretada: las redes se están convirtiendo y continuarán estando orientadas al software, pero sin embargo hay que reconocer que el SW ha producido fallos catastróficos en la red y ello es algo que no se puede desestimar.

La consecuencia es que la red necesita centrarse alrededor de la idea de *simplificación*. En particular, solo son posibles estructuras SW más sencillas si la infraestructura HW básica es simultáneamente más sencilla y articulada en un número reducido de planos jerárquicos y administrativos. Esto es exactamente lo que finalmente la óptica podría ofrecer a la red.

Hay que subrayar aquí que una partición más simple de la red abre el camino a redes auto organizadas y autogestionadas (y finalmente autoaprendices) con el potencial de una simplificación radical de la estructura software, que esquemáticamente exhibiría un conjunto de funcionalidades básicas permanentes impregnando la red central y con el objetivo de prevenir la congestión y las caídas. La periferia de la red acomodaría las funcionalidades complejas y permitiría su repetición de acuerdo con la demanda para permitir el despliegue del servicio y, por tanto, la inversión de capital en el momento justo.

*Rendimiento operacional favorable* - Es decir, una relación favorable entre las características de la red y los ahorros/ventajas operacionales. Se pueden tomar diferentes enfoques en la red

para soportar la futura demanda de servicios y de sus características. El nivel de incertidumbre en la previsión de las necesidades hace también esencial la provisión de una infraestructura de red que pueda adaptarse con la suficiente rapidez para conmutar este tráfico y en el que se pueda retrasar tanto como sea posible la inversión hasta que los abonados compren un servicio.

*Transporte global* - Esto quiere decir que debe ser posible, o dentro de una economía nacional de telecomunicaciones liberalizada o sobre las diferentes fronteras nacionales, el que un servicio de transporte pueda proporcionar uno de los enlaces en un servicio específico global.

*Capacidad* - La red central de un país europeo con una población de más de 40 millones de habitantes, operando una red digital PDH, y con un mercado de servicios no conmutados bien desarrollado presenta entre 50 y 60 nodos de enrutamiento importantes que podrían evolucionar a nodos de encañamiento ópticos de capacidad entre 0,1 y 1 Tbit/s para comienzos de la próxima década. Estos nodos pueden ser interconectados mediante enlaces de 2,5 y 10 Gbit/s. La capacidad total de esta red es probable que sea del orden de algunas decenas de Tbit/s.

*Crecimiento/escalabilidad/modularidad* - El crecimiento de la red implica la posibilidad de añadir facilidades para incrementar la capacidad de la red. Se aplica a la red, nodos, enlaces y longitudes de onda. La escalabilidad supone el crecer con pequeños costes de incremento uniforme, así como el permitir cambios razonables en la topología de la red. En el caso de redes ópticas de multilongitud de onda, el número de longitudes de onda requeridas debe ser independiente del número de nodos de la red. La modularidad implica una red construida con un número relativamente pequeño de módulos básicos que se usan de forma combinada con los ya existentes y de enlaces con un alcance mayor.

**Mejora** - La red en todos sus aspectos debe evolucionar de tal forma que la conectividad y compatibilidad con la redes ya instaladas esté aseguradas. La mejora es especialmente importante en la red de acceso para que sea a prueba de futuro, ya que la base instalada es grande y se requieren enormes inversiones para su total sustitución. Como la base instalada en la red central es más pequeña la mejora conlleva diferentes requisitos.

**Capacidad evolutiva** - Cualquier nuevo concepto de red pensado para el futuro debe proporcionar la posibilidad de evolución partiendo de lo que ya existe. Sin embargo, un método incremental puede ser restrictivo. Por ello, la continuidad no implica necesariamente el cumplimiento estricto con el marco de arquitectura sino más bien la adherencia a él para preservar la integridad de una visión de red gestionada. El sistema de operación, administración y mantenimiento (OAM) de la red óptica debe ser compatible dentro del mismo marco de gestión.

**Granularidad** - La granularidad está definida por la capacidad más baja de la entidad de transporte gestionada. En el caso de redes ópticas la granularidad es equivalente a la capacidad de un único camino óptico individual entre las terminaciones ópticas. En el caso de multiplexación por división de la longitud de onda (WDM), un camino óptico es la concatenación de diferentes longitudes de onda, y la velocidad de línea de cada longitud de onda puede tomar cualquier valor hasta el máximo permitido por los interfaces de la red.

**Flexibilidad** - La flexibilidad es una medida de la capacidad de la red para responder a los cambios en los patrones de la demanda. En las redes de acceso/privadas es posible incluir la capacidad de respuesta eficiente y rápida a la demanda de abonados individuales, especialmente a los cambios en las peticiones de capacidad. La flexibilidad de la red central se refiere a la capacidad de reconfiguración de la

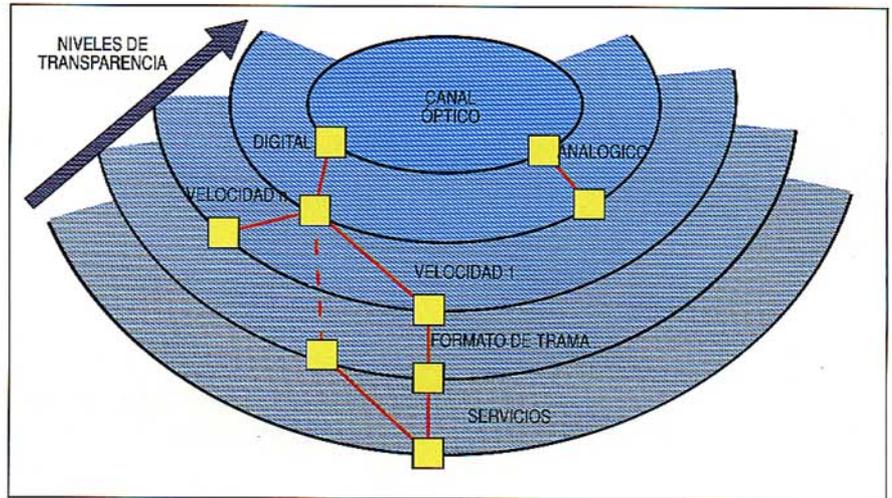


Figura 2 - Definición de niveles de transparencia

red para acomodarse a los cambios de tráfico, de manera que se evite la congestión sin cambiar la instalación hardware de la red.

**Auto-recuperación** - Caracteriza la capacidad de una red para recuperarse de un fallo. Los mecanismos de auto-recuperación se dividen normalmente en protección (altos recursos extras y tiempo de conmutación rápido) y restauración (bajos recursos extras y tiempo de conmutación más lento). Como en una red fotónica el coste de los recursos extras son probablemente bajos, los mecanismos de protección autónomos serán probablemente unas de las primeras aplicaciones de la tecnología óptica y las técnicas WDM ofrecen un método potencialmente adecuado para la creación de capacidades disjuntas extras en enrutamientos alternativos.

**Transparencia** - Para calificar este requisito la definición de transparencia necesita ser aclarada. El concepto de transparencia total se refiere a una entidad cuya operación es independiente del servicio/formato de la trama/esquema de codificación/velocidad de la señal/señal física (analógica o digital). La noción de transparencia se aplica tanto a un elemento dado de la red como a partes de la red en su conjunto. La transparencia total no suele estar normalmente disponible (p. ej., los amplificadores ópticos de fibra

dopada se diseñan solamente para transmisión analógica o digital); existen diferentes niveles de transparencia y la **Figura 2** aplica este concepto a un camino óptico. Una red óptica debe proporcionar servicios de transporte baratos para las redes ya desplegadas trabajando bajo la base de que no tengan que ser modificadas. Para alcanzar este objetivo la capa óptica tiene que ser transparente a la tara transportada, es decir servicios, modos de transferencia y velocidades, lo que implica el preservar las taras internas y el código de línea de la transmisión óptica ya desplegado.

**Calidad de servicio** - La calidad de transporte medido a nivel de servicio, o cercano a él, es un aspecto contractual entre proveedor y usuario del servicio. Las facilidades OAM deben ser incluidas en las señales ópticas para proporcionar una supervisión de la continuidad y de la calidad, identificar y restaurar caminos a lo largo de la red, y gestionar cooperativamente los caminos o secciones que cruzan diferentes sistemas TMN. Los parámetros derivados de las tasas de error de bloque ya están definidos para los servicios digitales. La calidad también se mide en las capas de servicios con fines de mantenimiento para la detección de degradamientos o comienzos de un fallo. Los parámetros obtenidos de los errores de transmisión se usan igualmente con este propósito en los

sistemas digitales, pero los que están directamente relacionados con el rendimiento de la sección óptica (p. ej., nivel de potencia, relación entre señal óptica y ruido, etc.) serán los adecuados para la función de mantenimiento. El requisito sobre transparencia se encuentra con dificultades tecnológicas, ya que las medidas de calidad que puedan estar relacionadas con los parámetros convencionales de calidad obtenidos de las tasas de error de bits no pueden ser llevadas a cabo directamente sobre una portadora óptica sin violar la propia transparencia de la portadora. Esta circunstancia deja abiertas dos posibilidades diferentes:

- a) Un camino óptico transparente se define como un recurso de transporte con una calidad de servicio asociada. Si se demostrara la aceptación de las medidas ópticas factibles, se alcanzaría el máximo nivel de transparencia y no habría otro problema en el interfaz que la implantación de las medidas de calidad. Su aceptación general prepararía el camino de la explotación práctica de la transparencia.
- b) Si se acepta un diferente nivel de transparencia es todavía posible concebir una red óptica transparente que incorpore interfaces eléctricos para asegurar medidas de calidad de los caminos ópticos basadas en procedimientos convencionales. Esta medida no es simplemente un aspecto técnico, ya que los clientes de una red transparente serían operadores

para las cuales la unidad de calidad normalizada es la tasa de error de bits. En este caso, la transparencia está a nivel del formato de la trama en los interfaces; la transparencia total inherente de los caminos ópticos y de los nodos de enrutamiento puede todavía usarse para el transporte SDH, PDH o cualquier otro formato.

**Complementariedad entre conmutación y enrutamiento**

La arquitectura de capas de la Figura 1 es un concepto fundamental sobre el que se basa la red de transporte, ya que se simplifica el diseño, desarrollo y operación de red y permite una suave evolución en concordancia con las demandas del abonado. Esto es posible realizarlo por medio de la apropiada asignación de funciones a las distintas capas. El concepto de capas facilita también la evolución de cada capa independientemente unas de las otras, introduciendo tecnologías específicas para cada una de ellas.

El circuito es una conexión extremo a extremo establecida/liberada dinámicamente. El medio de transmisión, que interconecta nodos y/o abonados, está construido basándose en un suministro a largo plazo. La capa de caminos une estas dos capas y juega un papel importante en la construcción fiable y flexible de redes.

Se pueden desarrollar varias redes alternativas de transporte totalmente ópticas, lo que requiere distintos

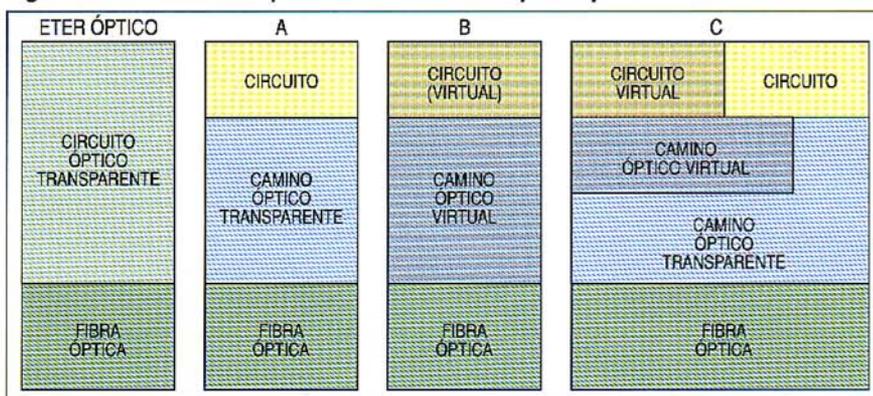
supuestos y conocimientos técnicos. Su descripción se proporciona seguidamente, de acuerdo a la estructura de capas que se muestra en la Figura 3.

*Éter óptico* - El primer escenario bien conocido es una estructura de red simple y flexible, que se conoce frecuentemente como éter óptico. Una capacidad total del medio se pone a disposición de las terminaciones del abonado, en donde se localizan igualmente la función de conmutación. Las conexiones extremo a extremo se establecen seleccionando el canal apropiado para dos ó más abonados. La multiplexación por división espacial y de longitud de onda se usa para proporcionar una transparencia total (al servicio, formato y velocidad). La estructura de la red es completamente plana, pero se necesita un elevado número de canales.

*Red basada en conmutación de circuitos (A)* - Es de hecho una red de enrutamiento de caminos, donde la conmutación por transconexión de caminos ópticos transparentes se obtiene siguiendo los principios de la conmutación de circuitos. Una capacidad del medio total se pone a disposición de los nodos de acceso, con una granularidad igual a un camino óptico. La concentración, multiplexación y conmutación del tráfico de abonados a nivel de circuito se distribuye y desplaza a las fronteras de la red de transporte. La multiplexación por división espacial y de longitud de onda se utiliza para proporcionar un nivel individual de enrutamiento de caminos, donde se conserva la transparencia total. La estructura de la red no está jerarquizada, pero se requiere un elevado número de caminos ópticos.

*Red basada en conmutación de paquetes (B)* - Es una red de enrutamiento de caminos, que sigue los principios de la conmutación de paquetes para realizar la transconexión de los caminos ópticos virtuales. La capacidad total del medio se pone a disposición de los nodos de acceso donde el bloque de granularidad menor es igual a un paquete. Espacio, longitud de

Figura 3 - Estructura de capas de las redes de transporte ópticas alternativas



onda y tiempo se explotan para proporcionar una elevada granularidad y enrutamiento transparente sin velocidad. Los paquetes se multiplexan por división de tiempo o estadísticamente o determinísticamente, y se enrutan individualmente tanto en modos orientado a la conexión como en el sin conexión. La inteligencia del enrutamiento está distribuida por toda la red: cada paquete incluye una cabecera que identifica el propio paquete y el camino al que pertenece. Consecuentemente, cada nodo óptico incorpora diversas funcionalidades complejas, tales como decodificación de la cabecera del paquete y el almacenamiento temporal o mecanismos equivalentes para la resolución de contiendas. La estructura de la red no está jerarquizada, aunque se pierde la transparencia de la velocidad y del formato.

*Red combinada de conmutación de circuitos y paquetes (C)* - El concepto de transparencia óptica podría en principio ser aplicado a la red en su totalidad o a grandes partes de ella, y dar lugar a una familia de redes que respondieran a una norma de diseño que intentara extender la transparencia desde el núcleo al acceso, hasta que se obtuviese una combinación equilibrada entre el enrutamiento óptico transparente y las facilidades de conmutación óptica basadas en paquetes. La principal característica de este acuerdo, que explotaría mejor las características de la óptica en un escenario amplio de la red, serían las siguientes:

- concentración, multiplexación y conmutación del tráfico de usuario desplazado a las fronteras de la red, realizándose solamente transconexiones de los caminos ópticos
- conexiones establecidas de acuerdo a los requisitos de tráfico por un centro de gestión de red.

Consideraciones prácticas relativas al número de longitudes de onda disponibles y a la granularidad de canal para redes de gran tamaño añaden dos nuevos factores que llevan a esta solución, la integración de los conceptos A y B

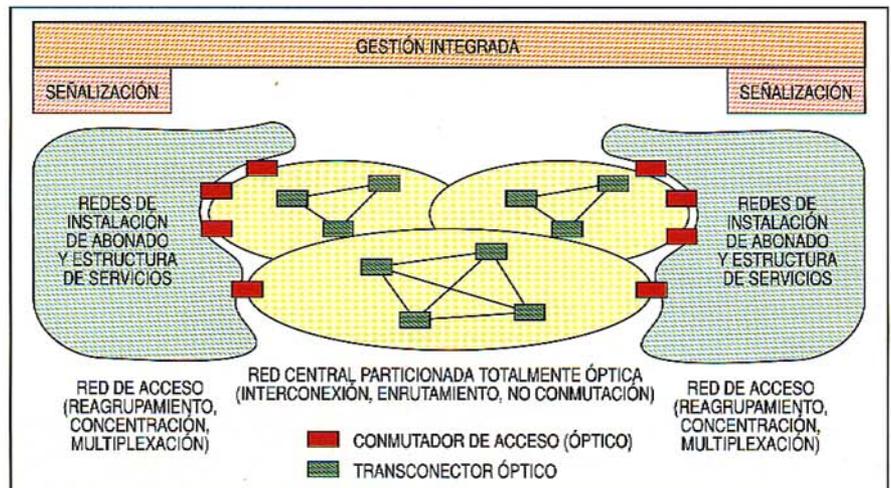


Figura 4 - Ejemplo de la futura red de transporte totalmente óptica

de la Figura 3. El resultado es una red de enrutamiento de caminos que es solo parcialmente transparente: secciones totalmente transparentes, que simplifican y ponen a prueba de futuro partes de la red transporte se combinan con una infraestructura de conmutación menos extrema que en los casos previos, para solventar la falta de granularidad entre el acceso al abonado y la red central. La consecuencia es que la formación de una infraestructura de red flexible y de gran tamaño necesita del concepto de partición de red donde se utilizan, como se muestra en la **Figura 3c**, técnicas de empaquetado en las capas de circuitos y caminos. La futura arquitectura de red central se puede concebir como una malla relativamente bien conectada, cuyos nodos se interconectan mediante enlaces bidireccionales WDM. La multiplexación por división de longitud de onda y de espacio se explotan para proporcionar un primer nivel de caminos ópticos transparentes como recursos transparentes universales asociados con los flujos de datos. Los caminos ópticos virtuales se agruparán en caminos ópticos transparentes. Los nodos basados en la conmutación de paquetes transconectan los caminos ópticos virtuales. El escenario se muestra en la **Figura 4**.

En la parte del abonado, el despliegue de la fibra extiende el dominio óptico hacia afuera mediante anillos y redes ópticas pasivas (PON). En parti-

cular, unas superPON (con una relación de división > 3000 y con más de 50 km de alcance) operadas con técnicas de multiplexación por división de longitud de onda o tiempo y de acceso incrementarán significativamente el alcance de la red de acceso. Además, la penetración de los servicios de banda ancha crearán crecientes volúmenes y nuevos tipos de tráfico que serán soportados por la red de acceso y central.

El acceso de los abonados a la red se basará probablemente en las normas ATM/SDH. La red central (con enlaces WDM operados hasta 10 Gbit/s) tendrán una disparidad de granularidad con la anchura de banda del acceso de abonado, a saber, la granularidad de la conmutación para algunos servicios de abonado estará por debajo del más pequeño bloque de capacidad conmutada en el núcleo. La capacidad de conmutación requerida en la red de acceso para la concentración y multiplexación del tráfico de abonado manejará conexiones extremo a extremo en el dominio ATM/SDH, dando acceso a la red óptica central de transporte, donde preferentemente se realiza el enrutamiento de los caminos. Los circuitos establecidos entre los conmutadores se agrupan y tratan como un camino, que se acomoda dentro de la capa del medio de transmisión por los sistemas de transconectores.

Las técnicas de paquetes ópticos podrían por tanto introducirse también en la red central para atender el doble

propósito de interconexión de las particiones y mejorar la granularidad de los enlaces transparentes WDM. Esto permitiría una utilización más eficiente de los recursos dentro de las particiones transparentes. Además, el enrutamiento de los caminos de paquetes ópticos limitaría también la complejidad de los nodos del núcleo.

El uso de técnicas de caminos virtuales conduce a la mejora en la utilización de la anchura de banda y permite que los servicios sean establecidos de una manera rápida y automática. Además esto estaría de acuerdo sinérgicamente con la tendencia correspondiente, que está en curso fuera de las fronteras de la red de transporte, para el desplazamiento a la periferia de la red de la detallada complejidad de las funciones más sofisticadas. Más específicamente, la estructuración del segmento de servicios como una cadena de servicios de valor añadido dentro de la arquitectura software de TINA (Telecommunications Information

Networking Architecture) [7] estará disponible por el suministro de un segmento sencillo y jerárquicamente plano (es decir, la red de transporte) capaz de soportar eficazmente las funcionalidades de la frontera entre dos segmentos de red, que se representa por un entorno de proceso distribuido.

### Descripción funcional de los principales elementos de la red óptica

De acuerdo con las estructuras en capas de la Figura 3, la red óptica se basará en cuatro tipos fundamentales de nodos, operando cada uno en una diferente capa/subcapa. Este apartado proporciona una descripción funcional de estos elementos de la red.

#### Transconectores ópticos transparentes

Este tipo de elemento de red opera en la capa de caminos. Su papel es confi-

gurar la red central de acuerdo con sus necesidades, enrutando los caminos ópticos transparentes a través de conexiones semipermanentes. La configuración de transconexión se establece de acuerdo con las instrucciones recibidas de la gestión de red.

Proporcionan la conexión entre cualquier pareja puertos de entrada y de salida, así como la capacidad de puente y multidifusión, y todo en un modo estrictamente no-bloqueable. Esto significa que hay siempre una forma única y directa para establecer la conexión independientemente del estado de la configuración de los transconectores, en contraste con una estructura reorganizable no-bloqueable que necesitaría de una reasignación de los canales ya establecidos. Las interrupciones son así evitadas cuando se necesita la reconfiguración para cumplir con los cambios de tráfico. Ningún algoritmo específico de configuración es necesario para establecer un conjunto de conexiones a

Tabla 1 - Funcionalidades comparativas de los principales elementos de la red óptica

Elemento de red	OXC transparente	OXC de canal temporal	Commutador óptico
Capa de red de transporte significativa	Capa de caminos	Capa de caminos	Capa de circuitos
Entidad de transporte tratada	Camino óptico transparente temporal	Camino óptico de canal temporal	Circuito óptico de canal
Funcionalidad	Enrutamiento punto a punto, puente, multidifusión	Enrutamiento punto a punto, puente, multidifusión	Multiplexación, conmutación, multidifusión
Dominio de operación	Longitud onda/espacio	Tiempo/longitud de onda/espacio	Tiempo/longitud de onda/espacio
Accesibilidad	Estrictamente no bloqueante	Virtualmente no bloqueante (se requiere resolución de contiendas)	Bloqueante (se requiere resolución de contiendas)
Tiempo de la configuración hardware interna	Escala de ms	Escala de ns	Escala de ns
Control de gestión	Centralizado	Centralizado/distribuido	Local
Funcionalidades de interfaz	Extracción de canal OAM	Sincronismo, cabecera, decodificación	Sincronismo, cabecera, decodificación y actualización
Nivel de transparencia	Servicio/formato de trama/velocidad/esquema de codificación	Servicio	Servicio
Situación física	Nodo de red central	Nodo de red central	Nodo de acceso

nivel de nodo, y los asuntos de congestión que se deben atender a nivel de red pueden ser resueltos considerando solamente la disponibilidad de los recursos de los enlaces de transmisión.

Los caminos ópticos se crean explotando los dominios de la longitud de onda y del espacio; para obtener una mayor flexibilidad la longitud de onda se asigna y reutiliza basándose en el criterio de "por enlace", así la longitud de onda se ve como un recurso de transporte y no tiene ningún significado de extremo a extremo. Una consecuencia práctica es que se requiere la conversión de la longitud de onda en el OXC (transconector óptico).

La implantación de una conversión totalmente óptica de la longitud de onda y de una conmutación - división-espacio proporciona a esta capa un alto nivel de transparencia para acomodar una amplia gama de señales digitales con diferentes formatos de trama, esquemas de codificación y velocidades (Tabla 1).

#### Transconectores ópticos de canal temporal

Son sistemas de enrutamiento que operan en la capa de caminos ópticos y proporcionan las mismas funcionalidades que se han descrito anteriormente para los OXC transparentes, es decir, enrutamiento, puente y multidifusión. Operan en la subcapa de caminos ópticos virtuales (Figura 5).

Las diferencias internas surgen del hecho de que tratan con canales temporales más que con caminos ópticos transparentes, y proporcionan una capa de caminos con una granularidad más fina. Estos canales temporales se rellenan con paquetes de longitud fija, multiplexados estadísticamente aunque de forma síncrona. Como resultado, la estructura de los transconectores se opera de forma síncrona y se reconfiguran en base a los canales temporales. La inmediata consecuencia es que se requiere una función de sincronización.

Cada paquete se caracteriza por una sección cabecera que identifica o el destino del paquete o la conexión a

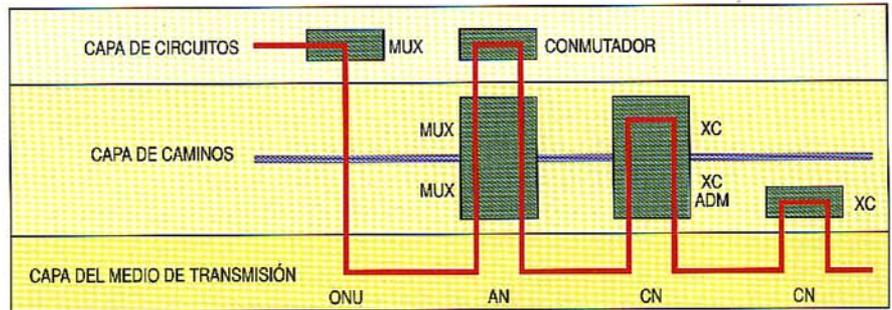


Figura 5 - Posibles relaciones funcionales de los nodos de red dentro de la estructura de capas (ONU: unidad de red óptica, AN: nodo de acceso, CN: nodo central)

la que pertenece. Por tanto la decodificación de la cabecera es necesaria en el interfaz de entrada del nodo. Asumiendo que la cabecera del paquete óptico está formateada para facilitar una sincronización más sencilla y una decodificación simple, los OXC de canal temporal se deberían hacer totalmente ópticos, es decir, conservar la continuidad del camino óptico. Como resultado del multiplexado estadístico, la colisión puede ocurrir entre paquetes que tengan el mismo destino. Se han propuesto diversos esquemas para solucionar las contendas basados bien en el uso de líneas de retardo de fibra conmutada para almacenamiento óptico temporal o en la explotación de la conversión de la longitud de onda con aumento del número de longitudes de onda por enlace [8, 9].

Los OXC de canal temporal reciben instrucciones en relación a su configuración lógica de transconexión desde un gestor de red. Por otro lado, la configuración física de transconexión depende también del flujo de llegada de los paquetes y la reconfiguración rápida de la resolución de contendas tiene que ser gestionada localmente.

Debido a que el tratamiento de caminos transparentes o virtuales se traduce en diferentes requisitos, hay que hacer una distinción entre los dos tipos de transconectores, aunque se debe considerar que algunos nodos del núcleo de la red pueden estar equipados con ambos. Igualmente se podrían considerar transconectores capaces de tratar ambos modos de transferencia simultáneamente en una mezcla arbitraria.

#### Multiplexor óptico de inserción/extracción

Este tipo de elemento de red se utiliza como una unidad pequeña capaz de insertar o extraer parte de la capacidad de transmisión de un enlace WDM individual. Puede ser utilizado como punto de acceso descentralizado en la red de acceso o como un pequeño nodo de la red central para proporcionar puntos de ramificación en la topología de la red. Los multiplexores de inserción/extracción tratan normalmente con conexiones semipermanentes y pueden trabajar sobre caminos ópticos transparentes completos o sobre caminos virtuales, o sobre ambos tipos; cumplen los mismos requisitos funcionales que los transconectores correspondientes.

#### Conmutador óptico

Este tipo de nodo es necesario para manejar conexiones extremo a extremo. Está situado en la red central en la frontera con la red de acceso, que proporciona la multiplexación y concentración del tráfico de abonado. Este nodo trata el tráfico generado por los abonados y formateado de acuerdo a los protocolos ATM/SDH, motivo por el que incorpora una estructura basada en conmutación de paquetes. La matriz de conmutación es enteramente óptica, para realizar una conmutación rápida de paquetes en los dominios de longitud de onda, espacio y posiblemente tiempo [8, 9]. Una importante cantidad de componentes electrónicos se mantendrá a corto plazo para la realización de funciones complejas, normalmente requeridas, como la concentración del

tráfico, la multiplexación y el incremento de la velocidad, el procesado de la cabecera de los paquetes y el almacenamiento temporal en gran escala. Las memorias y procesadores fotónicos, cuando estén disponibles, solucionarán finalmente esta discontinuidad proporcionando el auténtico transporte óptico de abonado a abonado. Además, en el lado del núcleo de la red se necesita la adaptación del formato a la específica subcapa de transporte óptico.

Finalmente, en la Figura 5 se ilustran las relaciones de conectividad entre los principales elementos, previamente descritos, así como sus localizaciones más probables en la red.

### Consideraciones sobre la evolución

La evolución hacia una red completamente óptica está gobernada por muchos factores, que incluyen el crecimiento del tráfico como consecuencia del incremento de la demanda de servicios, el coste y los aspectos reguladores y, naturalmente, la tecnología disponible.

Se consideran dos escenarios de evolución, en principio no relacionados. Ambos parten de consideraciones igualmente probables y que no son mutuamente excluyentes. De hecho, el que uno u otro de ellos se hiciera realidad solo reforzaría el otro.

El primero de ellos está dirigido por el crecimiento y la necesidad de contener o minimizar el transporte, base del coste de la operación. Es una extrapolación de los principales agentes conductores de SDH ya observados [10]. Cuando la capacidad de la red central llegue a 5 ó 10 veces su tamaño actual, la congestión, el precio y aspectos de calidad llevarán a una revalorización de la trama de distribución óptica. Suponiendo que el coste de suministro es menor que el beneficio estimado en términos de ahorro en coste de operación, las necesarias condiciones se darán para el comienzo de la instalación sistemática de las autopistas WDM, justificadas solamente por la eficacia de la transmisión, segui-

do por la introducción de la tecnología de transconectores ópticos en los nodos y en la red central. Esto proporcionaría una infraestructura para un WDM basado en una red completamente óptica, lo que proporcionaría también esquemas de protección no tradicionales, por ejemplo, la implantación de protecciones 1+1 y 1+n utilizando la capacidad de repuesto en lugar que la de enlaces dedicados.

El segundo escenario está dirigido por la demanda de nuevos servicios, para los cuales el modo óptico tiene significativas ventajas en precio, flexibilidad y calidad. Esto se traduce en la oportunidad de nuevos beneficios. Existe una fuerte estrategia entre los operadoras de red conducente a la explotación de tales oportunidades para contrarrestar la disminución de los precios de los servicios telefónicos básicos [11]. La necesidad de restaurar los niveles de beneficios es el mayor incentivo para la introducción de nuevos servicios basados en las telecomunicaciones. La gama de posibles servicios es muy diversa en términos de capacidad de canal requerida, ocupación de canal (continua o a ráfagas), duración de la conexión, tiempo de establecimiento de la conexión y frecuencia. En el supuesto de que una industria secundaria de suministradores de servicios crece utilizando un número de mecanismos de suministro de servicios específicos incluyendo una gran porción de POT, los incentivos para una red de conmutación totalmente óptica son muy fuertes si se considera que los costes tecnológicos se han reducido suficientemente. La transparencia del servicio se obtiene de una manera sencilla y elegante, y la fiabilidad mejora debido al reducido proceso electrónico requerido. La evolución en esta dirección estaría grandemente favorecida si las tecnologías compatibles hubieran ya producido un significativo impacto en otras partes de la red (p. ej., el escenario 1).

El resultado final de ambos escenarios es la creación de partes transparentes de la red en todas las áreas funcionales. La interconexión de estos dominios y la extensión de una tecno-

logía totalmente óptica a las conexiones de extremo a extremo prepararía finalmente el camino a la introducción de técnicas de conmutación óptica.

En cada escenario, existen posibles alternativas en las estrategias de introducción. Estas estrategias pueden variar significativamente de un país a otro, dependiendo también de la más adecuada combinación elegida entre enrutamiento óptico transparente y técnicas de conmutación de paquetes ópticos.

### Conclusiones

Una serie de requisitos de red y factores contribuyentes, que son el resultado de la evolución de la actual estructura de la red, han sido identificados y apuntan al concepto de conectividad óptica como una atractiva solución global a los aspectos que surgen de una visión de la red de transporte operacional y orientada al abonado.

Los escenarios de evolución, brevemente mencionados anteriormente, destacan las potenciales necesidades para la introducción de las nuevas técnicas ópticas en todas las partes de la red.

Apuntan a la transparencia óptica como una de las más prometedoras características de la óptica la cual, además de la flexibilidad y capacidad, puede proporcionar una red de transporte óptica que enmascare la heterogeneidad de las entidades transportadas a los distintos clientes y operadores en los emergentes escenarios de las redes liberalizadas.

Un mérito esencial de la transparencia óptica es la posibilidad de llevar a soluciones de red, para la red central y para parte de la red de acceso, sencillas, a prueba de futuro y capaces de incorporarse sin grandes alteraciones estructurales a las redes preexistentes, así como a posibles nuevos desarrollos en las técnicas de transmisión y de cualquier servicio futuro.

La(s) parte(s) transparente(s) de la red necesitan interoperar con una nueva estructura de conmutación basada en paquetes ópticos para superar la

falta de granularidad entre los caminos ópticos transparentes y las redes de las instalaciones de los abonados, y así hacer posible el establecimiento de comunicaciones de extremo a extremo. En particular, esto lleva al concepto de partición de la red y a la interconexión de particiones por medio de nodos basados en paquetes. Así surgen varias preguntas como, por ejemplo, ¿cual es el mejor tipo de paquete óptico?. El mérito de soluciones alternativas (p. ej., equivalentes ópticos directos de celdas ATM o paquetes más largos que transportan múltiples conexiones y posiblemente diferentes formatos; paquetes de longitud fija o variable) son hasta ahora puntos abiertos esenciales. Aún hay mucho trabajo a realizar para clarificar aspectos importantes.

## Reconocimientos

Los autores reconocen con agradecimiento a J. Baudron de Alcatel CIT y M. Sexton de Alcatel Network Systems Group su colaboración.

## Referencias

- 1 CCITT, "B-ISDN", I-series Recommendations, Ginebra, Suiza, 1992
- 2 CCITT, "Jerarquía digital síncrona" Recomendaciones G.707, G708, G709, Ginebra, Suiza, 1988
- 3 CCITT, "B-ISDN General Aspects", Recomendación L311, 1992
- 4 CCITT, "Arquitectura de la red de transporte basada en la jerarquía digital síncrona (SDH)", Draft Recomendación G.803, CCITT Meeting Report R-106 (WP XVIII), Junio 1992
- 5 K.I. Sato, S. Okamoto, H. Hadama: "Network performance and Integrity Enhancement with Optical Path Layer Technologies", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 12, no. 1, Enero 1994, págs. 159-170
- 6 J.F. Buckley, "Switching and Service Delivery in futuristic Networks" BT Technology Journal, vol. 11, no. 4, Oct. 1993, págs. 64-72.
- 7 M. Lapiere, J. Pavon, "TINA - una arquitectura software para servicios de telecomunicación", en este número de Comunicaciones Eléctricas
- 8 D. Boettle, G. Eilenberger, K. Loesch, W. Rehm, M. Schilling, K. Wunstel, "System Approach for a Photonic Multi-dimensional Switching Technique", Proc. ICC '93, Ginebra, Suiza, May. 1993, págs. 1220-1224
- 9 J.B. Jacob, J.M. Gabriagues, "Photonic Technology for an Access Node in ATM-ISDN", Proc. 6th World Telecommunications Forum, Tech. Simp., Ginebra, Suiza, Oct. 1991, vol. I, págs. 111-118
- 10 "SDH Strategies, Benefits and Technology", Analysis Publications, Mayo 1992
- 11 "Performance of the Telecommunications Sector up to 2010 under Different Regulatory and Market Options", Analysis Publications, Feb. 1992

**Dietrich Boettle** nació en 1945. Estudió ingeniería de comunicaciones en la universidad de Stuttgart en donde obtuvo el título de diplomado en ingeniería. En 1970 entró en SEL, Stuttgart donde trabajó en investigación y desarrollo de sistemas avanzados de conmutación y transmisión. Desde 1979 ha dirigido proyectos de conmutación de banda ancha. Actualmente, el Sr. Boettle es jefe del departamento de técnicas de conmutación en Alcatel Corporate Research Centre, Stuttgart.

**Gert Eilenberger** nació en Leipzig en 1953. Estudió ingeniería de comunicaciones en la universidad de Stuttgart en donde se graduó como diplomado en ingeniería en 1980. En 1985 obtuvo el Doctorado en ingeniería en el Instituto de telecomunicación, Universidad de Stuttgart. El Dr. Eilenberger entró entonces en Alcatel Corporate Research Centre, Stuttgart, donde es responsable del diseño de conceptos para sistemas avanzados de conmutación y de componentes de conmutación integrados.

**Alberto Fioretti** nació en Ancona, Italia, en 1949. Obtuvo el título de ingeniería electrónica del politécnico de Milán en 1973. Desde 1982 a 1991 fue el responsable del departamento de sistemas de fibra óptica de Alcatel FACE Research Centre en Pomezia, Italia. Actualmente trabaja en Marcoussis, Francia donde coordina los

trabajos sobre la red de transporte óptica en el Corporate Research Centre de Alcatel.

**Francesco Masetti** obtuvo el título en Ingeniería Electrónica y el Ph. D. en Electronic Engineering y Computer Science de la Universidad de Bolonia, Italia, y un master de postgraduado en informática, de CEFRIEL Centre (Politécnico de Milán). El tema común fue el diseño y la implantación de conmutadores ATM de alto rendimiento. Desde 1992 ha trabajado en Alcatel Corporate Centre en Marcoussis, Francia, primero en diferentes grupos y desde Junio de 1994 como director del proyecto 2039 ATMOS del RACE.

**Michel Sotom** nació en 1961. Obtuvo el título de ingeniero en Físicas y el de doctor en optoelectrónica por el Institut National des Sciences Appliquées (Toulouse) en 1983 y 1986 respectivamente. En aquel tiempo estuvo involucrado en la investigación de fibras ópticas multimodo. En 1987 entró en Alcatel Alsthom Recherche, donde ha investigado en multiplexación por división de longitud de onda óptica y técnicas multicanal coherentes y en aplicaciones distributivas e interactivas. Desde 1992, ha estado más relacionado con la conectividad óptica. Actualmente dirige un grupo responsable del estudio de nuevos sistemas de conmutación y enrutamiento ópticos en Fibres and Photonic Systems Unit de Alcatel Corporate Research Centre.

# TINA: una arquitectura software para servicios de telecomunicación

**M. Lapierre, N. Mercouroff** Alcatel Corporate Research Centre, Marcoussis, Francia  
**J. Pavón** Alcatel Standard Eléctrica, Madrid, España  
**M. Horrer** Alcatel SEL, Stuttgart, Alemania  
**N. Singer** Alcatel Austria, Viena, Austria

## Introducción

TINA-C (consorcio para la arquitectura de información de operación de redes de telecomunicaciones) es un consorcio internacional creado en 1993 [1], formado tanto por operadores de telecomunicaciones como por suministradores de equipos informáticos y de telecomunicaciones. Alcatel ha sido miembro activo de este consorcio desde sus inicios.

En primer lugar, este artículo presenta la razón de ser de TINA-C y trata del interés de la industria de telecomunicaciones y lo que se espera de esta acción. A continuación, el artículo describe los principales conceptos que definen la arquitectura de TINA: la arquitectura del marco lógico y el entorno de proceso distribuido que se interesan en expresar los requisitos generales de TINA y que incluyen los aspectos tecnológicos, la gestión, construcción y especificación de servicios, que tratan las metodologías de especificación, diseño e implementación de aplicaciones que suministran servicios de telecomunicación, y la gestión de recursos y arquitectura de gestión que se interesa por la gestión de recursos y de los servicios a ser suministrados por un operador de red. Finalmente, el artículo concluye describiendo el interés de Alcatel y cuáles pueden ser los resultados esperados de TINA-C en un futuro próximo.

## La oportunidad de TINA

La demanda de nuevos servicios cada vez más sofisticados, tales como las

telecomunicaciones personales universales, los servicios móviles, multimedia y de banda ancha, aumenta día a día. Estos servicios requieren un acceso más flexible y mecanismos de gestión y tarificación mejores que aquéllos que las redes actuales son capaces de suministrar. Para reducir los costes asociados con el despliegue y la operación de estos nuevos y complejos servicios y redes, será de suprema importancia la reutilización, la interoperatividad y la portabilidad del software.

La motivación que hay tras TINA-C se apoya en la necesidad de suministrar una arquitectura software flexible para servicios de gestión y acceso. En este sentido, el alcance de TINA-C es mucho más amplio que el de las redes inteligentes (IN). Algunos objetivos específicos (rápida definición e introducción de servicios, independencia del suministrador, etc.) son comunes, pero el entorno final marca la diferencia. La infraestructura de telecomunicaciones actual ya no se caracteriza por la dicotomía entre usuarios y proveedores de red. Hay que tomar en consideración a los inversores y sus requisitos han de ser evaluados y satisfechos. El sistema de redes se ve como un entorno abierto que puede enriquecerse con componentes (principalmente realizados a través del software) suministrados por diferentes inversores.

De aquí que el reto de TINA-C sea el suministrar una arquitectura, basada en tecnologías de computación distribuida, que permita a las redes de telecomunicaciones soportar la rápida y flexible introducción de nuevos servicios, y que de la posibilidad de gestionar los servicios y la estruc-

tura de la red de una manera integrada. Los servicios se construyen usando aplicaciones software desarrolladas por diferentes suministradores de software. La interoperatividad de las aplicaciones está soportada por una plataforma de proceso distribuido que permite interactuar a diferentes compañías de software.

El enfoque de TINA está dirigido por los servicios. Usando la arquitectura de servicios de TINA-C, el diseñador es guiado inicialmente en la definición del servicio por las necesidades del servicio y no por las obligaciones impuestas por la infraestructura. Se consideran las capacidades de gestión en TINA-C y están incluidas en los componentes del servicio. Por ello, la gestión es una parte relevante e integrada de la arquitectura del servicio. Un buen ejemplo de esta imbricación se da en la arquitectura de gestión de conexiones de TINA-C.

La red inteligente (IN), la red para la gestión de las telecomunicaciones (TMN), la jerarquía digital síncrona (SDH) y el modo de transferencia asíncrona (ATM) son cuatro esfuerzos de normalización que apuntan a las diferentes partes de estos nuevos servicios y redes, y que son ampliamente ratificados. Sin embargo, se reconoce que existe la necesidad de tener en cuenta las normas de computación distribuida y diseño orientado a objetos. Además, se reconoce que tanto IN como TMN no se pueden tratar de manera separada sino que se deben integrar con las tecnologías de conmutación distribuidas y con las técnicas orientadas a objetos. Actualmente, estos últimos puntos no están todavía bien tratados en los esfuerzos

de normalización mencionados anteriormente.

### Arquitectura del marco lógico de TINA-C

La tarea de TINA-C es definir un marco de arquitectura para incorporar la computación distribuida a las telecomunicaciones. Este marco cuenta con un alto grado de resultados en el esfuerzo de ISO/RM-ODP [2], el cual muestra como aplicar de una manera consistente la orientación a objetos a los aspectos distribuidos de las aplicaciones de telecomunicaciones, y es aplicable tanto a los dominios de red inteligente (IN) como a los de red de gestión de telecomunicaciones (TMN).

Siguiendo los puntos de vista de los conceptos de ODP, TINA-C ha adoptado conceptos de modelado para la definición de su arquitectura de marco lógico. Cada concepto refleja un cierto aspecto de un dominio de problema. Se han elaborado tres áreas: los conceptos de modelado de la información, de modelado computacional y de modelado de ingeniería. Además, se ha especificado un conjunto inicial de conceptos que define una infraestructura abstracta para soportar una distribución diáfana. Esta infraestructura abstracta se realiza como el entorno de proceso distribuido (DPE).

#### Conceptos de modelado de la información.

Los conceptos de modelado de la información suministran un marco de referencia para las especificaciones de la información. Una especificación de información describe una estructura de la información usada en un sistema (esto es, un dominio de problema). Los conceptos de modelado de la información se usan para definir:

- las entidades portadoras de información (objetos)
- las relaciones entre las entidades, y

- las necesidades y reglas que gobiernan su comportamiento, incluyendo las reglas para su creación y borrado.

La especificación de información de un sistema está enfocada solo a las entidades del sistema portadoras de información y sus relaciones. No trata los mecanismos de distribución ni la interacción explícita entre las entidades portadoras de información. La naturaleza de estas entidades puede variar entre especificaciones, dependiendo del nivel de abstracción del dominio del problema. Las entidades portadoras de información no necesitan estar relacionadas con ningún mecanismo (conceptual o físico) que soporte su comportamiento.

La notación elegida para las especificaciones de información es GDMO (pautas para la definición de objetos gestionados) con GRM (modelo general de relación). La razón para esta elección es que GDMO es muy conocida por la comunidad de la gestión de telecomunicaciones y que existe un gran cuerpo de especificaciones GDMO disponibles para ser reutilizadas. GRM está muy relacionado con GDMO y permite la especificación de relaciones.

#### Conceptos de modelado computacional

Los conceptos de modelado computacional suministran un marco para las especificaciones computacionales. Una especificación computacional describe las aplicaciones de telecomunicaciones distribuidas en términos de entidades computacionales (objetos), que interaccionan unos con otros. Los conceptos usados para especificar las interacciones entre los objetos computacionales incluyen los siguientes:

- interfaz operacional e interfaz de flujo. Un interfaz operacional es aquél que tiene operaciones definidas. Un interfaz de flujo es aquél sin operaciones (esto es, no existe la noción de parámetros de entrada/salida, peticiones,

resultados o notificaciones). Este interfaz puede manejar comunicaciones isócronas tales como flujos de bits de video

- modelo de transacción. Se definen las propiedades, sincronización y requisitos de recuperación
- módulos. Un módulo es una unidad de independencia de liberación, gestión de seguridad, gestión de sistemas y colocación
- separación funcional. Al igual que en la arquitectura OSCA [3], un objeto debería suministrar solamente una de las tres siguientes capacidades: capacidades que traten las interacciones del usuario, que traten la gestión de datos necesarios para varios objetos y otras capacidades.

La notación elegida para las especificaciones computacionales está influenciada por OMG IDL (lenguaje de definición de interfaz de grupo de gestión de objetos) [4], que fue mejorado específicamente por TINA-C para poder hacer frente a los conceptos adicionales definidos por este marco.

#### Conceptos de modelado de ingeniería.

Los conceptos de modelado de ingeniería suministran el marco para las especificaciones de ingeniería, que es una infraestructura abstracta para el despliegue de objetos computacionales para la ejecución. Los conceptos para el despliegue incluyen estas unidades de ingeniería:

- nodo, que es la abstracción de ingeniería de un sistema de computación
- cápsula, que es un subconjunto de un nodo y modela a una máquina virtual
- agrupación, que define un grupo de objetos contiguos. Los objetos en una agrupación serán requeridos para migrar y ser activados conjuntamente.

Todos los nodos de proceso están interconectados por una red llamada

núcleo de red de transporte. El núcleo de la red de transporte es una red de transporte lógicamente diferente de la usada en la transmisión de flujos de información isocrónica entre diferentes sujetos.

Además, los conceptos de modelo de ingeniería identifican las abstracciones requeridas para gestionar la distribución física y los recursos del sistema local de la infraestructura, el entorno de proceso distribuido (DPE) que soporta las interacciones de los objetos computacionales. El DPE protege a los programas de aplicación de los entornos subyacentes de comunicación y de compu-

tación nativos distribuidos heterogéneos. La estructura del DPE está descrita en los conceptos de modelo de ingeniería.

El DPE consiste en un DPE ejecutable y en un conjunto de herramientas. Las herramientas soporte del DPE son traductores y pre-procesadores TINA-IDL. El DPE ejecutable abarca:

- un núcleo DPE, que reside en cada nodo computacional y suministra un conjunto base de comunicaciones (de Nucleus), capacidades de almacenamiento y de proceso (por ejemplo, la pila de protocolos)

- servidores DPE que se pueden ejecutar en menos nodos computacionales y jugar un papel clave en suministrar, por ejemplo, la transparencia de concurrencia y ubicación. Entre todos, se identifican dos objetos computacionales:

- el negociador suministra una función de emparejamiento para los interfaces de los usuarios y proveedores de un servicio
- el servidor de notificación permite a los objetos emitir notificaciones (es decir, eventos significativos que han ocurrido durante el ciclo de vida de un objeto) sin conocimiento de qué objetos son los destinatarios de estas notificaciones.

**Organización de TINA-C**

Al final de los cinco años del consorcio (1993-1997), los miembros de TINA-C validarán la eficacia de la arquitectura a través de experimentos y pruebas de campo, y promocionarán su uso. Un Core Team de personas compuesto de ingenieros de las compañías miembro, llamados "Core Members" trabajan conjuntamente en un lugar central (Bellcore, New Jersey) para definir la arquitectura. El programa de trabajo del Core Team se ha dividido, para 1994, en cuatro áreas:

- extensión de la arquitectura
- refinamiento de la arquitectura mediante ejemplos
- DPE y trabajo de laboratorio
- marketing de la arquitectura.

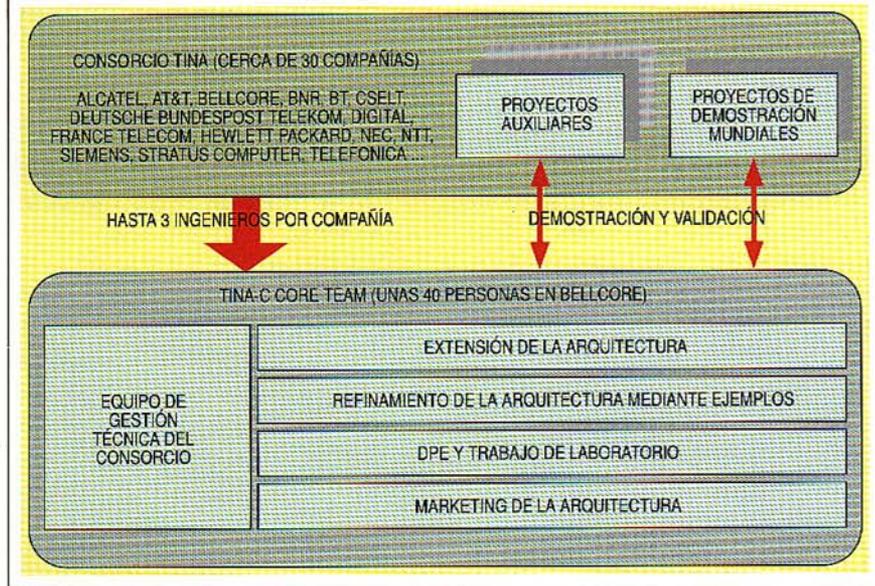
Aparte del trabajo del Core Team para definir la arquitectura TINA-C, un conjunto de proyectos auxiliares han sido propuestos por las compañías miembro para validar la eficacia de la arquitectura a través de experimentos de laboratorio y pruebas de campo. Además se ha elaborado una propuesta para lanzar las actividades de una demostración mundial (WWD) de TINA, que demostrará la realidad y eficacia de los resultados producidos por el Core Team y de los proyectos auxiliares. La demostración está prevista para el Telecom'95 en Ginebra (Octubre 95).

**Una arquitectura para los servicios**

La definición de TINA-C de un servicio es la misma que en ROSA [5]: *un conjunto significativo de capacidades suministradas por una red existente o deseada para todos los que la utilizan: abonados, usuarios finales, proveedores de red y proveedores de servicio. Cada uno de estos actores tiene una perspectiva diferente del servicio.* De esta manera, TINA-C hace énfasis en la definición de los diferentes inversores que juegan diferentes papeles en la definición de un servicio: usuario final, abonado, proveedores de servicio, gestor del servicio, proveedor de la red, agente del servicio. La identificación de estos inversores es la base para la separación de intereses a nivel de servicio. Las separaciones que se aplican en la arquitectura del servicio son el control del servicio frente a la gestión de recursos, y la USCM (modelo de componentes del servicio universal), explicadas mas adelante.

La separación entre el control del servicio y la gestión de recursos tiene varias ventajas:

- *evolución* independiente de los servicios y de los recursos de la red. Esto facilita la rápida intro-



ducción de nuevos servicios o la rápida modificación de los ya existentes

- independencia de la tecnología particular de transporte (por ejemplo, un servicio de videotelefonía sobre una red ATM ó una red RDSI-BE)
- uso eficiente de los recursos de la red. Los recursos de la red se asignan después de una negociación y sólo cuando sean necesarios.

Tanto el control del servicio como la gestión de recursos son modelados usando los mismos conceptos definidos en la arquitectura de marco lógico. El propósito de la arquitectura del servicio es definir servidores orientados a la aplicación y objetos genéricos para la construcción de servicios de telecomunicación, y suministrar los principios sobre cómo se deberían usar y combinar los servidores y los objetos. Por ello, la arquitectura del servicio aplica limitaciones adicionales a la arquitectura de marco lógico.

TINA-C define los componentes del servicio como una unidad autocontenida de construcción de servicios, que suministra una parte identificable del servicio con funciones privadas y datos. Tal modularidad, simplificará la creación, despliegue y gestión de servicios, a la vez que se reducen los problemas de interacción causados por efectos colaterales y por el compartimiento de datos. Una categorización de las funciones de un componente del servicio es el USCM.

**Gestión de recursos en TINA**

La gestión de recursos de TINA-C se basa en la aplicación del marco lógico a los conceptos del TMN y de la gestión de sistemas OSI (Figura 1).

TINA-C ha producido especificaciones en la forma de modelo de información (un modelo de información de recursos de red) y modelo computacional (para la gestión de conexiones, configuración de recursos y gestión de fallos).

La especificación de la arquitectura de gestión modela y define los principios generales que gobiernan las separaciones funcionales en el área de la gestión de recursos. Estos principios incluyen un modelo de objeto gestor/gestionado (de la gestión de sistemas OSI), la relación entre especificaciones de objetos gestionados y computacionales, separaciones funcionales (de TMN) y aspectos de información.

La especificación de un modelo de información de recursos de red (NRIM) común contiene clases de objeto comunes usados por todos los servicios y aplicaciones de gestión en una red TINA. La especificación de información soporta diferentes tipos de servicios como por ejemplo, RTPC, multimedia, multipunto, y es independiente de la central y de las tecnologías de transmisión subyacentes, por ejemplo, SDH, SONET ó ATM. Las principales fuentes son el modelo funcional de red de transporte [6] basado en SDH, para los conceptos de capas y particionado que se pueden aplicar a otras tecnologías de red, y las clases de objetos del modelo de información de red genérico (Rec. M.3100 del ITU-T [7]). Esto se ha extendido con nuevas clases de objetos que describen aspectos del nivel de gestión de recursos que no están cubiertos por la norma M.3100 (que principalmente se orienta a los aspectos del nivel de elementos de red). Dado que la M.3100 es independiente de la tecnología de transmisión y conmutación, el modelo de información resultante es lo suficientemente

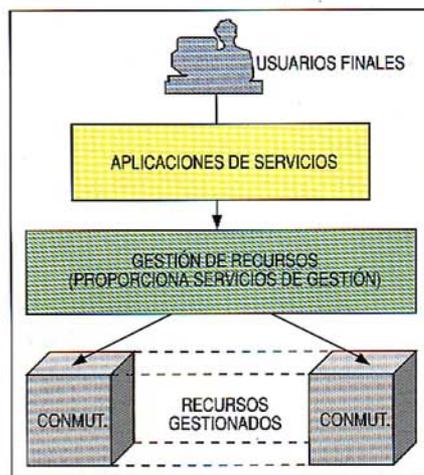
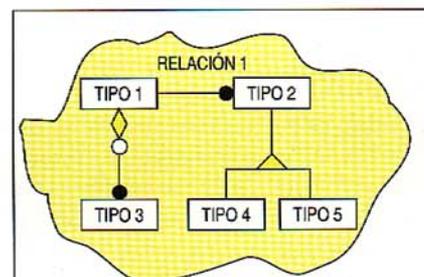


Figura 1 - Gestión de recursos



**Conceptos de modelado de información de TINA-C**

En TINA-C, se adoptó la notación de OMT (técnica y modelado de objetos [8]) para la representación gráfica de especificaciones de información. Los tipos de objetos, que se representan por un patrón de especificación de información, tienen relaciones con otros tipos de objetos. En cada relación, un objeto puede tener un papel que se acompaña de una "cardinalidad de papel". Esta cardinalidad define cuántos objetos pueden participar en esta relación.

También se soportan las bien conocidas capacidades en el análisis orientado a objetos, tales como subtipo que se indica con un triángulo (tipo 4 es un subtipo del tipo 2) ó agregación (tipo 3 es parte de tipo 1).

Figura 2 - Areas funcionales de la gestión de TINA-C



genérico como para poder ser aplicado a modelos existentes que describen aspectos de elementos de red.

La especificación de información del NRM se presenta en una serie de fragmentos (partes relativas a diversos aspectos), donde cada uno de ellos describe diferentes aspectos de la especificación. El fragmento de grafo de conexión presenta una visión de alto nivel orientada al servicio de la red (este es el principal interfaz para aplicaciones de servicios). El fragmento de red describe la estructura básica de la red y conceptos tales como capas y particionado. El fragmento de conectividad describe los diferentes tipos de conexiones que podrían establecerse a través de la red. Los puntos de ter-

minación son los puntos finales de las conexiones y también podrían considerarse como puntos de acceso a la red. Estos puntos están descritos en el fragmento de los puntos de terminación.

Las áreas funcionales de TINA-C están basadas en las categorías usadas en el marco de gestión de OSI y en las normas TMN (faltas, configuración, facturación, rendimiento y seguridad), añadiendo una nueva área, la gestión de las conexiones (Figura 2).

La distribución y abstracción de la gestión de conexiones de TINA-C (es decir, separación de la conexión de la llamada, particionado, capas) se alcanza en la arquitectura definiendo tres tipos de objetos computacionales (Figura 3):

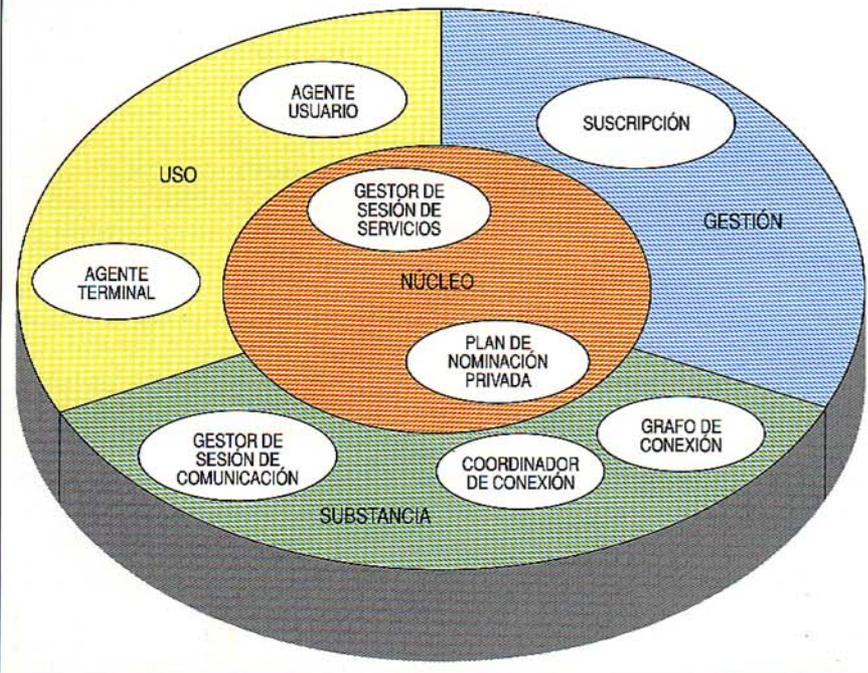
- Gestor de sesión de comunicación (CSM), que suministra el servicio para establecer, mantener y liberar las conexiones lógicas. El término "lógica" se usa para hacer énfasis en el hecho que su especificación se refiere a los interfaces de objetos computacionales en vez de a puntos direccionables en la red de telecomunicaciones
- Coordinador de conexión (CC) que suministra la interconexión de puntos de terminación direccionables de las redes de telecomunicaciones. La especificación de la conexión comprende las direcciones de los puntos de terminación y las características de la conexión, por ejemplo, la calidad de los parámetros de servicio, pero es independiente de la información concerniente a la tecnología de conmutación y transmisión subyacente
- Realizador de conexión (CP) que gestiona una subred y suministra la interconexión de los puntos de terminación de la subred. Existen varias clases de realizadores de conexión dependiendo de la capa de gestión que se use (por ejemplo, elemento de red, red) y de la tecnología subyacente (por ejemplo, una subred ATM VC ó una subred SDH).

**Ejemplo de organización de servicios de acuerdo a USCM**

En TINA-C, un componente de servicio puede estar compuesto de varios objetos que se refieren a diferentes aspectos de él:

- Uso: se deben de identificar los interfaces de usuario al servicio
- Sustancia: se debe definir la interacción con y la dependencia de los recursos externos y otros servicios
- Gestión: los requisitos y técnicas para suministrar gestión de servicios
- Núcleo central: un servicio se identifica por su valor primario para el usuario. La naturaleza del servicio debe ser descrita prescindiendo de como se usa y se gestiona y de que tecnología depende.

Esta categorización se conoce como el modelo de componente de servicio universal (USCM).



La arquitectura de gestión de la conexión de TINA-C muestra un modelo en el que las aplicaciones clientes (esto es, aquellas que suministran servicios de telecomunicaciones o lo que se llama "lógica del servicio") pueden apoyarse en los servicios suministrados por la gestión de sesión de conexión (CSM) para el establecimiento/mantenimiento/liberación de las conexiones. Así, esta idea es consistente con el TMN en una parte, y el interfaz ofrecido por CSM puede relacionarse con el interfaz entre la función de control del servicio (SCF) y la función de conmutación del servicio (SSF) definido en la red inteligente (IN). La evolución de IN hacia TINA puede considerarse definiendo como

el INAP (protocolo de aplicación de red inteligente) puede evolucionar para encajar la funcionalidad suministrada por CSM. De la misma manera, otras funcionalidades tratadas actualmente por INAP podrían asignarse a otras áreas funcionales.

**Interés dentro de Alcatel**

Alcatel está comprometida con TINA-C desde Enero de 1993. Tres ingenieros de Alcatel están trabajando actualmente en el Core Team. Además, se ha establecido una estructura de seguimiento dentro de Alcatel, el comité de coordinación de TINA-C, que está liderado por un representante de Alcatel Corporate Research Centre. El objetivo de esta estructura es asegurar un nivel adecuado de coordinación entre los grupos de producto, centros de investigación y actividades de normalización interesados.

TINA-C es una iniciativa de los operadores de redes públicas. Sin embargo, el objetivo de TINA es el negocio central de los clientes de Alcatel: permitir el eficiente diseño, implementación y evolución de los servicios de manera económica.

Se pueden esperar importantes evoluciones derivadas de TINA-C, como:

- la evolución de la arquitectura y conceptos de red inteligente (integración del acceso de usuarios y gestores a la red), especialmente la arquitectura del entorno de creación de servicios
- la evolución de la arquitectura y de los conceptos de operación, administración y mantenimiento
- la evolución de los requisitos sobre los elementos de red en interoperatividad (interfaces, protocolos, modelos de información) y operatividad (interfaces de programación de aplicación - API -, plataforma).

Se espera un primer impacto del esfuerzo de TINA-C en los lenguajes

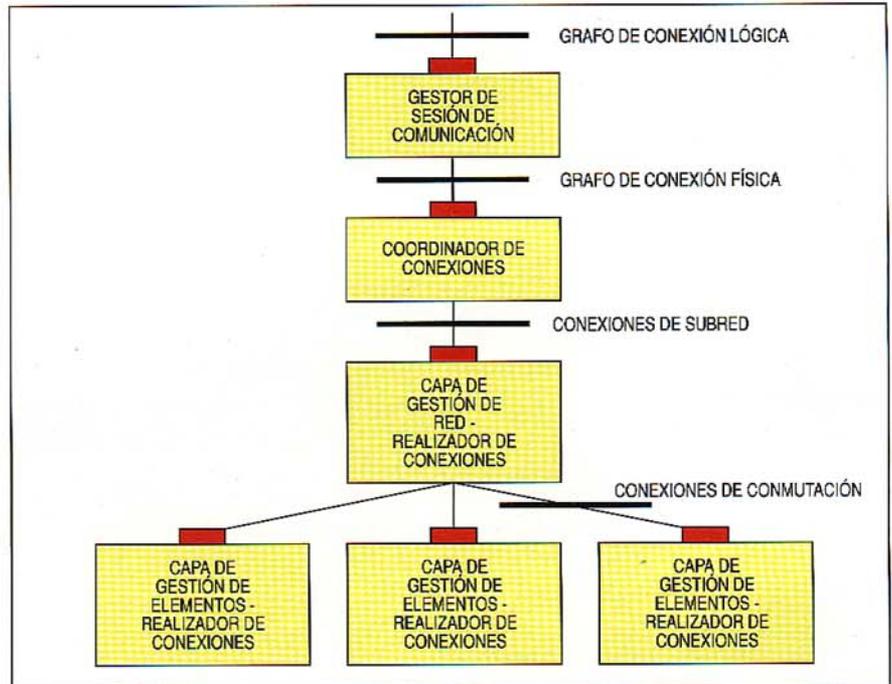


Figura 3 - Gestión de conexión, objetos computacionales

e interfaces de programación de alto nivel para servicios de telecomunicación: la portabilidad de aplicaciones por plataformas heterogéneas y distribuidas es una necesidad a corto plazo, así como la necesidad de acortar el tiempo de salida al mercado (time-to-market), y reutilizar objetos en bibliotecas.

También se espera un impacto importante de TINA-C en los productos de Alcatel en el dominio del TMN. Se han introducido arquitecturas de proceso distribuido, se están desarrollando modelos de información más complejos, y se están integrando, dentro de la misma arquitectura, la gestión y el control de la conexión. Como parte de este impacto general de TINA sobre TMN, se prevé un impacto importante en la definición de gestores y posiblemente, aunque más adelante, en la arquitectura interna y en los interfaces externos del elemento de red.

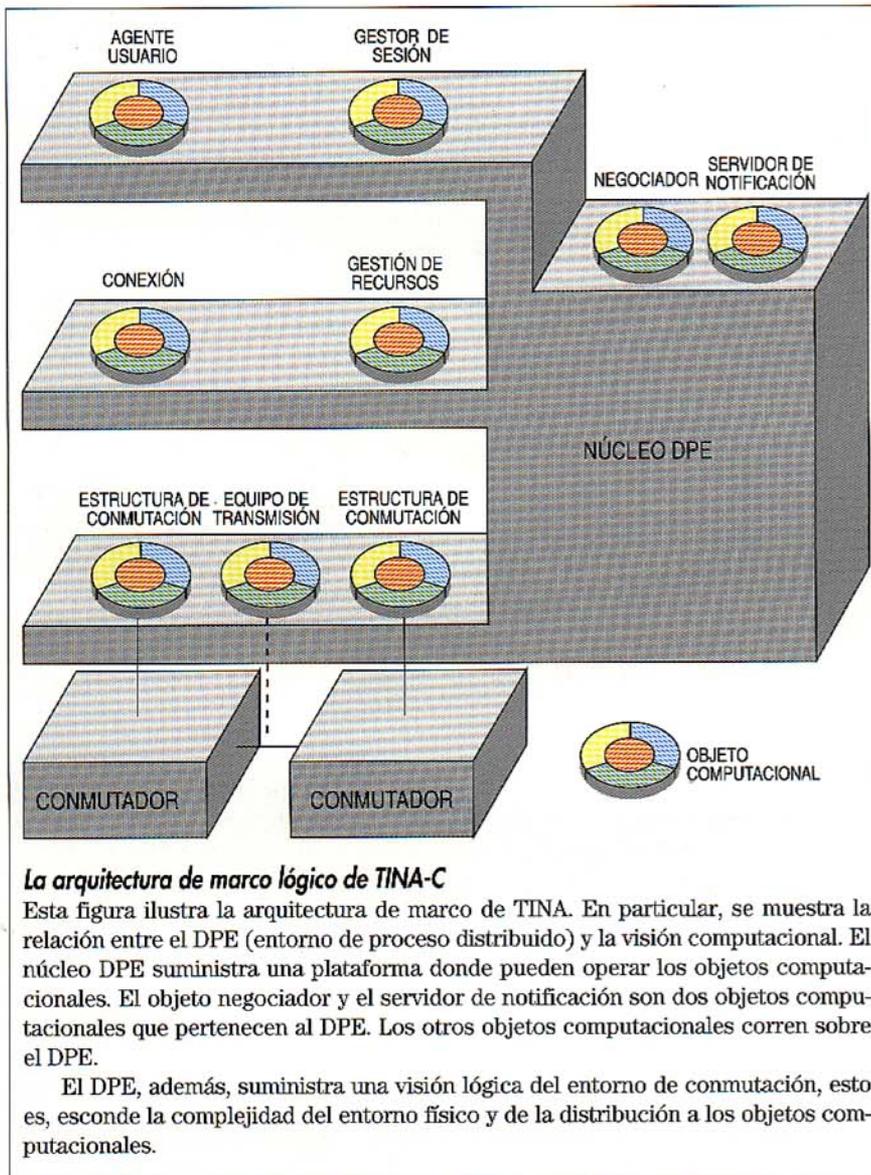
En el dominio de la IN, el trabajo que se espera de TINA-C es suministrar un amplio conjunto de modelos que permitan a las redes inteligentes y a los servicios ser gestionados a la manera del TMN, y que las funciones IN sean físicamente distribuidas den-

tro de la red. En el dominio del entorno de creación de servicios, los actuales bloques funcionales independientes de los servicios (SIB) probablemente evolucionarán desde una orientación funcional hacia una orientación a objetos. Se pueden obtener beneficios con respecto al diseño de futuros servicios IN y a la evolución del entorno de creación de servicios.

La participación de Alcatel en TINA-C es, por ello, una oportunidad para tener un temprano acceso a los futuros requisitos considerando los servicios de red desde el punto de vista de nuestros principales clientes, evaluándolos y teniendo una influencia sobre ellos.

**TINA-C en un futuro cercano**

El consorcio TINA-C ha sido definido, inicialmente, para un período de cinco años. El resultado del primer año fue un conjunto de documentación que describe en detalle los conceptos desarrollados en este artículo. Estos conceptos aún están evolucionando y todavía permanecen muchos puntos abiertos. Para finales



de 1994, el Core Team de TINA-C ha planificado el suministrar unas especificaciones más refinadas y extendidas de la arquitectura TINA, con el valor añadido de las primeras experiencias del prototipo desarrollado durante este año.

TINA-C no puede considerarse como un proyecto de investigación. En vez de esto, es un foro donde los operadores y suministradores de telecomunicaciones, y también los fabricantes de equipos informáticos están trabajando juntos para encontrar un acuerdo en la infraestructura básica que soportará el despliegue, provisión, interoperatividad y gestión de servicios en las futuras redes

de telecomunicación, y el modo en el que se deben diseñar esos servicios. Es con esta intención con la que se están tomando una serie de acciones con el objetivo de promocionar los resultados de TINA-C:

- presentándolos en grupos de trabajo internacionales y en conferencias
- influyendo, a través de los representantes socios del consorcio, en diferentes organismos de normalización y otros foros internacionales
- mostrando esos resultados en un demostración mundial, como Ginebra'95.

## Referencias

- 1 W. Ban, J. Boyd, Y. Inoue, The TINA Initiative, IEEE Communication Magazine, Marzo 1993
- 2 ISO/IEC JTC1/SC21 Draft Recommendation X.903, "Basic Reference Model of Open Distributed Processing - Part 3: Prescriptive Model", Noviembre 1992
- 3 Bellcore, TR-ST5-000915, The Bellcore OSCA Architecture, Issue 2, Octubre 1992
- 4 OMG Document Number 91.9., Draft, The OMG Object Model, Septiembre 1991
- 5 RACE: ROSA Deliverable 93/BTL/DNR/DS/A/005/b1, RACE, The Rosa Architecture, Release Two, Version 2, RACE, Mayo 1992
- 6 CCITT Recommendation G.803, Architectures of Transport Networks Based on the Synchronous Digital Hierarchy (SDH), Junio 1992
- 7 CCITT Recommendation M.3100, Generic Network Information Model, 1992
- 8 James Rumbaugh, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, and William Lorenson, Object-Oriented Modeling and Design, Prentice Hall: Englewood Cliffs, N.J., 1991

**Martine Lapierre** es graduada de la Ecole Polytechnique y de la Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications con un DESS de la Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Trabajó durante 10 años en France Telecom en planificación y operación de conmutación, planificación de redes e introducción de nuevos servicios. Trabajó de consultora en planificación de redes para Pacific Bell en EE.UU. En 1989 pasó a Alcatel como directora de marketing para productos de banda ancha, y más tarde como jefe de grupo de diseño y arquitectura ATM. Ahora dirige, dentro de Alcatel Corporate Research Centre, el grupo de software de telecomunicaciones. También es coordinadora de RACE-ACTS dentro del comité técnico de TINA-C.

**Nicolas Mercouroff** nació en 1963 en Boulogne, Francia. Estudió matemáticas y se graduó 1983 como ingeniero en la Ecole Polytechnique. Entre 1986 y 1990 trabajó como investigador en el laboratorio de informática de la Ecole Polytechnique, recibiendo en 1990 un PhD en "Interpretación abstracta para la verificación de programas paralelos". En 1990-91 hizo estudios de postdoctorado en la universidad de Brandeis, Massachusetts, en el tema de verificación de programas paralelos. En 1991 ingresó en Alcatel Corporate Research Centre como ingeniero investigador senior, trabajando en la creación de servicios de telecomunicación en el campo de las redes inteligentes y otras redes avanzadas del futuro, colaborando notablemente en el proyecto PERCOM del RACE. Es miembro del equipo central de TINA-C en Bellcore, trabajando en la definición del entorno de proceso distribuido de TINA.

**Juan Pavón** se graduó en la facultad de informática de la universidad politécnica de Madrid en Abril de 1988. Trabajó durante dos años en el centro de investigación y desarrollo de Alcatel en Madrid, en el proyecto SPECS de RACA sobre desarrollo de métodos y herramientas para el análisis y simulación de software de telecomunicación. Trabajó en el diseño y realización del prototipo de un conmutador ATM, el modelo de Ginebra, desarrollado en Alcatel CIT en 1991. Al regresar a Madrid trabajó en especificaciones de aspectos de IN para los productos de banda ancha de Alcatel. Ha estado involucrado en NECTAR, en el diseño de mecanismos de reconfiguración software para plataformas de control distribuido. Durante 1993 trabajó en la arquitectura de servicios para redes de banda ancha. Es miembro del equipo central de TINA-C desde Octubre de 1993, donde trabaja especialmente los aspectos de servicios de gestión.

**Matthias Horrer** estudió ingeniería eléctrica en la universidad de Stuttgart, donde se graduó como ingeniero diplomado en 1989. En 1990 paso a Alcatel SEL, donde trabajó en la normalización de aspectos de movilidad. Representó a Alcatel en ETSI GSM-3, trabajando en Universal Personal Telecommunications (UPT) y en DECT (Digital Cordless Telecommunication). Desde 1993 es miembro del consorcio TINA, donde trabaja en ejemplos de servi-

cios.

**Nikolaus Singer**, se graduó en la universidad técnica de Viena en 1990, con matrícula de honor en informática. Ingresó en el centro de investigación de Alcatel Austria donde participó en diferentes proyectos de investigación europeos, en temas como comunicaciones multimedia y proceso distribuido abierto. Desde 1993-94 es miembro del equipo central de TINA-C en Red Bank, New Jersey. Actualmente trabaja en Alcatel Austria en el campo de los sistemas de gestión de redes.

# El futuro de las comunicaciones móviles: interoperatividad y/o convergencia

J. Bursztejn

Alcatel Mobile Communication, París, Francia

## Introducción

Las necesidades de las comunicaciones están cambiando y como resultado la industria de las telecomunicaciones evoluciona rápidamente. En muchos lugares del mundo las comunicaciones móviles, las cuales representan una importante parte de las telecomunicaciones, están introduciendo una nueva era de calidad alta, capacidad elevada y radio digital móvil con prestaciones completas.

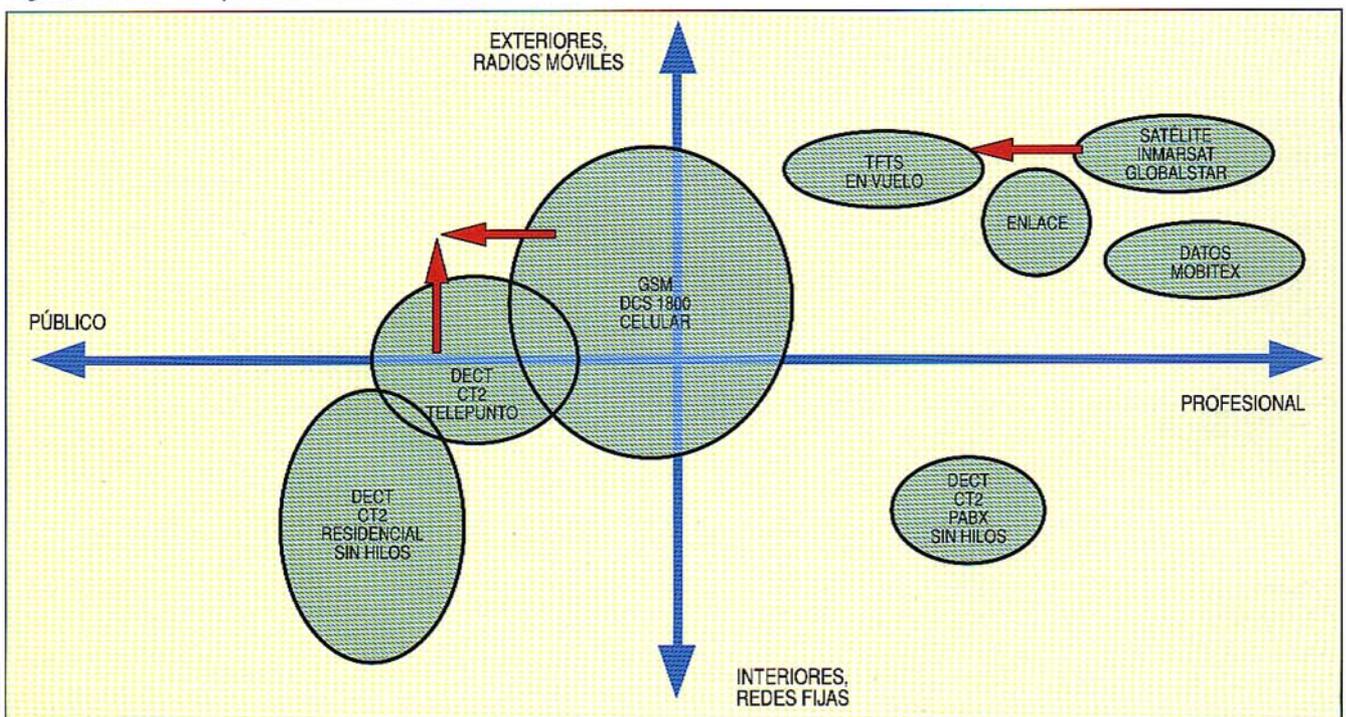
En Europa, la segunda generación de sistemas de radio móvil digital, la primera es analógica, incluye sistemas celulares como GSM (DCS1800). Paralelamente a los sistemas celulares, están en el mercado tecnologías sin hilos como el DECT. Además, también son predominantes en el mercado

europeo los sistemas de radiobúsqueda, el sistema para comunicaciones personales en vuelo (TFTS) y la radio móvil privada (PMR). Debido al gran número de requisitos de las radiocomunicaciones móviles, ha sido necesario desarrollar unos estándares apropiados. Por lo tanto, en todas estas áreas, donde los desarrollos se orientan hacia sistemas pan-europeos, se están preparando estándares [1]. CT2, GSM (DCS1800), DECT, MOBITEX, TFTS e INMARSAT se han puesto en marcha. Otros tipos de servicios y redes móviles como los sistemas de satélites avanzados (GLOBALSTAR) también están desarrollándose.

La **Figura 1** representa una visión general de estos sistemas, que tiene en cuenta si se trata de redes fijas o móviles y si cubren áreas internas o exter-

nas. Los estándares relacionados se aplican a versiones técnicas o a necesidades de mercado. Por ejemplo, el GSM (red móvil) se está haciendo muy popular y atiende a cada vez más usuarios: esto es posible porque los operadores de la red pueden ofrecer servicios residenciales o de vecindario (cobertura interna). Como resultado de estos estándares, los sistemas desarrollados hoy en día pueden atender a varias decenas de millones de usuarios de radio móvil. Estos sistemas existentes han requerido, y todavía requieren, enormes inversiones por parte de todos los países europeos y aún tienen que producir beneficios. Existe, en consecuencia, una importante presión económica para introducir todos los servicios necesarios y las condiciones de interoperatividad con los incompa-

Figura 1 - Áreas de aplicación de los distintos sistemas de radio móvil



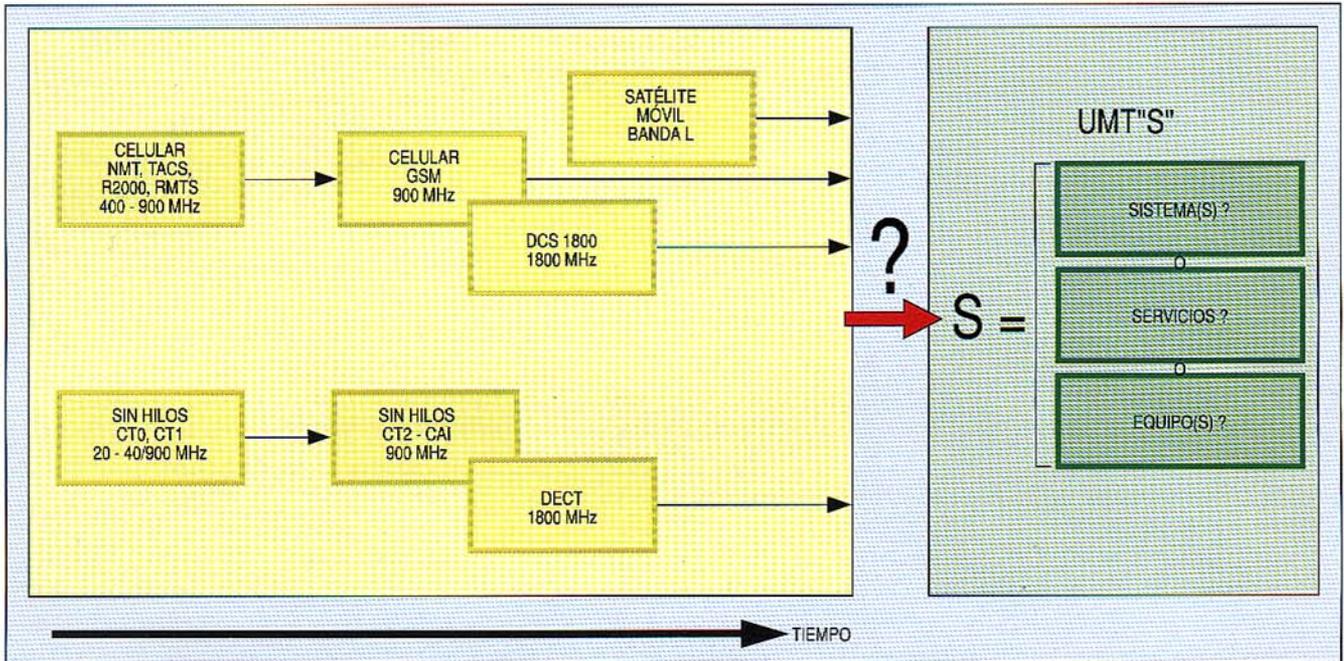


Figura 2 - UMT'S": ¿Sistema(s), Servicios o Equipo(s)?

tibles sistemas existentes. Por otro lado, se ha estimado que el mercado potencial europeo crecerá por encima de los cien millones a finales de siglo. Por esta razón, se está trabajando activamente en los sistemas móviles futuros, como el sistema de telecomunicación móvil universal (UMTS) y los procesos de normalización están casi terminados. Sin embargo, no es previsible que todo llegue a estar preparado antes de finales de siglo.

El UMTS, o mejor UMT'S", está siendo objeto de una intensa investigación [2]. La "U" se refiere a universalidad, que significa disponibilidad para cualquiera, en cualquier lugar y en cualquier momento, mientras que la "S" representa el concepto de un nuevo Sistema(s). Aunque normalmente se habla de Sistema como un resultado de tecnologías y de técnicas, sólo es entendido así por la mayoría de los ingenieros y operadores, mientras que los usuarios, como muestra la **Figura 2**, lo relacionan mayoritariamente con Equipos y Servicios, y además han de ser protegidos de la complejidad del sistema. Por lo tanto, ¿Qué evolución puede esperarse en relación a estos tres temas: Sistema(s) o equipo(s) o servicios?. Actualmente, no existe una

respuesta suficientemente clara sobre la importancia real de los tres.

Este artículo examina las principales causas que han determinado la reciente y explosiva oferta de una serie de servicios incorporados a numerosos sistemas, en el campo de las comunicaciones de radio móvil. Estas causas conducen a muchas preguntas abiertas, cómo: ¿Cuáles serán las futuras tendencias de los sistemas móviles?. ¿Diferentes sistemas compatibles, un sistema universal convergente, o varios servicios integrados de la futura red inteligente? y en consecuencia, ¿Se ofrecerá a los usuarios una variedad de equipos distintos, como ocurre actualmente con el multimodo mixto, o un equipo universal (terminal)?.

Para encontrar la respuesta a estos interrogantes se contrastan los aspectos de mercado, económicos y políticos con las tendencias tecnológicas. El lector deberá tener en cuenta que el factor fundamental para la evolución de los futuros sistemas móviles es la interoperatividad de la red, mientras que la convergencia es un factor secundario.

Se comienza con las posibles tendencias hacia los sistemas futuros, continuando con la interoperatividad

de la red y con aspectos del terminal. Después, se menciona el impacto de la investigación y la tecnología sobre los sistemas futuros. Finalmente, se señalan los factores que afectan o impiden la evolución, la armonización de frecuencias y la incorporación de nuevos servicios.

### Tendencias hacia los sistemas futuros

Sería deseable que los nuevos sistemas pudieran ser introducidos al tiempo que continuasen los existentes, para que los usuarios actuales que no estén preparados para asimilarlos inmediatamente no necesiten hacerlo. En los lugares donde se dispone de bandas de frecuencia separadas para cada tecnología, los usuarios pueden escoger entre pagar tarifas mayores por las tecnologías más avanzadas y los servicios, o continuar como están.

En cualquier caso, a largo plazo, el objetivo de los sistemas futuros es integrar los distintos sistemas móviles existentes, pero incompatibles, en un sistema con un teléfono manual como principal equipo (terminal) con interfaz de usuario amigable para un conjunto de servicios de usuarios a pie y

Escenario	Sistema(s)	Servicios	Equipo(s)
Escenario I <i>Evolución de los sistemas actuales</i>	Varios	Diversos	Muchos
Escenario II <i>Integración parcial vía terminales multimodo</i> Los sistemas divergen pero los terminales posibilitan su convergencia	Varios	Parcialmente Universal	Universal
Escenario III <i>Totalmente integrado</i> Los sistemas y los terminales convergen	Universal	Universal, totalmente integrado	Universal

**Tabla 1 - Tendencias alternativas hacia los futuros sistemas móviles**

en vehículos. Además, van a permitir facilitar la introducción de avances tecnológicos y también superar las limitaciones de las actuales redes móviles. La **Tabla 1** muestra las distintas suposiciones evolutivas del sistema(s) universal/múltiple y equipo(s) junto con la gama de servicios que van desde discretos a universales y completamente integrados [3].

**Escenario I: evolución de los sistemas actuales**

Este escenario refleja la situación actual. En cualquier caso, los distintos sistemas existentes como GSM y DECT todavía pueden ser mejorados para satisfacer nuevas aplicaciones. Por lo tanto, también pueden proporcionar nuevos servicios, incrementar la capacidad, mejorar la calidad, etc., y además integrar nuevas tecnologías. En otras palabras, un nuevo sistema

como el UMTS puede ser considerado como un concepto de servicio que puede ser el soporte para la evolución de los sistemas existentes y ofrecer servicios iniciales perfectamente antes del 2000. Esta idea permitiría reutilizar la infraestructura existente y por tanto reducir las inversiones iniciales. Pero, por supuesto hay un límite a las posibilidades de expansión ya que no podrían evitarse algunas de las limitaciones técnicas de los sistemas existentes.

**Escenario II: terminales o equipos multimodo - redes interoperativas**

Este escenario, muy dependiente de los usuarios, puede considerarse a priori como una solución intermedia para un escenario de total integración y asume un mínimo esfuerzo de nueva normalización: modos comunes de acceso/registro/autenticación de usuario con distintos sistemas como GSM, DCS1800, DECT y satélite.

Este escenario con varios interfaces se propone para un conjunto universal de sistemas de acceso dispares como GSM-DECT, GSM-DCS1800, y GSM-Globalstar. Además, cada servicio de este escenario se mantiene hecho a medida para sus requisitos específicos, y no son requeridas nuevas infraestructuras mayores según evolucionen los sistemas. La **Figura 3** muestra los factores clave del éxito para que la evolución del equipo multimodo (terminal) sea una solución intermedia de los sistemas

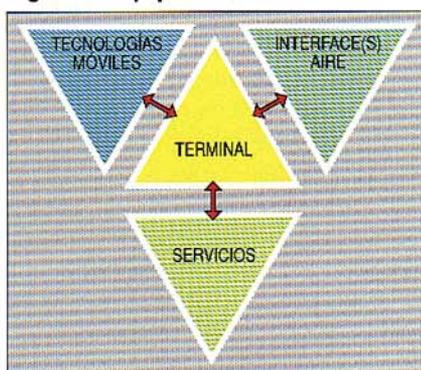
futuros. En relación con este escenario, la **Figura 4** representa los servicios parcialmente universales ofrecidos, por ejemplo, por cuatro operadores.

Además, el equipo multimodo debe estar de acuerdo con lo aceptado recíprocamente por la comisión de regulaciones técnicas comunes (CTR), y debería, gracias a una tarjeta IC de multi-aplicación, tener la capacidad de acceder a diferentes servicios. Debido a la interoperatividad de las redes (privada y pública, fija y móvil), la red tiene que mejorarse para soportar simultáneamente funcionalidades normalizadas, como redes inteligentes (IN), comunicaciones personales universales (UPT) y servicios a medida. También, la relación entre los sistemas de suscripciones individuales está incluida en el cómputo (armonización universal de la numeración y la transferencia de cargos entre operadores).

**Escenario III: hacia una total integración**

Hoy, con el creciente interés en los servicios avanzados y el rápido desarrollo del mercado consumidor, se va a producir una considerable presión para soportar una variedad de tipos de terminal y servicios. En este escenario, se podría normalizar un interfaz aéreo común y adaptable, capaz de dar soporte a distintos servicios en entornos diferentes. Este paso podría ser económicamente rentable desde el punto de vista de la fabricación, y

**Figura 3 - Equipos-UMT**



coincide con la idea actual de los organismos de normalización.

Como una etapa final, todas las opciones descritas pueden ser mantenidas por un terminal que emplee un interfaz aéreo común. En las etapas más tempranas de los estudios relacionados con los futuros sistemas móviles basados en este escenario en los distintos sistemas se asumía la convergencia hacia una terminal común. Se consideró un comunicador personal sencillo, capaz de ofertar voz, servicios de datos y video en todas las lugares, basado en el terminal común. Actualmente, debido al rápido desarrollo del mercado consumidor, este escenario puede considerarse como la solución final a largo plazo.

En las siguientes secciones se destacan los principales factores que afectan a la evolución de los sistemas móviles, con especial énfasis en la interoperatividad de la red y en el desarrollo del equipo (terminal).

### Interoperatividad de las redes móviles

Respecto a la interconexión e interoperatividad de los sistemas de radio, el entorno para la futura interconexión abierta de los sistemas requiere unos progresos drásticos. Los estándares deberían indicar los *interfaces esenciales*, y al mismo tiempo permitir flexibilidad para propuestas innovadoras y soluciones exclusivas. Vamos a analizar con especial atención los siguientes aspectos relacionados con la interoperatividad de la red.

### Aspectos de normalización

Se refieren particularmente a los siguientes puntos:

- reparto del espectro de frecuencia dentro del área local entre operadores
- interfaces, funcionalidades y elementos de servicio que están puestos a disposición por los operadores de la red móvil a proveedores independientes de servicios

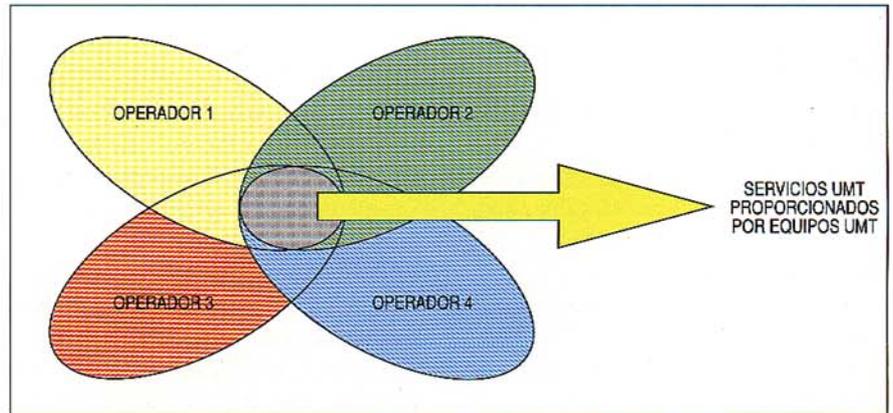


Figura 4 - Servicios-UMT

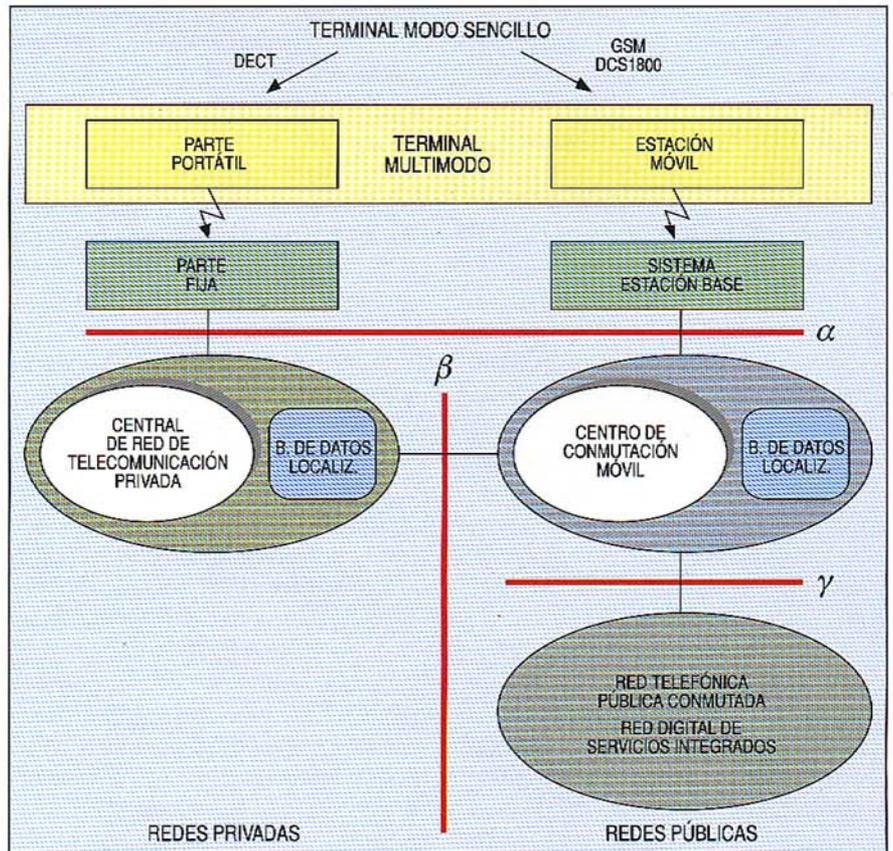


Figura 5 - Arquitectura funcional

- interfaces disponibles para acceder a las funcionalidades inteligentes de las redes fijas y públicas
- interfaces que puedan ofertarse a las redes móviles operadas para su propio uso o para el empleo de un grupo cerrado de usuarios - redes privadas móviles - para permitir las interconexión con las redes públicas fijas
- interfaces que permiten la interconexión directa de redes móviles basadas tanto en la misma como en distintas tecnologías.

### Ejecución funcional

En la Figura 5 se ha representado una globalización del funcionamiento interactivo entre redes privadas y públicas.

Además, esta figura muestra la extensión de la definición interactiva para todas las redes de radio móvil compatibles con la RDSI, es decir, muestra soluciones técnicas para dar soporte de movilidad a un terminal sin hilos en las redes RTPC/RDSI/GSM. Como puede verse, se definen tres puntos de referencia:  $\infty$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  [4].

Los puntos de referencia entre los elementos de la red están diferenciados ya que la movilidad del terminal sobre distintas redes de radio móvil es una cuestión importante. Alguno, como el  $\beta$ , puede manejar intercambio de información entre dos bases de datos de localización (LDB) y otros, como  $\infty$ , sólo controlan información que fluye entre bases de datos sin localización y bases de datos localizadas.

### **Tecnología de red**

La tecnología de red tendrá un impacto directo sobre el desarrollo de los sistemas móviles futuros. Como estos sistemas usarán células cada vez más pequeñas, es previsible que el coste de la red se incremente. Por lo tanto, es deseable una infraestructura de red económicamente rentable. Así por ejemplo, están siendo investigadas alternativamente topologías de interconexión de estaciones base de bajo coste.

En Europa, para los sistemas futuros, se investigan distintas topologías de interconexión, como las *estrella* y *anillo*, para conectar los elementos de la red (estación base de control - BSC, estación base transceptora - BTS, centrales locales, centrales de tránsito, etc.). La topología de la red podría tener que ser diferente para los distintos tipos de red radio (microcélulas, red de microcélulas, macrocélulas). El principal coste de infraestructura parece relacionarse directamente con la infraestructura de la estación base. Por lo tanto, desde un punto de vista techno-económico se van a investigar nuevas soluciones técnicas para rebajar el coste.

En procesos distribuidos de señalización, el uso de la red de área metropolitana (MAN) para interconectar

grupos de BTS y BSC, posiblemente pueda ser considerado.

Las técnicas de multiplexación usadas en la interconexión de las estaciones base deben proporcionar la máxima utilización del medio mediante la consideración de varias velocidades y de ráfagas de distintos teleservicios (canales síncronos de velocidad fija, transferencia asíncrona ATM, acceso múltiple al medio usando MAN).

El medio de transmisión usado en la interconexión de la estación base debe tener la mejor relación coste/capacidad, sea fibra óptica, hilo de cobre, o radio. Si por ejemplo se utiliza un medio de transmisión con fibra óptica para interconexiones de la estación base, se puede recomendar probablemente el uso de un estándar MAN. También sería posible usar tecnologías de longitud de onda milimétrica en un medio de transmisión radio punto a punto.

Debido a las características de los nuevos sistemas, tales como servicios avanzados, perfiles personales y elevada capacidad, la carga de señalización de la red también tenderá a incrementarse. Estas características tienen un impacto significativo no sólo sobre las interconexiones de la estación base, sino también sobre la señalización y requisitos de la red inteligente. Las cuestiones de interoperatividad son una parte del diseño de la arquitectura de señalización. Se podría emplear el diseño de señalización con el método de capas OSI y utilizando aplicaciones de señalización N<sup>o</sup>7. Pero, una característica única de diseño de la arquitectura de señalización de la futura red se podría obtener a partir de una arquitectura de red multientorno [5].

En cuanto a las redes inteligentes, UPT e IN proporcionarán tanto a los operadores como a los proveedores de servicios, posibilidades enormes en términos de servicios avanzados y de facilidades en el cálculo de tarifas, a partir del uso general de una tarjeta IC de aplicación múltiple. En esta fase, se incrementarán los aspectos de regulación debido a las capacidades de la nueva tecnología, por lo que tendrán que ser estudiados con especial atención.

### **Cuestiones clave para el desarrollo de equipos móviles multimodo**

Desde el punto de vista del usuario, un equipo móvil multimodo debería ser capaz de moverse entre los sistemas sin ninguna dificultad, de manera transparente. En este caso ideal, el usuario no necesita saber que sistemas están siendo usados.

Los factores más importantes para cumplir estos requisitos están asociados a la investigación y la tecnología y a cuestiones de compatibilidad. Estos factores ejercen una gran influencia sobre la evolución de los terminales multimodo. El resumen siguiente describe estos aspectos del desarrollo de los equipos multimodo.

#### **Investigación y tecnología**

La tecnología decide exactamente como de complejo puede ser el futuro sistema, establece las restricciones del coste del equipo, tamaño, peso, consumo, etc. Si el rendimiento de la batería puede mejorarse significativamente al tiempo que el consumo de las complejas estructuras microelectrónicas disminuye, si la eficacia del software mejora, si se introduce la tecnología de pantalla plana, si las redes microcélulas prevalecen, y así sucesivamente, entonces el terminal multimodo inteligente puede llegar a ser una realidad. Si la tecnología puede fabricar una generación futura de transceptores como productos para el consumidor entonces la acogida será profunda.

En resumen, las principales tendencias de los productos para equipos móviles tendrán que considerar cuidadosamente tamaño y peso, ergonomía y precio. También tendrían que proporcionar servicios adicionales ofrecidos por proveedores de servicios a través de distintas tecnologías de red móvil.

#### **Cuestiones tecnológicas**

Las áreas tecnológicas con aspectos específicos tienen obviamente un gran impacto. Las principales se indican en la **Tabla 2**.

**Compatibilidad**

La compatibilidad técnica de los sistemas futuros con los existentes, como GSM y DECT, es uno de los requisitos más importantes. Está, en términos generales, relacionado con la compatibilidad del interfaz aire de la capa 1, el protocolo de señalización, el microteléfono y la estación base (BS). Por el momento, donde se introduzca cualquier sistema móvil nuevo, habrá muchas redes GSM y DECT, y por tanto la cuestión de compatibilidad deberá analizarse cuidadosamente aprovechando la experiencia aportada por el uso de las tarjetas IC de multi-aplicación.

**Factores que impiden la evolución de los equipos móviles**

**El reto tecnológico**

En Europa, a comienzos del nuevo siglo, la industria debería tener preparada la tecnología necesaria para construir los complejos portátiles futuros. El fracaso en conseguirlo, podría impedir la viabilidad económica a largo plazo de la industria europea de terminales. Por tanto, es esencial el progreso tecnológico, especialmente en microelectrónica, optoelectrónica y baterías. También han de desarrollarse estaciones base microcelulares económicamente rentables y una infraestructura eficaz.

**Inversión**

Los sistemas móviles digitales GSM y DECT acaban de ser lanzados en Europa. Los inversores actuales están, por lo tanto, menos predispuestos a asumir la financiación de redes futuras. En cualquier caso, los factores económicos y comerciales jugarán un papel dominante en el atractivo que tendrán los sistemas para los usuarios, operadores y fabricantes durante su introducción y transición a sistemas futuros. La calidad del servicio dada por estos sistemas es particularmente importante para el usuario. Los periodos iniciales de actividad y de amortización de la infraestructura son tam-

Principales áreas tecnológicas	Características de los terminales
Radio	Bandas de frecuencias mas altas Menor consumo AsGa
ASIC	Mayor capacidad de procesamiento Consumo menor y bajo voltaje Silicio de bajo voltaje
Interconexión/revestimiento	Menor tamaño EMC
Energía/revestimiento	Baterías nuevas Cargadores rápidos y pequeños Super condensadores Menor tamaño
Interfaz hombre-máquina	Teclado y visor Facilita el uso de menús software
Arquitectura	Plataforma multipropósito
Algoritmos	Ahorro energético, control de energía Ambientes diferentes (interior/exterior) Gestión de recursos radio (DCA)
Software	Multi-estándar (capa 1/2/3) Proveedores multiservicio
Antena	Multibanda Integración
"Factores verdes"	EMC Riesgo para la salud

**Tabla 2 - Temas tecnológicos más importantes**

bién muy importantes para el operador, y los económicos a gran escala los son para los fabricantes.

**Frecuencias**

El reparto actual del espectro de radio móvil es insuficiente en comparación con su potencial económico e impacto social. Hoy, tanto la coherencia nacional como la armonización internacional no están todavía completamente desarrolladas (la asignación existente refleja un antiguo reparto entre emisoras públicas y militares).

El espectro disponible y la armonización de las frecuencias en Europa, e incluso a nivel mundial, son elementos clave para el crecimiento del mercado, y debe ponerse especial atención en los esfuerzos de las agencias nacionales, etc. WARC'92 contempló el uso de la

banda de 2 GHz para los futuros sistemas móviles. Pero, una reciente decisión de EE.UU. que asigna la mayor parte de esta banda a los sistemas de comunicación personal (PCS) puede hacer peligrar una armonización global.

**Nuevos servicios**

Los futuros sistemas móviles serán sistemas personalizados (transportados todo el tiempo por el usuario) y además proporcionarán una amplia gama de servicios de telecomunicación a usuarios móviles o fijos. Los servicios ofrecidos, idealmente, serán al menos idénticos a aquellos ofrecidos a los usuarios de los equipos de telecomunicaciones fijos, con una calidad de servicio comparable a la red fija actual. También, ofrecerán servicios adicionales considerando la naturaleza especial

de aspectos relativos a la movilidad como la cobertura y la disponibilidad desde el operador de red. Estos aspectos están afectados por consideraciones económicas, cuestiones de regulación, factores políticos y por la implementación del sistema por distintos operadores. Es importante señalar que no todos los servicios estarán disponibles en todos los lugares.

Paralelamente a los nuevos servicios, hay que prestar también especial atención al diseño ergonómico de los terminales para lograr un interfaz hombre-máquina eficaz, incluyendo el diseño y funcionalidad del visor, microteléfono y teclado, según el tipo de equipo del usuario. Para un servicio particular, la red tiene que adaptarse a la información transmitida al terminal. Por ejemplo, las terminales con distintos visores (pantalla portátil estándar, pantalla de ordenador portátil, o voz sintética en lugar de una pantalla) podrían acoplarse a los mismos servicios.

### Conclusiones

Debido a la enorme inversión que se ha hecho en los sistemas de segunda generación, los próximos pasos prácticos se producirán a partir de las redes que existen actualmente. Estos pasos serán:

- reconocimiento de la existencia del actual alcance de cobertura de las redes de radio repartidas en servicios separados, cada una en su propia forma optimizada
- federación de estas redes a través de los interfaces abiertos apropiados para la interoperatividad
- presentación de un punto sencillo de acceso para los usuarios finales a través de terminales multimodo.

Además, esta propuesta evitará la presión de los operadores para integrar los sistemas existentes incompatibles, al tiempo que aliviará la saturación y permitirá la introducción de servicios adicionales. Por lo tanto, los sistemas móviles se integrarán completamente

en nuestras vidas profesionales y sociales, y con toda seguridad se demandarán nuevos servicios. En la medida en que los usuarios estén interesados, una convergencia sin fisuras está asegurada por esta integración de servicios por la colaboración de los operadores y los proveedores de servicios.

En cualquier caso, un sistema unificado pan-europeo como por ejemplo UMT"S" podría introducirse a largo plazo para dar soporte a los nuevos servicios demandados, ya que se trata de un sistema compatible con diferentes redes móviles mejoradas e interoperativas.

### Referencias

- 1 "Commutation et Transmission", Número especial sobre comunicaciones móviles, publicado por SOTELEC, Septiembre 1993, París, Francia
- 2 C. Evci y V. Kumar, "Pan-European Project for third generation wireless communications", Wireless Communications: Future Directions, Kluwer Academic Publishers, págs.29-53, Febrero 1993
- 3 "Market and Key Factors affecting the development of Pan-European Mobile Communications, Post 1995", PA Consulting Group Report for EEC, DGXIII Abril 1990
- 4 "Network Aspects: Network Support of Cordless Terminal Mobility", ETSI NA/TG/MOB(93)01, Abril, 1993
- 5 H. de Boer, M. Meijer y E. Buitenwerf, "Network Aspects for the third generation mobiles", IEEE-Globecom. Conference Proceedings, Phoenix, EE.UU., págs. 1517-1522, Diciembre 1991

### Agradecimientos

El autor desea agradecer a Cengiz Evci, Bernard Fino y Martine Gerbaux-Robert de Alcatel Mobile Communication - Francia su participación.

**Jacques Bursztejn** es ingeniero graduado en la Escuela Especial de Mecánica y Electricidad. En 1963 pasó a formar parte de la división de enlaces de microondas de CSF. En 1972, dirigió la división de investigación y desarrollo de enlaces de microondas de baja capacidad y de enlaces de microondas de televisión móvil de Thomson-CSF (actualmente Alcatel Telspace), asumiendo en 1972 la responsabilidad de los enlaces de microondas militares. Se convirtió en el director técnico de enlaces de microondas civiles en 1987 al tiempo que se responsabilizaba de los contratos con los principales clientes franceses. Después, pasó a Alcatel Radiotelephone en 1991, donde alcanzó el puesto de director técnico y científico. Actualmente, es director de investigación y tecnología de Alcatel Mobile Communication.

# Evolución de la tecnología de cables y fibras ópticas

**R. Jocteur** Alcatel Câble, Clichy, Francia  
**J.-P. Dumas** Alcatel Alsthom Recherche, Marcoussis, Francia  
**M. Carratt** Alcatel Fibres Optiques, Bezons, Francia

## Introducción

La expansión general del mercado hace bajar los costes de fabricación de las fibras y cables. Esta disminución de los costes también es el objetivo de la evolución de la tecnología de fabricación en este sector.

Los procedimientos de fabricación de las fibras ópticas se orientan hacia una producción masiva, caracterizada por un importante aumento de las velocidades de fibrado y de las capacidades equivalentes de fibra por preforma. El elevado nivel de prestaciones requerido ha tenido como consecuencia una mejora de la calidad y la fiabilidad. Por último, el dominio de los perfiles del índice de refracción, optimizados en la longitud de onda de 1,55 micrómetros, ha permitido aumentar las velocidades de transmisión en línea.

Las tecnologías utilizadas en los cables de fibras ópticas evolucionan hacia un gran dominio de las prestaciones y de las geometrías, lo que permite simplificar las estructuras, por una parte, y aumentar las cantidades de fibras por cable, por otra. La utilización de nuevos materiales contribuye a reforzar estas dos tendencias. El desarrollo de futuras redes ópticas de distribución estará guiado por una optimización conjunta de la fibra y del cable, teniendo en cuenta las exigencias de conexión.

## Evolución tecnológica de las fibras ópticas

La evolución de la tecnología de fabricación de las fibras ópticas tie-

ne como objetivo disminuir los costes de fabricación y mejorar de forma general las características.

### *Evolución originada por los sistemas de larga distancia*

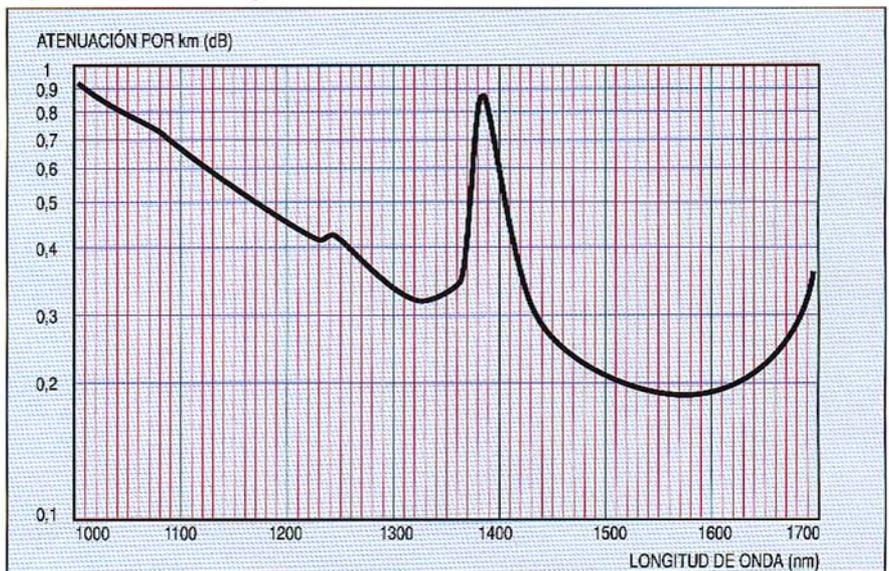
La llegada de los sistemas de transmisión de larga distancia que funcionan en la longitud de onda de 1,3  $\mu\text{m}$ , y después 1,55  $\mu\text{m}$ , ha evidenciado la importancia de las características de transmisión de la fibra. Con objeto de aumentar el alcance de los enlaces y minimizar las pérdidas en línea, se ha puesto de manifiesto la necesidad de mejorar constantemente la atenuación. Esto se traduce en una disminución de más del 20% de las atenuaciones en la longitud de onda de 1,55  $\mu\text{m}$ . A partir de ahora, están disponibles en el mercado fibras ópticas con una

atenuación inferior a 0,20 dB/km, es decir 0,195 dB/km. En la **Figura 1** se representa una curva de atenuación espectral típica.

Para optimizar las relaciones de enlace, a continuación se han estudiado las tolerancias de fabricación, dada la influencia respectiva de los diferentes parámetros de la fibra en las pérdidas en las conexiones, como podemos ver en la **Figura 2**. La mejora de las características geométricas de las fibras ópticas ha tenido como efecto aumentar el porcentaje de éxito de los empalmes realizados sobre el terreno.

La exigencia cada vez mayor respecto a los parámetros geométricos y ópticos de la fibra óptica se ha traducido en una reducción general de las tolerancias. En los tres últimos años, el diámetro de campo modal ha evolucionado de una tole-

**Figura 1 - Atenuación espectral de la fibra**



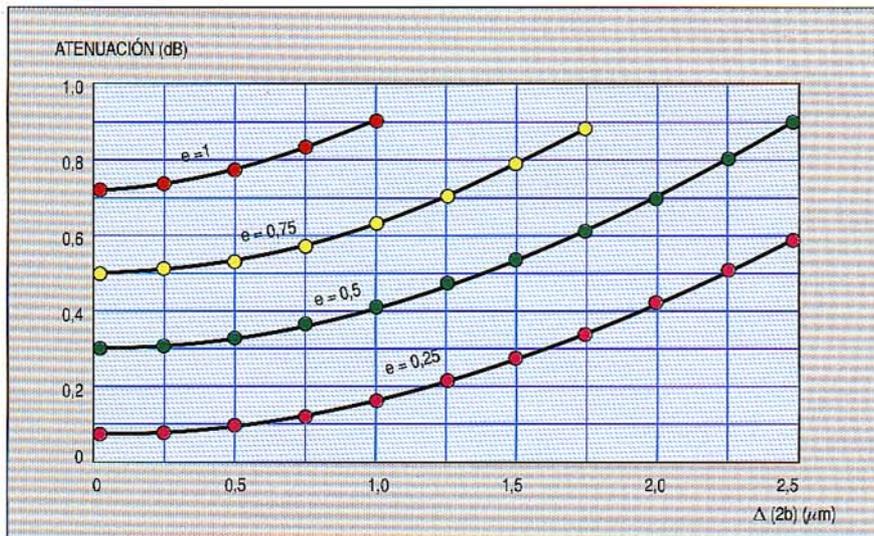
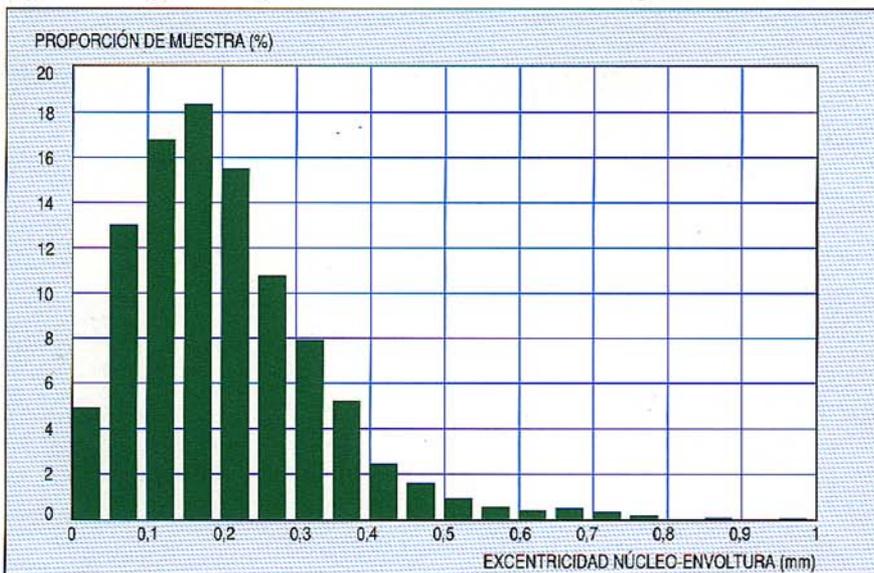


Figura 2 - Influencia de las tolerancias de los parámetros de fabricación

rancia de  $\pm 1 \mu m$  a  $\pm 0,5 \mu m$ . Durante el mismo periodo, las variaciones permitidas del diámetro exterior de la fibra han pasado de  $\pm 3 \mu m$  a  $\pm 2 \mu m$ , y la tolerancia de  $1 \mu m$  ya ha sido aceptada en varios países. La excentricidad del diámetro de núcleo respecto al diámetro exterior también ha disminuido. Además, los nuevos procedimientos de fabricación utilizados por Alcatel Câble en sus fábricas son particularmente prometedores en la materia: en la Figura 3 se presenta un histograma de reparto.

Esta mejora de la calidad va acompañada por un aumento de la fiabilidad de los productos propuestos en el mercado. Se ha duplicado la intensidad de la prueba de desenrollamiento en tensión para garantizar una mayor resistencia mecánica. En la actualidad, se somete cada tramo de fibra a una carga de un kilogramo durante un segundo. Por otra parte, los objetivos de reducción del diámetro de cable y, en consecuencia, del peso de las materias primas, han dado lugar a un aumento del

Figura 3 - Histograma de reparto de la excentricidad entre el núcleo y la envoltura de la fibra



nivel del test de prueba. Al mismo tiempo, las longitudes de suministro se han elevado a 25 km. La reducción de los tiempos de carga de las máquinas y la sencillez de tratamiento de estas longitudes son otros tantos factores que favorecen la productividad global. Por último, ha aumentado la resistencia a las exigencias del entorno debido a las mejoras realizadas en los revestimientos de protección [1].

**Evolución vinculada a los sistemas de alta velocidad**

La adaptación de la fibra óptica a los sistemas de alta velocidad, a partir de 1 Gbit/s, hace necesaria una modificación del perfil de índice de refracción de la guía. El perfil adoptado es generalmente de forma triangular ya que permite anular la dispersión cromática en la longitud de onda de funcionamiento (Figura 4).

Las características generales y las exigencias expuestas anteriormente también se aplican a las fibras de dispersión cromática reducida en la longitud de onda de 1,55  $\mu m$ . A partir de una velocidad en línea cercana a 2,5 Gbit/s, o bien en caso de que se utilicen amplificadores ópticos en la línea de transmisión, también pueden ser necesarias características específicas como, por ejemplo, la dispersión de polarización modal.

La utilización de este tipo de fibra es cada vez más común debido a sus mayores capacidades de transmisión que, actualmente, son la mejor forma para seguir la evolución futura de los incrementos de velocidad, incluyendo los sistemas que utilizan el efecto solitón.

**Evolución vinculada a los sistemas de distribución**

La fibra de silicio utilizada para todas las aplicaciones de "largas distancias" se caracteriza por un diámetro exterior de 125  $\mu m$  y un revestimiento de protección de 245-250  $\mu m$ . Se considera que esta fibra puede

utilizarse en todas las estructuras de cable sin exigencias específicas.

La nueva noción de optimización conjunta de la pareja formada por el cable y su fibra, para la utilización en las redes de distribución, seguramente va a trastocar lo ya existente. El objetivo consiste en aumentar la densidad de las fibras en los cables para las partes comunes a la red de transporte, por un lado, y simplificar la utilización del cable y la fibra en las partes terminales de la red, por otro.

Ya se ha puesto en práctica el principio de optimización de los volúmenes y de los acondicionamientos en el interior del cable, a nivel de la propia fibra óptica. En primer lugar, se trata de reducir el espesor del revestimiento exterior de protección sin disminuir las prestaciones de los cables y, en segundo lugar, multiplicar el número de guías contenidas en un mismo diámetro de 125  $\mu\text{m}$ .

Por último, el hecho de tener en cuenta exigencias de tendido, de conexión y de duración de vida en la definición del producto, desde el origen, permiten simplificar las operaciones sobre el terreno.

#### Evolución de las tecnologías de fabricación

Los procedimientos de fabricación utilizados por todos los grandes proveedores han evolucionado hacia una producción masiva caracterizada por un importante aumento de las velocidades de fibrado y de las capacidades equivalentes de fibra por preforma. La finalidad es conseguir un procedimiento de fabricación casi continuo para suprimir los tiempos muertos y disminuir el coste de la mano de obra. La capacidad de las preformas fabricadas actualmente en las factorías es de 80 a 100 km de fibra. La próxima generación de preformas, ya operacional o en curso de transferencia, permitirá obtener capacidades de 200 a 300 km. Esta evolución se debe a la utilización de procedimientos de

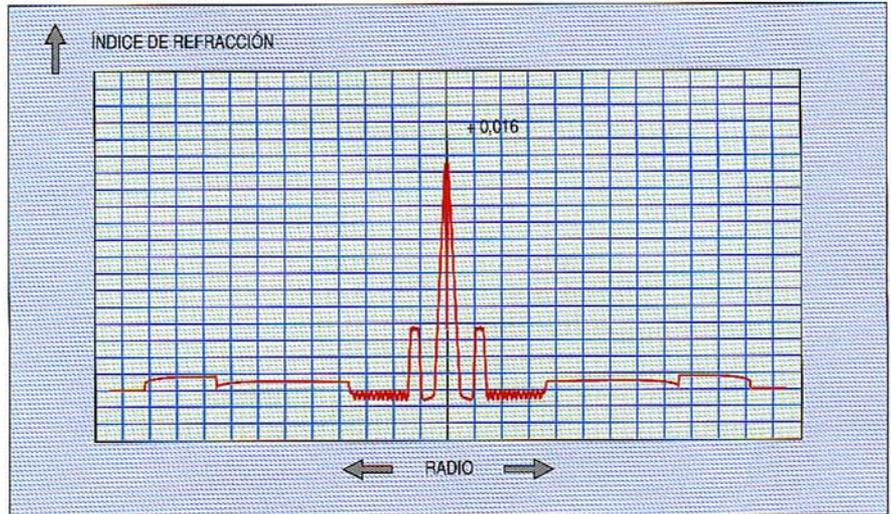


Figura 4 - Perfil del índice de refracción de la fibra de dispersión retardada

crecimiento externo, como la técnica de plasma desarrollada por Alcatel [2]. La Foto A da una idea clara de la evolución de los tamaños de las preformas en estos cinco últimos años.

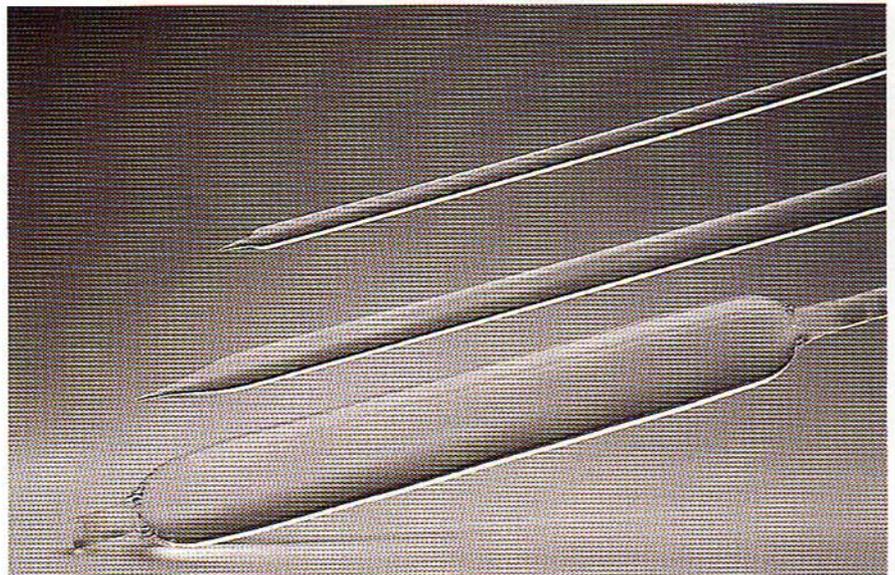
Las velocidades de fibrado han evolucionado en las mismas proporciones para mantener la homogeneidad del ciclo de fabricación. La puesta a punto de torres de fibrado de gran altura, de hasta 20 m, y de dispositivos de regulación y de mando de gran rapidez, ha permitido pasar de velocidades de unos 100 m/min a casi 1000 m/min. Las velocidades de

desenrollado y de bobinado también alcanzan de 1000 a 1200 m/min.

Para la producción de bobinas de gran longitud de fibra se requiere una excelente homogeneización del producto y la adaptación de los equipos y de los procedimientos de medida correspondientes. Un aumento de los controles estadísticos deberá permitir aligerar esta puesta en fabricación.

La mejora de las características técnicas del conjunto de estas fibras ópticas, sean cuales fueren las utilidades previstas, siempre ha sido el denominador común de todas

Foto A - Evolución de los tamaños de las preformas ópticas



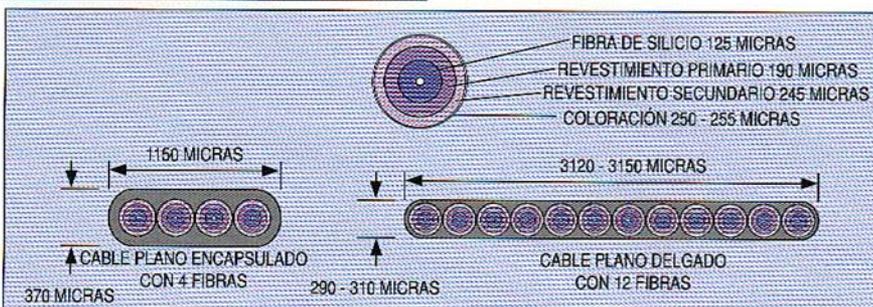
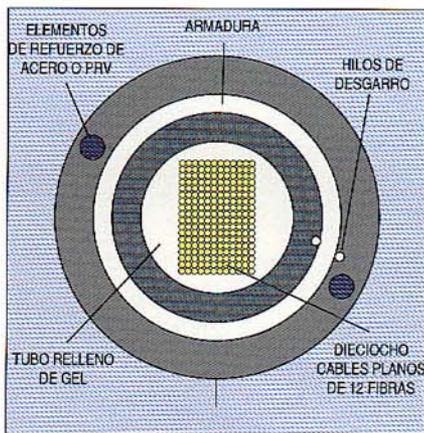
estas evoluciones, que son coordinadas con las evoluciones del propio cable y lo serán aún más en el futuro.

### Evolución tecnológica de los cables de fibras ópticas

Los principales ejes de desarrollo de los cables de fibras ópticas tienen en cuenta en primer lugar las exigencias del mercado: aparición de nuevas aplicaciones y fuerte presión a la baja de los precios en un contexto de gran competencia internacional, debida a una sobrecapacidad pasajera de los medios de producción mundiales.

La estrategia de Alcatel Câble consiste en desarrollar e industrializar todos los tipos de cables y hacerlos evolucionar para su explotación en las redes subterráneas, de autopistas, de telecomunicaciones y de señalización para las compañías de ferrocarriles y de transporte de energía, las redes industriales y el sector de la defensa.

Figura 5 - Estructuras planas y cable asociado de 216 fibras



La evolución tecnológica de los cables de fibras ópticas se traduce en:

- la puesta a punto de nuevos productos
- la reducción de los costes
- la necesidad de una integración reforzada del conjunto fibra, cable y sistema.

Los ejemplos que figuran a continuación desarrollan las características generales de esta evolución tecnológica.

#### Puesta a punto de nuevos productos

En la mayoría de los países europeos y, en menor grado, en Estados Unidos y en Japón, en los años 80 los cables tenían como estructura un conjunto de fibras colocadas sin ninguna disposición específica en un tubo o en una ranura realizada en un anillo de materia termoplástica. El propio cable, estaba constituido por un ensamblaje de tubos o de anillos y elementos de transporte y de protección mecánica, necesarios para la instalación y el entorno previstos.

Gracias a importantes inversiones e intensivos desarrollos se han podido alcanzar los objetivos de coste y de calidad pretendidos para que los sistemas de transmisión interurbanos e intercentrales que utilizan cables de fibras ópticas compitan con los sistemas equivalentes que utilizan cables coaxiales. La capacidad de este tipo de cables supera pocas veces el centenar de fibras.

*Cables planos:* la prolongación de la distribución de servicios de banda

estrecha o de banda ancha, hasta el abonado residencial o de negocios, está a punto de llegar a ser una realidad industrial. Aunque no se haya establecido la naturaleza del sistema, punto a punto o punto a multipunto, dado que no se ha excluido su coexistencia según la topología de los lugares de la futura red, es probable que el porvenir esté en los cables de alta densidad (varios centenares de fibras) o de muy alta densidad (algunos miles de fibras).

Por tanto, Alcatel Câble ha decidido desarrollar e industrializar estructuras de cables planos [3] que se consolidan, pese a la diversidad de las especificaciones, como la estructura más económica para densidades de fibras como éstas, en un contexto de producción masiva. La Figura 5 representa una sección transversal de un cable plano.

Además, el desplazamiento y la conexión de cables de gran densidad de fibras tienen una influencia considerable en el coste de la inversión inicial. Las reducidas dimensiones exteriores y el reducido peso de los cables planos facilitan su instalación, y la ordenación matricial de las fibras simplifica su conexión. En efecto, de esta forma se puede considerar la realización de soldaduras o de conexiones por agrupamiento simultáneo de fibras. No obstante, esta conexión global sólo puede ser de una calidad satisfactoria si se utilizan fibras de excelentes características geométricas: diámetro exterior de la envoltura de silicio, diámetros del núcleo, excentricidad núcleo/envoltura.

Por otra parte, la gran precisión que requieren los dispositivos de alineación de fibras impone reducidos costes. Los estudios efectuados en el grupo permiten obtener multiférrulas de vidrio por medio de una sencilla técnica. Estos dispositivos son de reducido coste, contrariamente a lo que ocurre con las férrulas.

Los cables planos también parecen ser adecuados para las aplicaciones de distribución en la red local a medio plazo. Se están estudiando en

el grupo otros tipos de cables posibles.

### Reducción de los costes

Ya se trate de cables de estructuras convencionales o de cables planos, la reducción de los costes de producción sigue siendo una exigencia absoluta.

*Materiales nuevos para cable:* las materias primas utilizadas en los cables de fibras ópticas constituyen más del 50% del coste de los cables (excluyendo las fibras). Además de la reducción de las dimensiones del cable por la elección optimizada de la estructura en función de la aplicación y la mejora mecánica de las fibras, hay que buscar sin cesar materias primas por el mejor coste y con la mejor aplicación posible. Esta preocupación se refiere en particular:

- A los revestimientos para fibras y matrices de cables planos: la sustitución del acrilato en la composición de los poliuretanos por un éter vinílico permite aumentar la velocidad de reticulación mejorando simultáneamente la estabilidad química. La elección del fotoiniciador (parte fotosensible del material que permite la polimerización), de la viscosidad y la cinética de reticulación, y el estudio de las propiedades y características fisicoquímicas están en curso de examen.
- La naturaleza de los materiales en la estructura de los cables realizados por ensamblajes de tubos: la sustitución del PBT (polibutileno tereftalato) por el PP (polipropileno) está en curso de cualificación.
- La selección de un gel de relleno: se han sometido a estudio quince productos del mercado. Tres de ellos han sido seleccionados tomando como base numerosos criterios, entre los cuales se encontraba la compatibilidad con los revestimientos de fibras y polímeros. Se están realizando las pruebas comparativas de puesta en práctica.

- En último lugar, esta investigación también se refiere a los materiales que retrasan la propagación de las llamas, sin emanación de humo tóxico, para aplicaciones interiores y también subterráneas.

### El concepto de integración fibra - cable - sistema

Las reglas de diseño de un cable de fibras ópticas han evolucionado considerablemente desde su nacimiento en los años 75 - 80. Esta evolución se debe a los adelantos tecnológicos conjugados:

- de la fibra óptica, por la transformación progresiva del modo de guiado, de multimodo a monomodo 1,3  $\mu\text{m}$  y después 1,5  $\mu\text{m}$
- de los sistemas de transmisión digital o analógica, gracias a los progresos realizados en el sector de los componentes optoelectrónicos desde el diodo electroluminiscente hasta la amplificación óptica
- así como del futuro de las fibras de dispersión retardada para la transmisión a alta velocidad.

La diversidad de las aplicaciones de los sistemas de fibras ópticas y de la arquitectura de las redes ha influenciado en gran medida la evolución del diseño de los cables.

Como ya se ha dicho, el surgimiento de redes de distribución en el abonado, ha contribuido a que se tengan en cuenta requisitos particulares debidos a la gran densidad de fibras en los cables y a la disposición previa de las fibras para la conexión (cuya principal consecuencia es la reducción de las tolerancias de geometría de las fibras, que permite minimizar las pérdidas en las conexiones).

Aún recientemente, el sistema imponía a la fibra cableada el único requisito de que se respetara el "balance energético", es decir, un límite máximo de atenuación por unidad de longitud, bien controlado durante la vida del sistema. Para llegar a este resultado, ha sido necesari-

rio encontrar una solución a los problemas de comportamiento de la fibra y a las variaciones térmicas, así como a los de resistencia al entorno después de la instalación, para una fiabilidad al menos equivalente a la de las redes de cables de cobre.

La puesta en servicio de sistemas digitales de alta velocidad en larga distancia, sin regenerador intermedio, sino solamente con amplificadores ópticos, va a requerir dominar otros parámetros de la línea de transmisión como el mantenimiento de una débil dispersión de polarización modal y el mantenimiento de una débil atenuación, pese al aumento del diámetro de campo modal y, por consiguiente, de la sensibilidad a las microcurvaturas.

Por motivos diferentes, dependientes de la coexistencia de un efecto de ruido del láser emisor y de una elevada dispersión de polarización de la línea, los sistemas analógicos de banda ancha destinados al transporte y a la distribución de 50 a 100 canales de televisión, tienen que soportar exigencias similares de cableado.

Evidentemente, estas nuevas características deberán permanecer estables durante la vida del sistema, en presencia de variaciones climáticas y térmicas, fenómenos de distensión o tensiones internas de los materiales de los cables.

### Referencias

- [1] R.J. Overton, A.R. Lopez, C. Lasne, H. M. Michaud, R.G. Sommer: "Designing an Optical Fiber dual coating system for loose tube and ribbon cable long line and local loop applications". IWCS Symposium, 1993, págs. 701-707
- [2] M. Carratt, S. Walker: "Procedimiento de MCVD - plasma de fabricación de fibras ópticas monomodo para aplicaciones terrestres". Comunicaciones Eléctricas, 1er Trimestre 1994, págs. 11-14

- [3] J.P. Bonicel: "Tecnología de cable de cintas de fibra óptica". *Comunicaciones Eléctricas*, 1er Trimestre 1994, págs. 39-44

**Robert Jocteur** nació en 1933 en Lyon, Francia. Después de realizar una tesis en matemáticas y física, se incorporó a Les Câbles de Lyon, convertidos en Alcatel Câble, en donde llevó a cabo investigaciones sobre los cables de telecomunicación de cobre. En 1974, comenzó sus primeros trabajos sobre la tecnología de los cables de fibras ópticas. En 1983, fue nombrado responsable del desarrollo de las fibras ópticas para enlaces submarinos. El Sr. Jocteur es actualmente Director técnico del Departamento de Telecomunicaciones en Alcatel Câble.

**Jean-Pierre Dumas** es ingeniero de la Escuela Nacional Superior de Cerámica Industrial, titular del diploma de Altos Estudios en Metalurgia Especial del Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Nucleares. En 1962, se incorporó al departamento Metalurgia del CEA en Saclay. En 1966 entró a formar parte de la CGE, convertida posteriormente en Alcatel Alsthom. En 1971, trabajó como ingeniero en el centro de investigación de dicha compañía, responsable del grupo de cristalogénesis y después ingeniero en el Centro de estudios Industriales. Fue nombrado adjunto al jefe de la división Materiales en los Laboratorios de Marcoussis en 1973. De 1975 a 1991, fue sucesivamente director de la división Materiales, de la división Fotónica y Materiales y de la división Energía y Materiales en los mismos laboratorios, agrupados ahora bajo el nombre de Alcatel Recherche. Actualmente es director de actividades Energía y Materiales.

**Michel Carratt** nació en 1949 en Chantilly, Francia. Después de cursar sus estudios en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon, trabajó de 1974 a 1978 en el desarrollo de guías de ondas circulares en la sociedad Les Câbles de Lyon y después entró en 1978 en la CLTO en donde dirigió las actividades de investigación y desarrollo. En 1990, se incorporó a Alcatel Fibras Ópticas. Actualmente es Director General Adjunto encargado de los programas de investigación y desarrollo.

# Evolución de la comunicación de video interactivo

**J.D. Calvet** Alcatel Network Systems, París, Francia  
**S.R. Treves** Alcatel Italia, Milán, Italia  
**W. Verbiest** Alcatel Bell, Amberes, Bélgica

## Introducción

Los servicios de distribución, que impulsan la industria de TV, están evolucionando gradualmente hacia los servicios multimedia interactivos.

Video bajo demanda (VoD) es el nombre genérico de un conjunto de servicios interactivos que representan un factor decisivo en la amplia aceptación del mercado de dichos servicios. El usuario residencial será el objetivo principal inicial para los servicios de VoD, pero el VoD también será atractivo para compañías e instituciones educativas.

La atracción clave para los usuarios residenciales será la posibilidad de elección entre un gran número de programas, inicialmente películas, y que se extenderá mas tarde a todo tipo de programas, tales como noticias, seriales, catálogos de compra, información del mercado de valores e incluso juegos y servicios de información. La selección se hará desde la casa/oficina y los programas seleccionados estarán disponibles en un tiempo del orden de minutos/segundos después de su petición. Los usuarios podrán ser tarifados por programa o por tiempo de visión.

En la actualidad ya se dispone de programas de distribución seleccionados desde la casa:

- TV de pago (p. ej., Filmnet y Canal+)
- Pagar por ver, con acceso individual a los programas.

Estos servicios serán complementados pronto por una variedad de servicios de video bajo demanda.

Una solución inicial puede ser el casi video bajo demanda (NVOD). Con

el NVOD, los usuarios pueden elegir entre una selección de programas de distribución que están disponibles en un limitado número de copias con comienzo en diferentes instantes (p. ej., cada 15 ó 30 minutos). Los programas están contenidos en dispositivos de almacenamiento en forma comprimida.

Los programas de video bajo demanda interactivo (IVOD) serán la siguiente etapa del desarrollo que probablemente se podrá ofrecer, de forma conmutada, por los operadores de telecomunicación y de cable y por los proveedores de servicio. El acceso es instantáneo y es posible un control total similar al de los equipos de video VCR convencionales. La variedad de tipos de programas es considerablemente mayor y se requiere una mayor capacidad de almacenamiento, puesto que se proporciona una copia para cada usuario individual vía una conexión punto a punto. Por ello, el servicio IVOD es más costoso, pero se considera que es el más satisfactorio para los usuarios.

El VoD se ha convertido en una posibilidad real a corto plazo gracias a

la casi concurrente madurez de las tecnologías básicas necesarias y a la dramática reducción de costes.

En paralelo, los acontecimientos de regulación de los servicios favorecen al VoD, uno los más importantes ha sido la decisión del FCC de permitir ofrecer el servicio a los RBOC (Julio de 1992).

## Arquitectura de la red

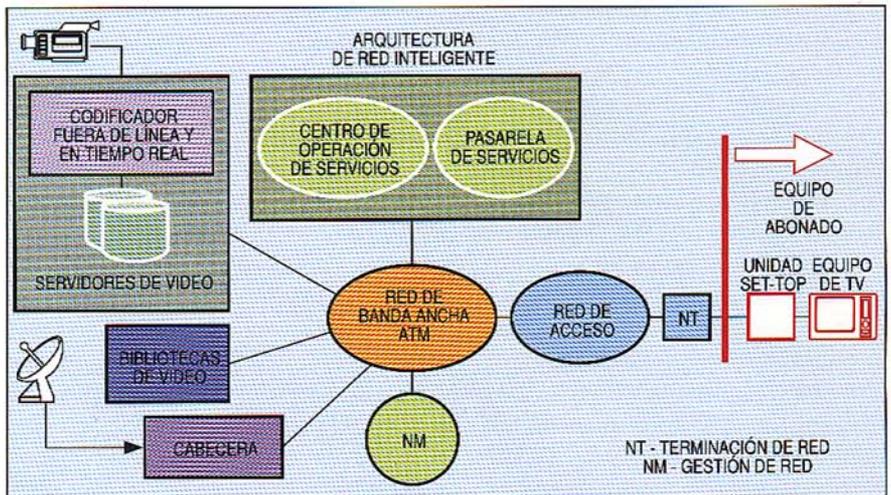
### Elementos claves

En la **Figura 1** se muestran la arquitectura y subsistemas de una red para VoD.

La red incluye servidor(es) de video, elementos de red de conmutación de banda ancha, redes de acceso y equipo de abonado [1].

El servidor de video contiene los programas de video comprimido y, a través de la red, proporciona al usuario una copia bajo demanda de la señal de video solicitada. El servidor también puede contener codificadores en tiempo real del tipo MPEG (Motion

**Figura 1 - Arquitectura de VoD**



Picture Expert Group) para acceso a los programas en directo. El servidor, o un conjunto de servidores, puede pertenecer a un proveedor de servicio, en un entorno en el cual múltiples proveedores de servicios pueden operar dentro de la misma red. Los servidores de video también pueden pertenecer a operadores de red, quienes podrían alquilar esta capacidad a proveedores de servicios independientes.

En la cabecera de red se procesan señales de TV que llegan y la que se generan localmente convirtiéndolas en señales ópticas para la transmisión a través de la red.

La biblioteca de video es un sistema de archivo con películas almacenadas en un formato comprimido. Se utiliza para cargar en los servidores de video el apropiado material de programas que será enviado en tiempo real.

La red de conmutación de banda ancha proporciona la interconexión entre los diferentes subsistemas de red de la arquitectura VoD. Básicamente proporciona funciones tales como la señalización y la transferencia de datos de programas.

La red de acceso comprende las diferentes configuraciones de acceso, desde la red de transporte al equipo de abonado. Incluye configuraciones de multiplexación de acceso y terminaciones de red (NT). Es posible el acceso con cobre utilizando ADSL (bucle de abonado digital asimétrico), fibra óptica, interfaces de coaxial (utilizando modulación digital) e interfaces de radio (p. ej., los servicios locales de distribución multicanal, LMDS).

El equipo de abonado puede ser o un equipo integrado (set-top) asignado a un aparato de TV o una unidad modular de abonado para manejar un amplio abanico de servicios de usuario seleccionables que proporciona el punto de entrada de los operadores de red en la casa de los abonados.

La gestión de red incluye los sistemas de operación (elementos gestores) necesarios para operar y gestionar extremo a extremo la red de VoD. Los sistemas de operación se comunican con los diferentes elementos de red a través de interfaces estandarizados y

modelos de información, conformes con los estándares TMN.

La pasarela de servicios proporciona el interfaz de abonado para localizar y conectarse a un servidor de video, desde un proveedor de servicios seleccionado (control de sesión). Una pasarela de servicios sirve a un conjunto de abonados. Se podrán introducir adicionales pasarelas de servicios en previsión a un crecimiento de la penetración del servicio. La pasarela de servicios puede ser o un elemento de red independiente (como sería el caso en una arquitectura de red inteligente) o puede estar integrada en otros elementos de la red (p. ej., en el servidor de video).

El centro de operación de servicios permite que un proveedor de servicios gestione su propio conjunto de programas, distribuidos sobre servidores de video y proporcione las operaciones de servicio relativas a un grupo de abonados, que incluyen tarificación, gestión de abonados, marketing de programas, inserción de anuncios. Puede ser un elemento de red independiente (o elementos, en el caso de proveedores de múltiples servicios), o para pequeñas redes, estar integrado en el servidor de video.

#### **Uso del ATM**

La arquitectura de VoD usa el modo de transferencia ATM. La información del programa se genera en el servidor de video, se conmuta en modo ATM y se transfiere a la red de acceso en celdas ATM. El protocolo ATM termina en el decodificador de video-audio de la unidad de abonado del set-top.

Se ha elegido el modo de transferencia ATM por las siguientes razones:

#### **Flexibilidad en la anchura de banda**

- En los últimos cinco años se ha hecho evidente que los requisitos de anchura de banda para los servicios de VoD pueden cambiar drásticamente. Por un lado, están los avances en las tecnologías de compresión y, por otro lado, existe una demanda de una mayor calidad de imagen. Actualmente, el estándar de compresión de video

MPEG-1 se define a 1,5 Mbit/s. El MPEG-2 necesita una anchura de banda entre 1,5 y 9 Mbit/s. Los estándares de la TV de alta definición (TVAD) se están elaborando para un funcionamiento a velocidades entre 20 y 40 Mbit/s. Probablemente en cinco años estas cifras cambiarán considerablemente.

En la red de acceso se manifiestan evoluciones similares. La capacidad de acceso por usuario varía de 1,5 a 6 Mbit/s para el ADSL, y hasta varios decenas de Mbit/s para coaxial y fibra, dependiendo de la arquitectura.

Una red de VoD a prueba de futuro debería ser transparente a estas evoluciones de la anchura de banda, y está claro que el uso del ATM satisface totalmente este requisito.

**Mezcla de servicios** - En una primera etapa, el servicio de VoD estará limitado a una única conexión por usuario. Pronto, existirá una demanda para más conexiones por usuario. La transparencia de la anchura de banda permite un compromiso simple entre el número de canales por usuario y la anchura de banda usada. Por ejemplo, si se usa una red de acceso de ADSL con una capacidad de 6 Mbit/s, será posible ofrecer un programa a 6 Mbit/s, 2 programas a 3 Mbit/s, 3 a 2 Mbit/s etc.. Un sistema de VoD basado en ATM podrá ofrecer esta flexibilidad de una forma totalmente directa.

Se espera que el servicio de VoD sea el impulso de un amplio abanico de nuevos servicios a ser ofrecidos a los usuarios residenciales. Indudablemente, una vez que se implante la infraestructura, es muy sencillo realizar servicios que requieran de una gran anchura de banda en la dirección descendente y de una baja velocidad en la dirección ascendente. Ejemplos de estos servicios son la video compra (p. ej., venta de inmuebles, agencias de viaje), la enseñanza a distancia, el acceso a bases de datos multimedia, la carga de CD-ROM, aplicaciones remotas de CD-I, la carga de juegos y los juegos interactivos.

**Compatibilidad** - El ATM ha sido estandarizado como el modo de trans-

ferencia de la RDSI-BA. De aquí que la selección del modo ATM permita una evolución directa hacia servicios de la RDSI-BA.

**Red de acceso**

La red de acceso conecta el equipo de abonado con la red de conmutación de banda ancha. Se requiere una anchura de banda por acceso de usuario del orden de 1,5 a 9 Mbit/s en la dirección descendente (hacia el abonado). En la dirección ascendente, se necesitan unos cuantos kbit/s para señalización. En el futuro, se puede necesitar una anchura de banda mayor en la dirección ascendente para soportar servicios de video bidireccionales y juegos de alta interactividad.

En la actualidad, existen diferentes sistemas de acceso que soportan servicios de VoD interactivos: el ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop), las redes de acceso basadas en FITL (Fiber In The Loop), HFC (híbrido fibra coaxial) y LMDS (servicios de distribución multicanal local). Se hace abstracción del DBS (distribución directa por satélite) porque aún no puede proporcionar una interactividad real; sin embargo, es obvio que el satélite jugará un papel importante, al menos para los servicios de distribución digital.

Cada una de las técnicas de acceso anteriores tiene sus propias ventajas y desventajas, y no existe hoy día una única técnica de acceso que satisfaga los requisitos de todos los operadores. La técnica mas adecuada en un determinado entorno de red está relacionada directamente a la planta de cable existente (p. ej., pares trenzados, coaxial) y a las diferentes estrategias de evolución de los operadores.

Por consiguiente, se esta desarrollando una familia de sistemas de acceso complementarios que permitan la coexistencia de diferentes técnicas de acceso. La Figura 2 indica como se integran estas técnicas en un adaptador de acceso común, que proporciona interfaces estandarizadas a las redes conmutadas y a los terminales (p. ej., set-tops, teléfono).

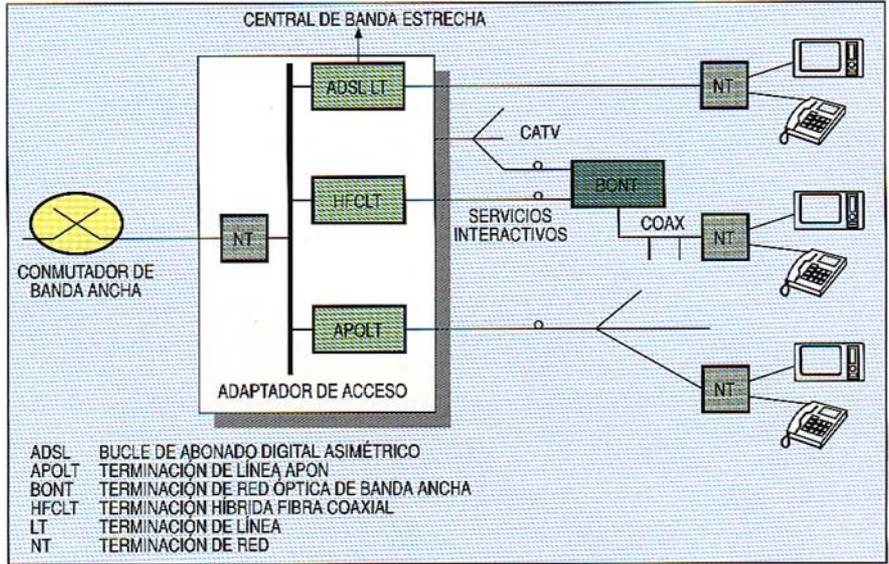


Figura 2 - Adaptador de acceso

**Bucle de abonado digital asimétrico (ADSL)**

El ADSL implica la transmisión de información digital a alta velocidad sobre un único par trenzado. La Figura 3 muestra la red de acceso para VoD sobre ADSL.

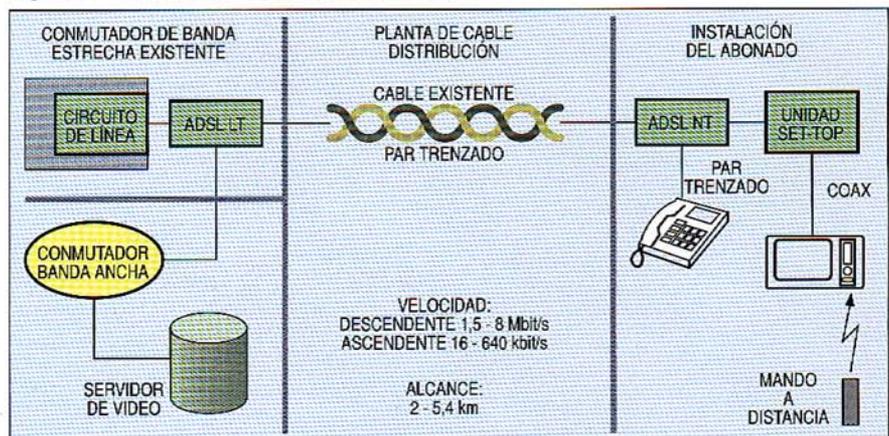
La capacidad de transmisión es asimétrica en el sentido de que las velocidades de transmisión en los sentidos descendente y ascendentes son diferentes. La velocidad de transmisión en el sentido descendente (desde la central de conmutación hacia el usuario residencial) puede ir desde 1,5 hasta 8 Mbit/s y es mucho mayor que la velocidad en el sentido ascendente que puede ir desde 16 kbit/s hasta

640 kbit/s dependiendo de los servicios bidireccionales soportados.

Según la capacidad requerida para ambas direcciones de transmisión, la máxima distancia alcanzable puede variar entre 2 km (6 Mbit/s en la dirección descendente + 640 kbit/s en la dirección ascendente) y 5,4 km (2 Mbit/s en la dirección descendente + 16 kbit/s en la dirección ascendente).

Junto a la capacidad de transportar datos de alta velocidad, el ADSL ofrece la ventaja importante de poder multiplexar la información digital sobre un canal de voz analógico. En otras palabras, los abonados que actualmente están suscritos a POTS analógicos podrán mantener su servicio y tener

Figura 3 - Bucle de abonado digital asimétrico



acceso a servicios digitales de alta velocidad de transmisión instalando en sus casas el transceptor ADSL.

Para realizar esta capacidad combinada de transporte analógico/digital sobre una única línea telefónica convencional (par trenzado sin acondicionar: es decir, conteniendo posiblemente puentes, derivaciones y adaptaciones de atenuación), el transceptor ADSL tiene necesariamente que realizar complejos procesos digitales y analógicos de señal para recuperar la información inicial. Existen alternativas para el código de línea a utilizar en el transporte de la señal de alta velocidad. Para ser transparente a los servicios de POTS, se debe utilizar un código de línea de modulación paso banda. Adicionalmente, el código de línea debe ser lo suficientemente robusto como para enfrentarse con los problemas inherentes del cable, como la atenuación dependiente de la frecuencia, la interferencia entre símbolos, la diafonía procedente de otros servicios en el mismo grupo de pares dentro del mismo cable, los ecos (debido a los puentes de derivación y a las adaptaciones de atenuación) y el ruido impulsivo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se han investigado cuidadosamente dos códigos de línea diferentes: el QAM (modulación de amplitud en cuadratura) del cual se deriva el

CAP (fase de amplitud sin portadora) y el DMT (multi-tono discreto). La gran diferencia entre ambos son sus respectivas distribuciones de densidad espectral. En el QAM, el flujo inicial de datos se proporciona en una única portadora. El espectro correspondiente está fijado por la precodificación, que usualmente da lugar a una señal modulada en QAM-16. En contraste con el QAM, la densidad espectral de potencia de la señal DMT se subdivide en N diferentes subcanales, modulado cada uno en QAM. De esta manera, el espectro de potencia se puede adaptar de forma que la señal DMT en la línea sea menos sensible a los factores perturbadores y que, por el contrario, la señal DMT influya automáticamente mucho menos en los otros servicios que puedan estar simultáneamente presentes dentro del mismo cable. Esta característica es una de las mayores razones por la que el código de línea DMT ha sido estandarizado por el comité E1.4 para sistemas ADSL del ANSI/T1.

Se puede añadir proceso de señal al transceptor DMT para mejorar aún más su robustez frente a las perturbaciones (especialmente el ruido impulsivo). Por ejemplo, el código de corrección de errores hacia adelante (FEC como un Reed-Solomon), combinado con un esquema de codificación Trellis (con un decodificador del tipo

Viterbi) puede mejorar significativamente la robustez de la transmisión. Con un código FEC/Reed Solomon e intercalando transceptores codificados en DMT se puede conseguir una tasa de errores de  $10^{-7}$  en una longitud de 5,4 km de par trenzado 26 AWG a una velocidad de 2 Mbit/s.

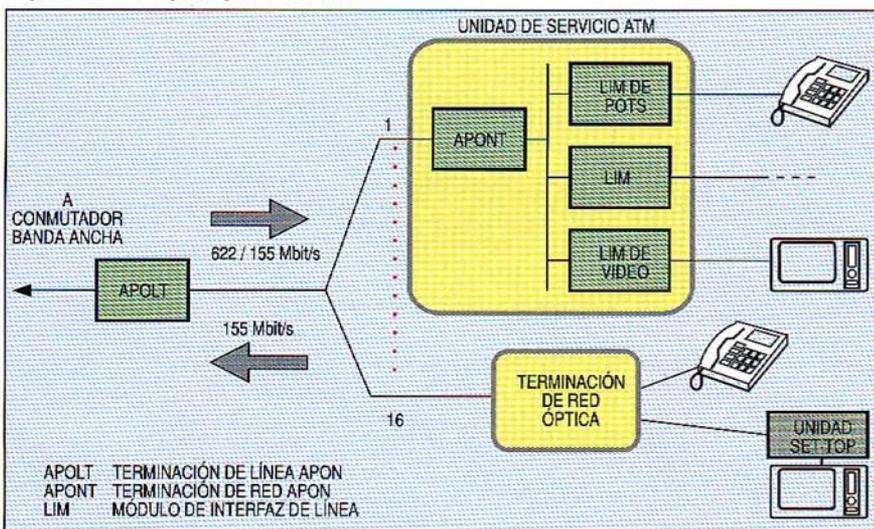
**Red óptica pasiva ATM (APON)**

La Figura 4 muestra la arquitectura de la red de acceso de banda ancha APON [2].

El sistema APON es una red óptica pasiva que soporta servicios de banda ancha. En la dirección descendente soporta una velocidad de transmisión de 622 ó 155 Mbit/s, mientras que en la dirección ascendente se ofrece una velocidad de transmisión de 155 Mbit/s. La capacidad en la dirección ascendente se comparte entre 16 unidades de servicio ATM (ASU) de forma flexible. La asignación de anchura de banda se basa en la anchura de banda de pico y tiene una granularidad de 8 kbit/s. El sistema de asignación de anchura de banda permite una actualización dinámica de los recursos de anchura de banda y soporta una amplia mezcla de servicios.

El sistema APON utiliza un esquema de transporte en ambas direcciones basado en celdas. Esto permite la inmediata compatibilidad con la red de VoD basada en ATM. En la dirección descendente, se utiliza una técnica TDM (multiplexación por división en el tiempo) y en la dirección ascendente se implementa un eficiente protocolo TDMA. En ambas direcciones las celdas ATM se encapsulan en los denominados paquetes APON. A cada celda ATM se añade una pequeña tara de paquete para proporcionar sincronización y funciones relacionadas con la red de transporte como la identificación de APONT (terminación de red APON) para el protocolo de acceso múltiple en la dirección ascendente. La longitud de la tara del paquete se minimiza para mantener la eficiencia de la red tan alta como sea posible con relación a la capacidad útil de transporte. Un único byte de tara por celda ATM

Figura 4 - Red óptica pasiva ATM



es suficiente para proporcionar la requerida funcionalidad. Las funciones de operación y mantenimiento (O&M) son soportadas por celdas PLOAM (capa física OA&M), que se multiplexan cada 53 celdas con las celdas de datos. Como resultado, se obtiene igual eficiencia que para el transporte punto a punto SDH (es decir, una capacidad útil de 149,76 Mbit/s, para una velocidad física de 155,52 Mbit/s).

En la dirección descendente, el direccionamiento de los usuarios se basa en el campo VPI/VCI de la celda ATM; las celdas se filtran del flujo de datos de la dirección ascendente en el APONT, basado en los VCI/VPI asignados para cada usuario. En la dirección ascendente, sólo se permite transmitir a un usuario en un cierto instante. Esto está determinado por el APOLT (terminación de línea APON), que genera los permisos de acceso para los diferentes APONT. Los permisos de acceso se transportan en los bytes de trama en la dirección descendente. Los que van en la transmisión ascendente se introducen de tal manera que se permita en la dirección ascendente multiplexar en la fibra un flujo de celdas casi continuo, separadas solamente por un tiempo pequeño de guarda.

Para limitar la duración de este tiempo de guarda se ha implementado un mecanismo de medida de distancias. Este mecanismo permite una configuración de red sin restricciones: punto a punto y punto a multipunto con un punto de división o dentro del edificio de la central o en cualquier sitio del área de distribución o punto a multipunto con puntos de división distribuidos.

El protocolo de transmisión APON termina en la unidad de servicios ATM (ASU) y opera como un multiplexor de servicios ATM (VC MUX) con interfaz con la red de acceso APON. Los datos procedentes de diferentes aplicaciones de usuario se adaptan al formato ATM. Las celdas ATM resultantes se multiplexan en un flujo de datos y se envían al sistema de transporte APON. Por el contrario, las celdas recibidas del sistema de transporte APON se demultiplexan de acuerdo a su VPI/VCI y se

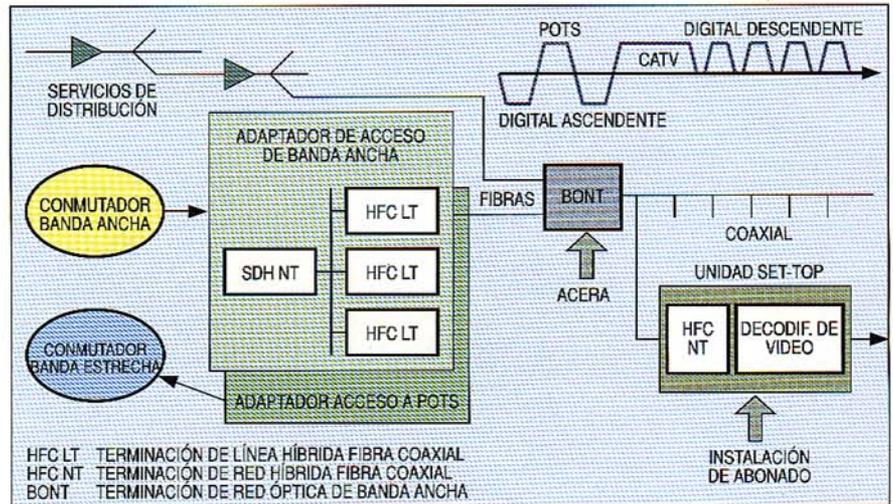


Figura 5 - Híbrido fibra-coaxial

convierten en el apropiado formato. También se realizan funciones comunes tales como la alimentación, la carga de la batería, la operación y el mantenimiento.

El ASU se puede materializar como un sistema modular o como una terminación de red óptica integrada.

El sistema modular tiene como objetivo principal un entorno FTTB (fibra al edificio), donde un conjunto de LIM (módulos de interfaz de línea) soporta funciones de adaptación del terminal de servicio. Se prevé un amplio abanico de LIM (p. ej., POTS, RDSI-BE, decodificador de video para distribución de TV digital, Ethernet, retransmisión de tramas). Cada LIM realiza la función AAL (capa de adaptación ATM) y las funciones de interfaz de línea. Los LIM son insertables en la ASU durante el funcionamiento, ya que la actualización de la configuración de la unidad de servicio y la asignación de los recursos de anchura de banda se realizan automáticamente.

La terminación de red óptica integrada es una unidad muy compacta, que proporciona un interfaz a un set-top y a un aparato telefónico. Está orientada a aplicaciones FTTH (fibra al hogar) residenciales. Actualmente, los interfaces de los set-top se basan en E1/V24, un "estándar de facto" para las primeras demostraciones. En el futuro será soportado un interfaz DHN (red digital de la casa del abonado).

### Híbrido fibra coaxial (HFC)

Como extensión al producto A1570BB [3], se está desarrollando una red superpuesta de radio frecuencia digital que proporciona las facilidades de una red de servicios completa, que incluyen aplicaciones de VoD interactivo.

La parte superior de la Figura 5 representa el sistema A1570BB, que consiste en amplificadores y divisores ópticos en cascada terminados en la BONT (terminación de red óptica de banda ancha). Desde la BONT, se extiende a los abonados una red de acometida de cable coaxial (aproximadamente 100 abonados por BONT). En el espectro de frecuencias se reserva un intervalo (p. ej., 450 MHz) para servicios de distribución de CATV.

Los servicios interactivos se añaden a través de una segunda fibra que enlaza el adaptador de acceso equipado en la central con la BONT. En esta segunda fibra, no se utiliza solapamiento de bandas de frecuencia para video digital en la dirección descendente, señalización en el canal ascendente y servicios de banda estrecha (p. ej., POT). La señal de ambas fibras se mezcla en el BONT.

En los servicios interactivos se utiliza QAM en la dirección descendente y QSPK (esquema de desviación de fase en cuadratura) en la ascendente. Dentro de una banda de un canal de TV estándar se puede acomodar una anchura de banda de 20-30 Mbit/s para

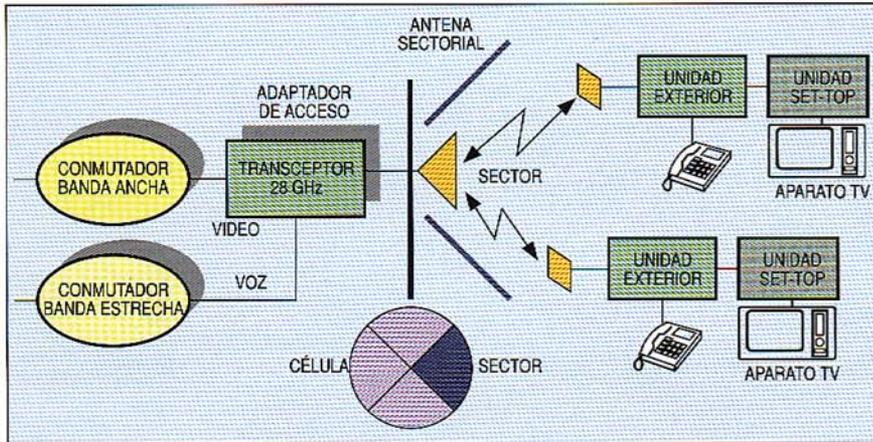


Figura 6 - Servicios de distribución multicanal local

ofrecer conexiones punto a punto entre el adaptador de acceso y los usuarios individuales.

### Servicios de distribución locales multicanal (SDLM)

Esta solución prevé el uso de sistemas celulares usando señales de radio milimétricas en la banda de 28 GHz (Rec. 748 del CCIR) para el transporte de canales de video digital del IVOD.

Para realizar un servicio IVOD se necesita un sistema de transmisión de radio digital bidireccional con una configuración punto a multipunto.

El adaptador de acceso (Figura 6) - consistente principalmente en un transceptor - se puede equipar con antenas de sector caracterizadas por una doble polarización con cuatro sectores por célula, con la finalidad de permitir la reutilización de las mismas frecuencias en las células contiguas. Generalmente la capacidad máxima por sector es de 250 canales de TV digital de IVOD usando una anchura de banda de 224 MHz con compresión formato MPEG-1 y 16 QAM (modulación de amplitud en cuadratura). Considerando un factor de concentración de 5:1, el número de abonados en cada sector es de 1250, lo que equivale a 5000 abonados por célula. Este tamaño se puede doblar usando antenas sectoriales de 45°.

El radio típico de las células es de 4 a 10 km. Los abonados reciben las señales de radio sobre una antena parabólica o una microtira plana

(100 pulgadas cuadradas) conectada a la unidad exterior; esta unidad cambia la frecuencia de radio de los canales VoD a 28 GHz en la banda de frecuencia intermedia de 595 MHz. Por consiguiente, el cable coaxial existente usado para las señales de TV analógicas también se podrá utilizar para transmitir las señales de video digitales al equipo set-top del abonado; para el canal de retorno se utiliza, generalmente, un módem de baja capacidad.

El sistema de acceso SDLM tiene las siguientes características:

- posibilita un rápido despliegue del servicio IVOD, en áreas urbanas o suburbanas, una vez que esté disponible el espectro
- minimiza las inversiones iniciales puesto que la mayoría del coste se hace después de que los abonados firman el contrato del servicio
- crea una red de banda ancha fiable ya que hay pocos elementos activos a proteger y no se protege el cable
- y tiene, finalmente, un limitado consumo de potencia.

### Codificación MPEG

Las técnicas desarrolladas por el grupo de expertos de imágenes en movimiento (MPEG) son las candidatas más probables en convertirse en un estándar mundial de codificación y compresión de señales de video.

Además del estándar MPEG 1, ya existe un borrador de un nuevo estándar, el MPEG 2 que tiene nuevas características, que incluyen una mejor calidad y la capacidad de soportar TV de alta definición.

El MPEG 2 es un método genérico de codificación de imágenes en movimiento y del sonido asociado, y es genérico en el sentido de que cubre varias aplicaciones, como los medios de almacenamiento digital y la distribución de TV, resoluciones de velocidad de transmisión y servicios. Los algoritmos de codificación son muy complejos: por ejemplo, la codificación de una película de duración media necesita, actualmente, un proceso externo que dura aproximadamente unas diez horas.

Por consiguiente, existen investigaciones en curso encaminadas a satisfacer el importante requisito de VoD de codificar en línea los eventos de tiempo real, que se complementa con la capacidad de almacenamiento de video digital externo proporcionado por los servidores de video.

Actualmente está en pruebas en Alcatel un prototipo de codificador MPEG 2 en tiempo real basado en múltiples procesadores de señal digital (DSP). Está compuesto por los siguientes bloques (Figura 7):

- **Unidad de interfaz de video**, que convierte las señales de video analógicas originadas desde una cámara de video en un formato CCIR-601
- **Codificador de video**, que proporciona la potencia de proceso para la codificación MPEG 2 de la señal de video entrante
- **Codificador de audio**
- **Unidad de señalización**, que se encarga de las señales auxiliares necesarias para establecer la comunicación extremo a extremo entre el servidor de video y el codificador en tiempo real.
- **Multiplexor**, que proporciona la multiplexación de los datos de audio, video y señalización junto con la información de programa pedida por el decodificador para recomponer el programa correctamente

- **Transmisión de línea**, que proporciona la codificación de canal de la señal binaria MPEG 2 al formato de línea, que puede consistir en ATM sobre SDH y/o PDH, 64-256 QAM, transporte directo G. 703 en PDH
- **Controlador del codificador**, que es capaz de controlar todo el sistema, incluyendo el interfaz con un terminal y un dispositivo de mediación relacionado con las funciones de gestión de red.

**Servidor de video**

**Almacenamiento de video**

En general, se consideran por separado la parte de almacenamiento y la parte de control.

La principal función de la parte de almacenamiento es almacenar el material de programas y generar tanta copias independientes como sean necesarias.

La principal tecnología de almacenamiento normalmente utilizada es la de discos duros Winchester. Los discos al estado del arte ofrecen una capacidad de 2 Gbytes en un formato de 3,5 pulgadas. Las previsiones muestran que la capacidad del disco casi se duplicará en cada año. Además de la capacidad de almacenamiento, la velocidad de acceso es un parámetro clave, ya que determina el número de copias que se pueden generar simultáneamente desde el mismo disco. Los discos actuales permiten la generación de 8 flujos a 2 Mbit/s.

La tecnología RAID (array redundante de discos de bajo precio) está siendo introducida progresivamente para garantizar la operación tolerante a fallos.

El almacenamiento DRAM se utiliza como caché de los programas más populares, y para acomodar los accesos instantáneos a los discos en un flujo constante hacia la red.

Se están utilizando cintas (p. ej., DAT) para grandes bibliotecas de material de acceso poco frecuente. En este caso, el coste de almacenamiento es muy bajo, pero la velocidad de acceso es lenta (4 Mbit/s para cintas DAT).

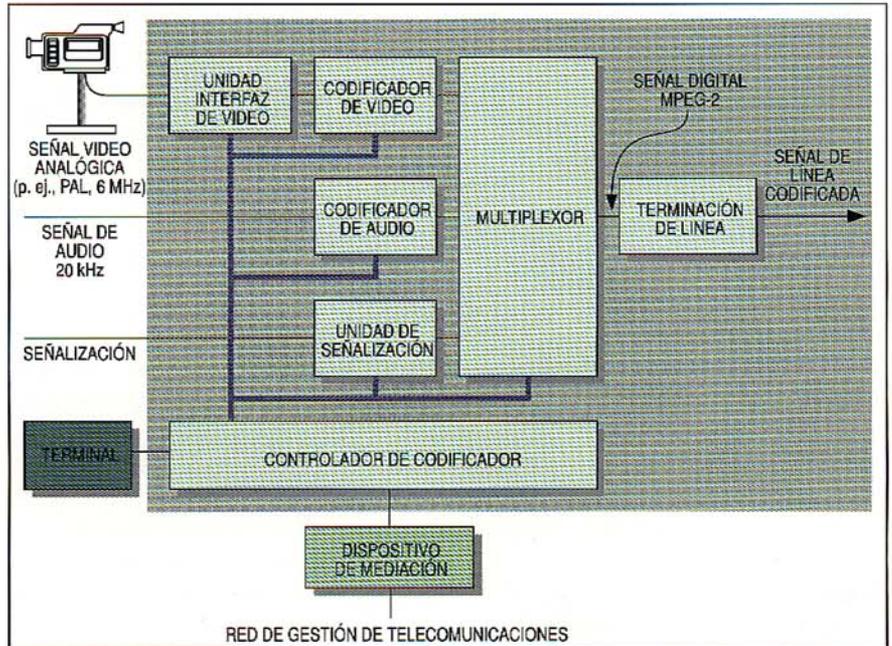


Figura 7 - Codificador MPEG 2 en tiempo real

**Control del servidor**

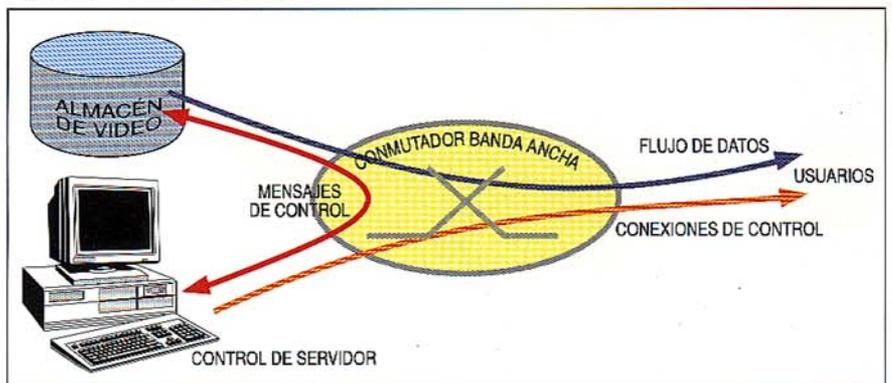
En el control del servidor termina la señalización del usuario, y se encarga del control general del servidor de video. La potencia de proceso de esta estación de control depende en gran manera de las aplicaciones. Para las películas bajo demanda se puede utilizar una estación de control de bajas prestaciones, ya que la interactividad es baja (el usuario solo interactúa con el sistema una fracción del tiempo de la conexión). Sin embargo, en aplicaciones de compra por video o juegos la interactividad es mayor, lo que requiere de plataformas de ordenadores de altas prestaciones.

**Flujos de datos/señalización**

Un servidor de video origina un gran número de conexiones con la red unidireccionales y de gran anchura de banda ("flujo de datos" en la Figura 8). Estas conexiones consisten normalmente en un flujo único de video (p. ej., a 2 Mbit/s), los datos y el audio asociados y algo de información de control. La fuente de video también necesita un enlace bidireccional con el control del servidor, ya que toda petición y reconocimiento de servicio se transfiere en este enlace.

Finalmente, la comunicación bidireccional entre la estación de control y los usuarios compite con la elección

Figura 8 - Servidor de video



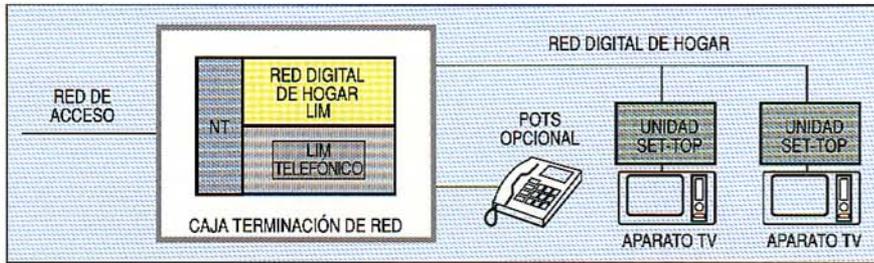


Figura 9 - Equipo de la casa del abonado

de programas y servicios, y requiere una baja anchura de banda por usuario (p. ej., 16 kbit/s).

**Equipo en la casa del abonado**

El equipo de la casa de abonado tiene fundamentalmente dos arquitecturas diferentes posibles.

La primera separa la terminación de red del set-top propiamente dicho (Figura 9). Para este propósito, se necesita un interfaz estandarizado entre ambas unidades. Normalmente varios fabricantes de set-top soportan un interfaz E1/V24 (ó T1/V24), que proporciona una conexión de 2 Mbit/s en la dirección descendente y una conexión de control bidireccional.

En el futuro, se espera que surja un estándar de red digital del hogar (DHN). Permitirá la conexión de

varios cajas de set-top y ofrecerá una anchura de banda de unas pocas decenas de Mbit/s al tiempo que se reutilizará el cableado existente de pares trenzados o de coaxial.

La segunda arquitectura integra físicamente la terminación de red en el interior del set-top. Es, en la mayoría de los casos, la usada para la evolución de una red de CATV (TV por cable) analógica.

Las funciones básicas del set-top son la decodificación del flujo de video-audio MPEG y el servir de interfaz con el aparato de TV instalado. Otras funciones son, en general, la realización del interfaz humano, el acceso condicional (cifrado), el control de contraseñas, las tarjetas, lectores de tarjetas de crédito y los mandos de juegos.

Están surgiendo dos tipos de equipos set-top:

- De bajas prestaciones, derivado de la evolución de los set-top usuales que se utilizan para decodificar los canales de TV de pago. Estos equipos tienen un interfaz de usuario y una capacidad de proceso limitada.
- De altas prestaciones, funcionalmente derivados de las actuales estaciones de trabajo/PC. Proporcionan una plataforma de proceso de altas prestaciones basada en, por ejemplo, procesadores RISC y con al menos 4 Mbytes de memoria. La potencia de proceso proporciona funciones tales el interfaz gráfico de usuario, el reconocimiento de la voz, la animación y la ejecución de aplicaciones de gran demanda (p. ej., los juegos).

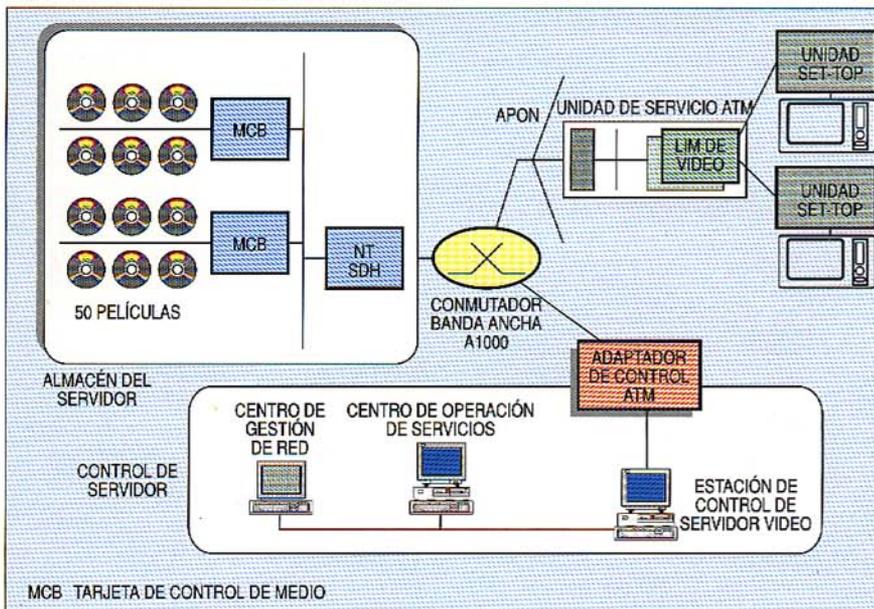
**Sistema de demostración de VoD**

Alcatel ha desarrollado un sistema que utiliza una solución ATM extremo a extremo para las primeras pruebas y demostraciones (Figura 10).

El sistema se basa en el conmutador de banda ancha de Alcatel A1000 y en la red de acceso APON (red óptica pasiva ATM), ampliado con un servidor de video y una unidad de servicio ATM (ASU). El sistema proporciona un servicio de video bajo demanda interactivo a varios centenares de usuarios con una biblioteca de hasta varios cientos de películas. El servicio IVOD se ofrece con un total control por parte del usuario sobre la película: comienzo, detención, pausa, avance rápido y retroceso. Adicionalmente, el sistema ofrece un interfaz gráfico de usuario, basado en una estructura en árbol, donde cada nodo se corresponde a una imagen fija codificada en MPEG.

Se ha desarrollado un servidor de video que permite la reproducción en tiempo real de tramas MPEG. Consiste básicamente en una serie de discos duros que tienen interfaces con la red ATM a través de una placa de control del medio. Esta placa lee de los discos los bloques de video apropiados y los envía a una velocidad constante (p. ej., 2 Mbit/s) al conmutador. La informa-

Figura 10 - Sistema de demostración de IVOD



ción de video se almacena en los discos con formato ATM y al material de video MPEG comprimido se le añade fuera de línea una capa de adaptación ATM. Esta configuración se incluye en un bastidor de A1000; un bastidor puede tener hasta 96 discos.

La señalización de usuario termina en la estación de control del servidor de video, que la traduce en las apropiadas órdenes al almacenamiento del servidor. El centro de operación del servicio permite la operación del sistema de video, la gestión de los recursos disponibles en el servidor y la gestión de las suscripciones.

## Conclusión

La caída del negocio de alquiler de videos indica que los servicios de VoD que requieren:

- nuevos programas
- mejora/reemplazamiento de las redes existentes
- nuevos sistemas adicionales

son oportunidades de negocios muy prometedoras para los suministradores de equipos, operadores y proveedores de servicios.

Está también claro que los servicios interactivos traerán la infraestructura necesaria para el despliegue de los servicios genéricos de RDSI-BA que generarán beneficios a los operadores e incrementarán la satisfacción de los usuarios finales.

Reconociendo la importancia del VoD, Alcatel ha decidido participar activamente en la definición de estándares industriales, en preparar el futuro a través de una investigación continua en tecnologías claves y en multiplicar las pruebas de campo y la colaboración con los operadores.

## Referencias

- 1 T. Van Landegem, M. de Prycker, F. Van den Brande, "2005, Una visión de la red del futuro"- Comunicaciones Eléctricas, 3º Trimestre 1994

- 2 C. Eldering y G. Van der Plas, "Burst and bit synchronisation methods for Passive Optical Network", 4th Workshop on Optical Local Networks 1992, Session 2.2, págs. 38-44

- 3 W. Schmid, U. Steigenberger "Un sistema FITL de TV por cable utilizando transmisión óptica analógica con amplificadores ópticos" (1570BB) - Comunicaciones Eléctricas, 3º Trimestre 1994

**Jean-David Calvet** nació en Francia en 1958, se graduó en la Escuela Superior de Electricidad en 1982, obteniendo también un master en Ciencias. Después de trabajar en varios puestos de ingeniería en SAT se incorporó a la división Alcatel Network Integration and Marketing hace tres años, siendo en la actualidad responsable de la definición de la estrategia en el campo de las videocomunicaciones.

**Sergio R. Treves** nació en Turín, Italia, en 1936. Se graduó en la Politécnica de Turín en 1960, después se incorporó en los Laboratorios Federales de ITT. Posteriormente, trabajó en CGCT en tarificación y registro de llamadas y más tarde en FACE-Standard en transmisión MIC, conmutación electrónica y sistema de señalización CCITT N°6. Fue jefe de proyecto de un sistema de transmisión y conmutación integrado antes de llegar a ser director científico de electrónica del Grupo FACE. El Sr. Treves fue profesor de comunicación eléctrica en 1968 y dio clases de conmutación y teoría de tráfico telefónico en la Politécnica de Turín. El profesor Treves es actualmente Director de Estrategias y Desarrollo de Alcatel Italia.

**Willem Verbiest** nació en Gante en 1958. En 1981 se graduó en Física Nuclear en la Universidad del Estado de Gante. Después de un corto período en el CERN de Ginebra, se incorporó al centro de investigación de Alcatel Bell Telephone en 1982, en donde se involucró en desarrollos de RDSI BE. En 1984, comenzó actividades de codificación de video para redes ATM. Actualmente, dirige los servicios multimedia y actividades VoD en el Centro de Investigación Corporativo.

# Integración de satélites en las redes de banda ancha

**B. Louvet** Alcatel Espace, Nanterre, Francia  
**S. Chellingsworth** Alcatel Bell Telephone, Amberes, Bélgica

## Introducción

En los próximos años se prevé la aparición de una demanda importante de servicios de interconexión LAN/MAN de bajo coste (apoyándose en Ethernet, FDDI, Token Ring, etc.) que se verá estimulada por el desarrollo de la red integrada de comunicaciones de banda ancha (IBC). A esta demanda se espera que se sumen las conexiones entre otras islas de banda ancha privadas y públicas tales como las LAN ATM, las MAN DQDB y las redes ATM públicas y experimentales muy localizadas. En este período se producirá una escasez de conexiones terrestres de banda ancha, especialmente en las áreas industriales, así como en regiones rurales o más remotas en donde los tendidos de líneas son caros de instalar y de explotar.

Incluso hoy día, los satélites poseen unas características que les hace atractivos a la hora de satisfacer los requisitos de la futura demanda de banda ancha, características como:

- enlaces independientes de las distancias terrestres en términos de coste y de complejidad
- tendidos de nuevas líneas simple y rápido, sin que influyan las limitaciones geográficas
- los satélites actuales pueden proporcionar cobertura de banda ancha sobre la totalidad de Europa
- multiacceso y la difusión multipunto que son propiedades inherentes de los satélites.

Los satélites tienen pues la capacidad de complementar las redes terrestres al adelantar la expansión de las redes de banda ancha y añadiendo más tarde a las redes en funcionamiento

redes de acceso y también enlaces. Ilustrando esta característica, el proyecto CATALYST ha desarrollado un sistema experimental de banda ancha por satélite que utiliza enlaces ATM para hacer una demostración de interconexión de una gama amplia de diferentes tecnologías de red. El sistema incorpora soluciones de interoperación entre los sistemas de transmisión terrenos y por satélite, incluyendo LAN y MAN. La elección de ATM tiene también como objeto el estudio de la compatibilidad de su transporte sobre satélite con la red RDSI-BA que ahora emerge.

## Diseño de un sistema de satélites

### Enfoque del diseño del sistema

El objetivo del sistema por satélite de banda ancha al que se hace referencia es proporcionar interconexión de redes de banda ancha dispersas geográficamente que son conocidas como "islas", lo cual, por su parte también estimula la introducción de la aplicación de los servicios de banda ancha a lo largo de Europa.

Tales sistemas deberán estar soportados por el transporte ATM, que es un medio de transmisión especialmente adecuado y que permite la compatibilidad directa con redes ATM. La agregación de unidades de interoperación permitirá la interconexión entre redes de banda ancha (y estrecha) diferentes a través de esta red de transporte (Figura 1). Dependiendo de la naturaleza de estas unidades de interoperación (enrutadores o pasarelas) se podrán efectuar conexiones entre redes heterogéneas o restringirse a redes homogéneas extremo a extremo.

### Aspectos de la transmisión por satélite

Los factores que tienen más influencia en el diseño del sistema de transmisión por satélite son, en primer lugar, la minimización de los costes de explotación mediante el uso eficiente de la capacidad disponible del satélite, y después, la minimización de las inversiones de los usuarios mediante la utilización de estaciones terrenas apropiadas.

El esquema de acceso al satélite preferido es el TDMA (Time División Multiplexing Access) debido a su capacidad para:

- obtener la máxima eficiencia del transponder del satélite
- compartir de forma flexible las capacidades entre los enlaces tributarios.

Para asegurar el uso eficiente de la capacidad del sistema TDMA se proporciona una combinación de capacidades preasignadas y bajo demanda en cada enlace. Este esquema se puede adaptar de forma eficaz a la amplia mezcla de tráfico a ráfagas e isócrono que se encuentra en las redes de banda ancha de multiplexación estadística. La flexibilidad del sistema TDMA permite adaptar las celdas ATM a subráfagas TDMA de longitud variable como unidad estándar de transmisión (53 bytes).

### Restricciones impuestas por la calidad de servicio

En los sistemas por satélite, el parámetro de rendimiento más importante de la capa física que podría afectar las tasas de pérdida de celdas, de error de celdas y de inserción de celdas falsas de la capa ATM es la tasa binaria de

errores (BER). De cara a la compatibilidad de las redes de banda ancha, y en particular con la de ATM, hay estimaciones que demuestran que la tasa mínima requerida es de 1 en  $10^{-9}$  (para el 99% del tiempo). Esto viene a corresponder a una tasa de pérdida de celda de 1 en  $10^{-8}$  en la capa ATM entre los nodos de un sistema por satélite. Este valor se considera satisfactorio para asegurar una alta calidad de servicio en la mayoría de los teleservicios (p. ej., transferencia de archivos, video, voz, multimedia) ya que se corresponde con las tasas de pérdida de celdas en las redes terrestres debidas a errores de transmisión en las redes terrestres. Incluso, es más que probable que la tasa de pérdida de celdas debido a la saturación de las memorias de almacenamiento en el nodo ATM de redes con variaciones de tráfico estadístico no sea mucho menor de 1 en  $10^{-6}$  en condiciones de tráfico típicas [1].

En la actualidad se están diseñando enlaces por satélite compatibles con las redes telefónicas terrestres comunes para funcionar a una tasa de error de 1 en  $10^{-7}$  (durante un 90 % del

tiempo. Rec. 614-2 de ITU-R) ó mayores dependiendo del teleservicio, y que significa por tanto una mejora sobre la normativa previa relativa a enlaces por satélite. Existen muchas alternativas a ser consideradas para aumentar este valor al requerido por las redes de banda ancha. Una solución es utilizar un esquema convolucional FEC aplicado a la capa física del satélite, con la intercalación o la concatenación de un código de bloque para producir enlaces de alta calidad, en los que las ráfagas de errores pueden ser reducidas a un nivel aceptablemente bajo. Con esta opción, el procesado es bajo y la eficiencia de la codificación alta, lo que permite conseguir estaciones terrenas muy reducidas.

**El ejemplo del sistema CATALYST**

El objetivo del proyecto CATALYST es demostrar la utilización de satélites para soportar conexiones simultáneas entre redes de banda ancha diferentes, garantizando al tiempo soluciones eficaces y flexibles para el uso del sistema por satélite en el entorno preopera-

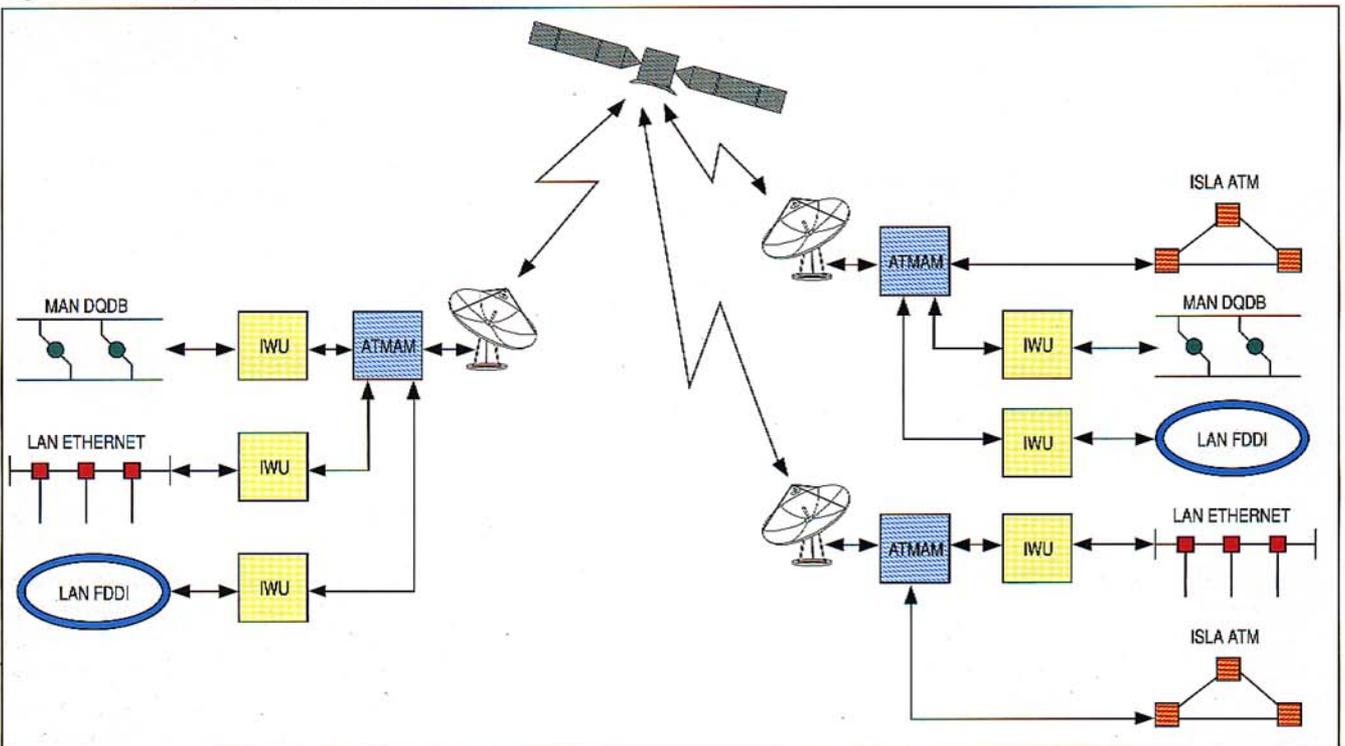
cional RACE. Este trabajo está siendo realizado y validado mediante una serie progresiva de demostraciones tecnológicas. El consorcio CATALYST está compuesto de los siguientes 11 participantes:

- Alcatel Espace (Francia)
- Alcatel Telspace (Francia)
- CET - Telecom Portugal (Portugal)
- Telecom París (Francia)
- Space Engineering S.R.L. (Italia)
- Universidad de Surrey (Reino Unido)
- Alcatel Bell (Bélgica)
- Centro de planificación e investigación económica (Grecia)
- C.P.R. Marconi S.A. (Portugal)
- Eutelsat
- Universidad de Salford (Reino Unido)

**Requisitos del sistema**

El sistema ATM CATALYST ha sido diseñado para proporcionar las anteriores características que se basan en los requisitos técnicos de las redes de banda ancha y los interfaces a islas ATM, redes de área local Ethernet y

Figura 1 - Sistema por satélite de banda ancha: escenario de redes de usuario



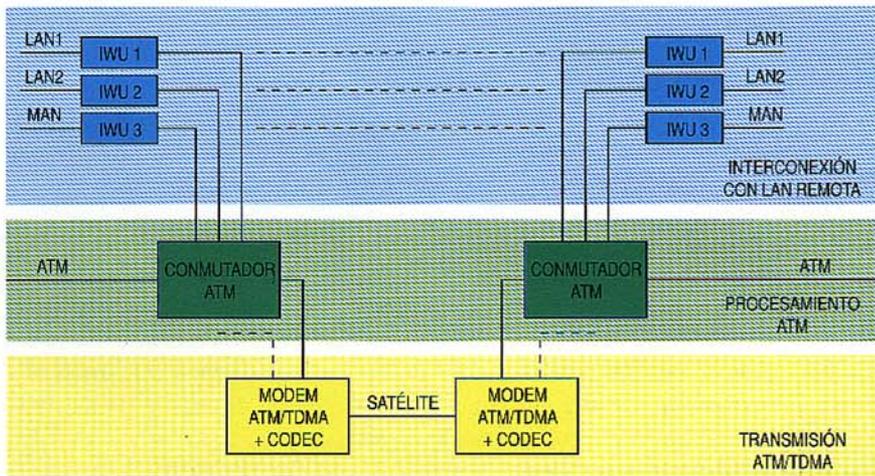


Figura 2 - Concepción de la arquitectura CATALYST

FDDI y redes de área metropolitana DQDB. La interconexión es proporcionada entre tipos homogéneos de redes extremo a extremo. Además se han tenido en cuenta los siguientes requisitos generales:

- Terminación del desarrollo del sistema en un plazo breve dentro del RACE II (principios de 1994) a fin

de permitir un período prolongado de experimentación en conjunción con otros proyectos tanto dentro como fuera de RACE.

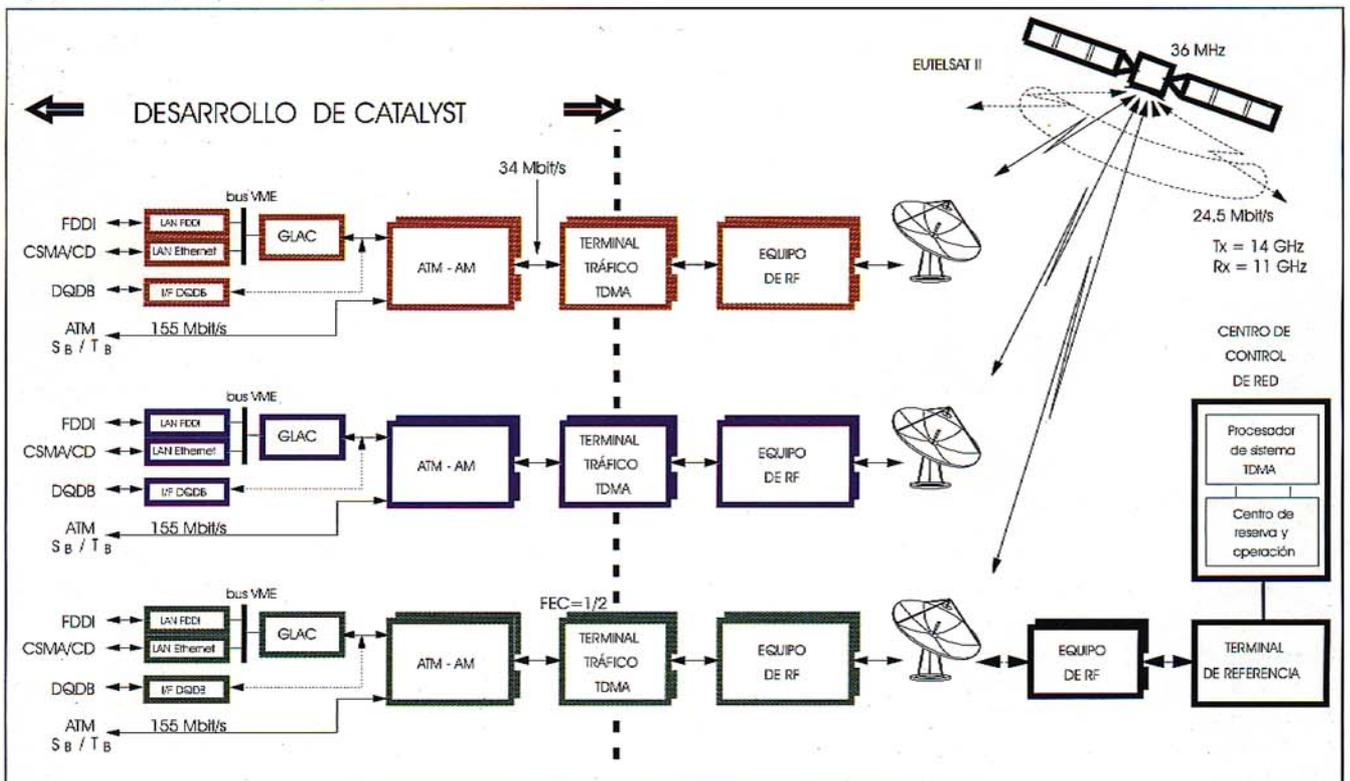
- Compatibilidad del diseño de sistema y segmento de tierra con la mayoría de los satélites existentes que funcionan en la banda Ku (10 - 14 GHz) del servicio de satélite fijo (p. ej., Eutelsat I/II).

**Implementación del sistema**

En la Figura 2 se muestran los tres elementos más importantes del concepto de arquitectura adoptada para el sistema. En primer lugar, la interconexión entre redes homogéneas mediante un medio común de transmisión diferente se realiza a través de adaptadores entre los protocolos de transmisión LAN ó MAN y el medio de transmisión común ATM. En segundo lugar, todas las funciones principales de proceso y de conmutación van contenidas en módulos específicos. Finalmente, se han diseñado adaptadores de los enlaces del satélite que realizan el transporte de las señales ATM mediante un esquema de acceso TDMA dedicado.

La Figura 3 muestra la configuración elegida que cumple los objetivos y restricciones de una forma práctica y flexible. Se ha diseñado el sistema CATALYST como una combinación de los segmentos de tierra y espacio que componen conjuntamente una central (virtual) ATM que ofrece interfaces normalizados a las islas y usuarios de

Figura 3 - Configuración del sistema CATALYST



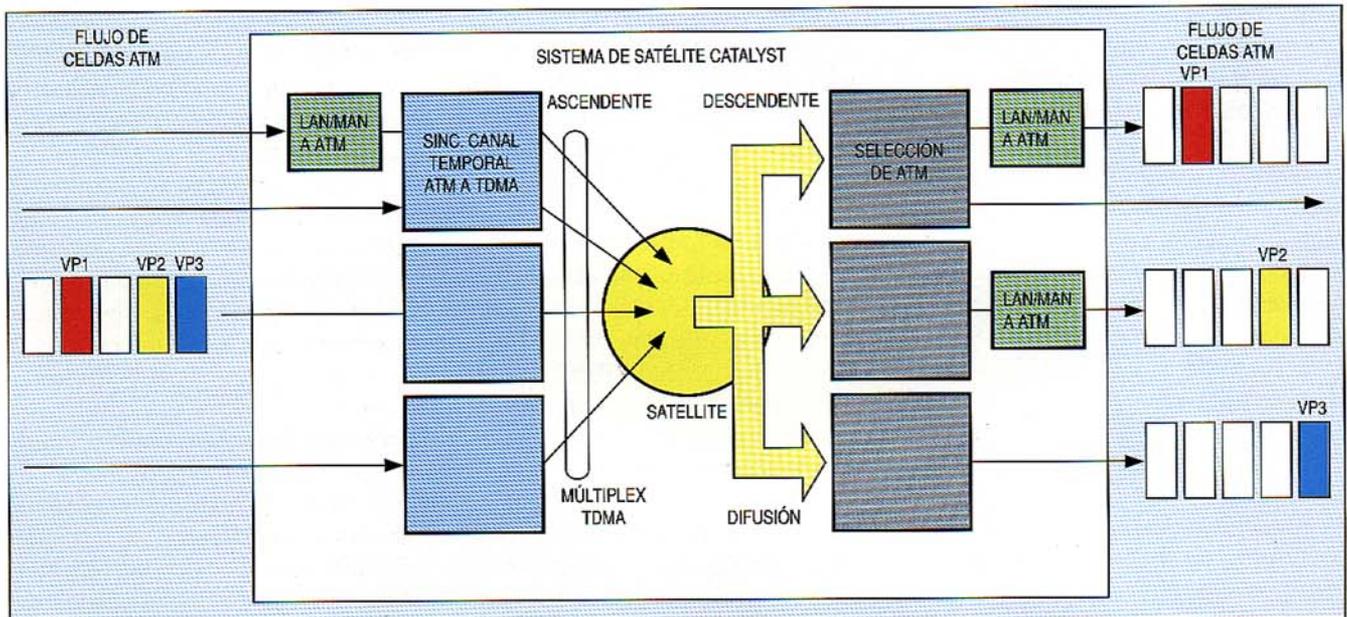


Figura 4 - Conmutador ATM distribuido CATALYST

banda ancha (y/o estrecha). Aunque el diagrama muestra la capacidad de satélite compartida entre tres (seis lógicas) estaciones de tierra físicas, el sistema se puede ampliar añadiendo nuevas estaciones hasta el límite actual TDMA de sesenta. Las estaciones terrenas pueden situarse en emplazamientos remotos de acuerdo con la cobertura del satélite. Por ejemplo, con uno de los satélites EUTELSAT empleados en los demostradores se puede cubrir Europa por completo.

#### Segmento espacial

En los demostradores, la capacidad total de transmisión por satélite empleada será de 24,5 Mbit/s aproximadamente. Esta velocidad ha sido elegida por razones de compatibilidad con un transponder normalizado de ancho de banda de 36 MHz a carga completa que está disponible en muchos satélites utilizando un FEC de relación 1/2. Esta capacidad se considera suficiente para las primeras pruebas relacionadas con el sistema: se puede aumentar fácilmente usando un esquema FEC diferente. (p. ej., relación 3/4 para una capacidad de 36 Mbit/s) o un ancho de banda mayor en el transponder del satélite (p. ej., 72 MHz).

El sistema de acceso al satélite TDMA elegido se apoya en el sistema TDMAX de Alcatel Telspace recientemente desarrollado para transmisiones por satélite TDMA. Se ha diseñado un módulo interfaz terrestre (TIM-ATM) específico para adaptar celdas ATM. Durante las demostraciones, se ha asignado a cada estación de tierra una capacidad fija de forma semipermanente.

#### Segmento terreno

El segmento terreno incluye tanto las estaciones de tráfico completas como el centro de control de red. Las estaciones de tráfico proporcionan la conversión del interfaz normalizado de la isla de banda ancha en celdas ATM y después en señales codificadas y moduladas en RF a ser transmitidas por antena. En el proyecto CATALYST se ha desarrollado el equipo de Estación de Tráfico dedicado a la conversión entre interfaces externas (normalizado ATM, FDDI, DQDB, Ethernet y 2 Mbit/s sin restricciones) e internos ATM. El resto del sistema terreno consiste en equipos convencionales (p. ej., antenas, equipo de radiofrecuencia, centro de control de red) que han sido suministrados por instituciones y empresas patrocinadoras.

#### El concepto del conmutador CATALYST

Desde un punto de vista funcional, el sistema CATALYST es un conmutador ATM distribuido que ofrece una conectividad total entre usuarios ó islas conectadas. Los flujos de celdas ATM que llegan a una estación terrena desde una o más fuentes terrenas se aplican a los puertos de entrada del módulo de acceso ATM, que es un mini-conmutador ATM desarrollado por Alcatel. Después de una posible traducción de la cabecera (VPI/VCI) y borrado de celdas vacías, las celdas se transmiten sin perder la secuencia, siguiendo el plan de tiempos de ráfagas TDMA. La capacidad ascendente se asigna a cada estación de acuerdo a su necesidad de capacidad total: no hay asociación de canales temporales a la conexión. Las celdas individuales o agrupadas de estaciones terrenas dispersas geográficamente convergen en el satélite donde llegan como flujos de celdas continuas (o tramadas). Este flujo se recibe y retransmite (Figura 4). En las estaciones terrestres receptoras las celdas se extraen de la trama y se aplican al ATM-AM. Aquí la cabecera se comprueba (y se corrige si es necesario), se traduce (si hace falta), y se filtra. Las celdas destinadas a los usuarios locales se distribuyen el puerto de conmutador apro-

piado; las celdas de mantenimiento y control local se pueden extraer para usar dentro del ATM-AM: las celdas para usuarios unidos a otras estaciones terrestres se ignoran. Como todas las estaciones reciben las celdas ascendentes, se puede soportar la difusión con una tara nula; las celdas de multidifusión no necesitan la transmisión múltiple o la repetición: simplemente se pasa el original (con o sin traducción de cabecera) a todos los destinos a la vez:

**Demostraciones**

La primera demostración CATALYST tuvo lugar en diciembre de 1992 y significó la primera transmisión de celdas ATM por satélite en Europa. Este experimento se utilizó para medir y confirmar las características de los enlaces ATM previamente al desarrollo completo del sistema CATALYST. El enlace se realizó entre Basilea (con el apoyo del proyecto EXPLOIT) y las instalaciones de C.P.R. Marconi en Portugal vía el satélite Eutelsat II.

En Marzo de 1994, la segunda demostración, a la que asistieron invitados personal de proyectos y organizaciones externas de telecomunicaciones, correspondió a la etapa de validación del sistema CATALYST. Se pudo comprobar el éxito de la primera integración de todos los diferentes equipos desarrollados en el proyecto para estaciones terrenas, así como observar un comportamiento tal como el que se había planeado. Para esta etapa de validación, los diferentes nodos fueron agrupados en los terrenos de Alcatel Telspace en Nanterre, e interconectados a través del satélite Eutelsat I. Además del equipo del sistema CATALYST, se incorporó una amplia selección de aplicaciones de usuario avanzadas que se reunieron con motivo del experimento y fueron conectadas al sistema por satélite a fin de que ilustraran la operación y verificar las características de funcionamiento de una red típica del futuro utilizando protocolos de transporte corrientes. Estas aplicaciones, ejecutadas sobre Ethernet, FDDI y DQDB; incluían terminales multimedia mostrando video sincronizado

con voz y manipulación conjunta de ficheros de ordenador normales. Otros ejemplos incluían la visión de imágenes de alta definición almacenada en una base de datos distante.

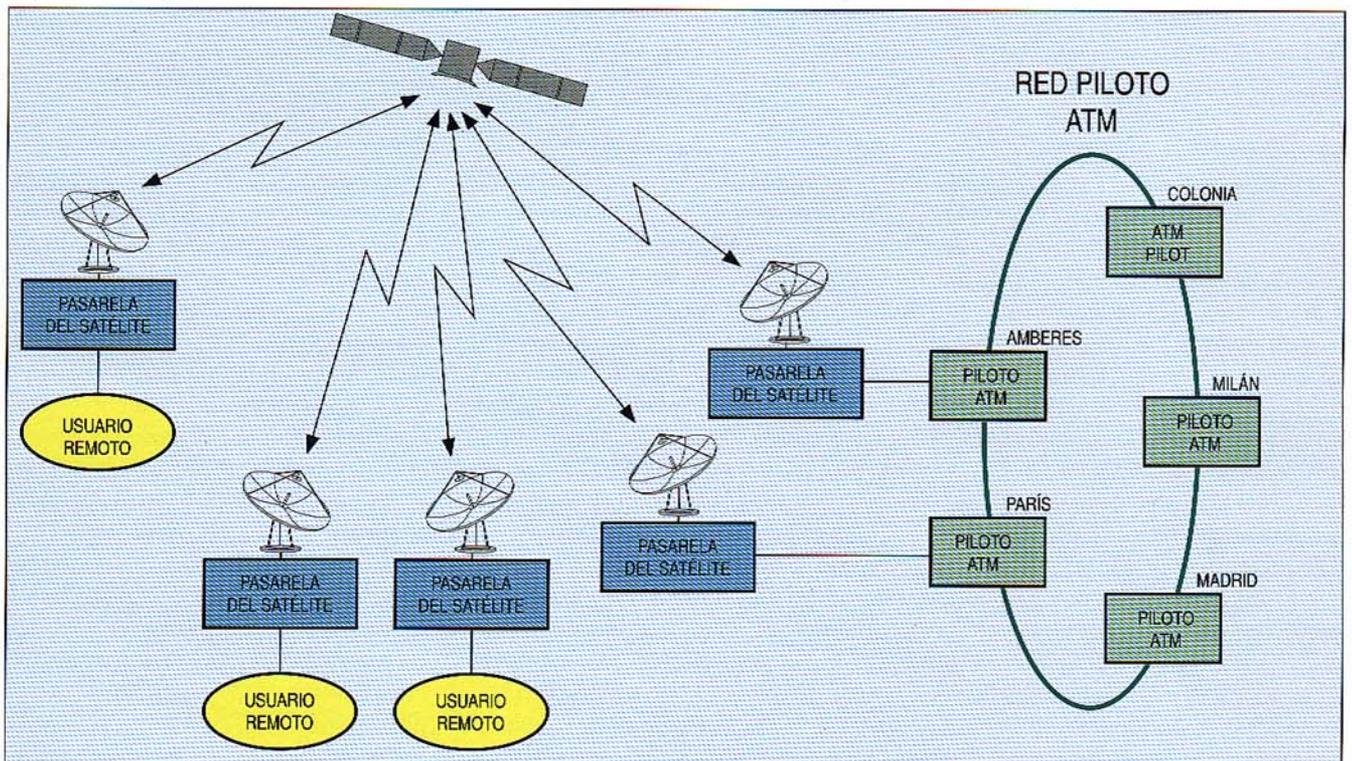
Hay planeadas para 1994 nuevas demostraciones tanto con proyectos RACE como no RACE, los cuales están desarrollando islas de banda ancha ATM y LAN/MAN, a fin de ilustrar una gama de escenarios de interoperación.

**Uso futuro del entorno operacional**

En los años venideros, estos tipos de sistemas por satélite serán la respuesta flexible y económica a los requisitos de interconexión de las islas de banda ancha: ellos les podría proporcionar enlaces "gruesos" durante un período en el que todavía las disponibilidades de transmisión por fibra óptica serán insuficientes.

Se quiere puntualizar aquí que el sistema también pretende incluir enlaces "estrechos" desde islas pequeñas distantes a una red central extensa ATM regional o internacional.

Figura 5 - Ejemplo de escenario de usuario



La necesidad de estos enlaces de acceso se verá incrementada progresivamente en el futuro según se vaya desarrollando la infraestructura terrestre.

El sistema permite fácilmente la mezcla de enlaces gruesos y finos como se muestra en la **Figura 5**: el sistema de satélite proporciona conexiones de enlace adicionales entre los nodos de la red piloto ATM de los operadores telefónicos europeos, así como enlaces de acceso con esta red para usuarios remotos.

### Los sistemas de banda ancha por satélite del futuro

El sistema CATALYST demuestra como la tecnología de satélites actual puede complementar las redes terrestres de banda ancha proporcionando redes de acceso y enlaces. Esta capacidad es potencialmente muy valiosa en un tiempo en que los medios de transmisión por fibra óptica disponibles son aún insuficientes.

En un futuro próximo se espera una serie de avances tecnológicos en los sistemas por satélite, dentro de un marco temporal compatible con la implementación de la RDSI-BA, lo que permitirá realizar una variedad de funciones y complementar las redes terrestres ópticas tratando la completa capacidad y anchura de banda requerida en transporte de celdas SDO o ATM de velocidad equivalente en RDSI-BA de más de 155 Mbit/s. Se deben explorar dos vías de desarrollo: la primera es la evolución tecnológica en el campo de los satélites geoestacionarios, y la segunda es el uso de los satélites de órbita baja.

### Los sistemas de satélite geoestacionario del futuro

Las principales tecnologías que están siendo desarrolladas en el campo de los satélites geoestacionarios son:

- la utilización de la banda Ka (20 a 30 GHz)
- técnicas de procesado a bordo.

Hay varias ventajas para los satélites que utilizan la banda Ka, pues las regulaciones de radio han asignado una significativa mayor anchura de banda a los satélites en la banda Ka comparada con la que se emplea en la actualidad las bandas C ó Ku. Esta característica puede ser explorada directamente para aumentar la capacidad total por satélite e incorporar muchos enlaces de 155 Mbit/s o incluso más. También se puede utilizar de forma indirecta para hallar un compromiso entre anchura de banda y potencia por enlace por medio de la codificación del enlace, lo que permite reducir el coste y la potencia de las estaciones terrenas así como las del satélite.

Además, y debido al hecho de que en la actualidad hay muy pocos sistemas que utilicen la banda Ka en funcionamiento, existe un entorno de interferencias mucho menos restrictivo al tiempo que aparecen mayores oportunidades para situar los satélites que utilicen la banda Ku.

Las ventajas del procesado a bordo son el incremento de la capacidad y de la flexibilidad de asignación de los recursos del satélite, permitiendo la conectividad entre usuarios de diferentes transponder o en diferentes haces.

El procesado a bordo (OBP) en teoría consiste en la manipulación flexible de las señales de banda base tras la demodulación de las señales de los enlaces ascendentes y antes de la demodulación en un formato específico de los canales descendentes que puede ser diferente del de los ascendentes. El procesado de las señales de banda base puede incluir una gama de funciones de complejidad varia, como conmutación, concentración, multiplexación y demultiplexación y conversión de protocolos.

Los satélites que emplean antenas de haces múltiples como sustitutos de los actuales de un simple haz de amplia cobertura aparecen como atractivos. La ganancia de antena que puede obtenerse con esta técnica proporciona un incremento de capacidad de tráfico para una potencia de RF del satélite equivalente. La reutilización de

frecuencias entre haces es una nueva posibilidad para poder aumentar la anchura de banda utilizable. Esta arquitectura va íntimamente ligada al procesado a bordo (OBP) lo que es esencial para manejar el encaminamiento del tráfico flexible entre haces múltiples.

Se puede concebir la evolución de los sistemas de interconexión de islas de banda ancha mediante la utilización de estas técnicas basadas en la conexión de LAN a 34 Mbit/s con otra y también con la red terrena a 155 Mbit/s. Mediante antenas en la gama de 1 m de diámetro, se podría disponer de 34 Mbit/s en el enlace ascendente con un haz del satélite de 0,5° que cubriría un círculo de 300 km de diámetro en la tierra. Las técnicas de salto de haz, que requieren antenas activas, permitiría dar cobertura a toda Europa mediante un único haz a tiempo compartido combinado con acceso TDMA. La conmutación del tráfico previa a la retransmisión a la LAN de destino en el haz apropiado se realizaría a bordo.

### Los sistemas por satélite no geoestacionario del futuro

La única forma de limitar el retardo debido a la distancia de un satélite geoestacionario es utilizar un sistema de satélite de órbita mas baja. Un ejemplo de este tipo de solución deberá surgir en el futuro en forma de sistemas tales como Globalstar, Teledesic, etc. Estos sistemas, basados en satélites de bajo coste a una altura menor de 1800 km están diseñados para transmitir tráfico de banda estrecha entre equipos de usuario portátiles.

Debido a su reducido tiempo de retardo de propagación, la integración de estos sistemas para comunicaciones de banda ancha y su integración en la RDSI-BA podría ser ventajosa donde los protocolos extremo a extremo son críticos en retardo, o donde el retraso de los satélites geoestacionarios demandan importantes modificaciones de los protocolos ya establecidos.

Otra ventaja de los satélites LEO para las comunicaciones banda ancha es que facilitan la utilización de menores antenas que las de las estaciones terrenas debido a que estos sistemas se encuentran en un entorno normativo distinto.

Las antenas de haz múltiple también se pueden emplear con LEO, con lo que se pueden obtener ventajas semejantes a las de los sistemas geostacionarios descritos anteriormente.

Por ejemplo, en aquellos emplazamientos de equipos de usuario en que se utilicen antenas de 1 m de diámetro, el sistema LEO puede manipular tráfico a 34 Mbit/s en varios haces, lo que resulta muy adecuado para la interconexión de LAN ó para conexión directa entre terminales de usuario. Además de la transmisión a 155 Mbit/s a una antena de cabecera de los haces ascendentes multiplexados, se pueden también proporcionar enlaces de acceso.

aérea mundial, y el primer miniordenador de 16 bits totalmente británico. Por ello fue elegido miembro del I.E.E. En 1972 desarrolló y patentó el procesador pseudo-virtual que era capaz de emular todas las máquinas entonces existentes. En 1975 ingresó en Alcatel Bell donde diseñó un sistema automático de prueba, diagnóstico y calibración para el Spacelab E.G.S.E. El 1981 creó el grupo de sistemas avanzados del departamento espacial y dirigió estudios en los programas Columbus, ERS-1, Hermes y DRS. En 1987 fue elegido Fellow of the I.E.E. Desde 1986 ha trabajado en la aplicación de satélites en RDSI e IBCN, con responsabilidad en el diseño de productos de la primera "central en el cielo" ATM del mundo, como se demostró en el marco del programa CATALYST del RACE.

## Referencias

- [1] Flavio Bonomi et al: Further Look at statistical Multiplexing in ATM Networks; Computer Networks and ISDN Systems. N°26, 1993

**Benoit Louvet**, nació en 1966 y recibió el grado de ingeniero en la Escuela nacional Superior de Telecomunicaciones, París en 1989. Trabajó para el CNES, primero en Toulouse en la red terrena del proyecto "GPS Completamente Europeo" (CE-GPS) y después en Kourou en el centro espacial de Guayana, realizando estudios de riesgo y fiabilidad en el sistema informático del localizador del lanzador Ariane IV. Posteriormente trabajó en la división de Sistemas Electrónicos de Thomson C.S.F. estudiando el diseño de una antena digital de elementos controlados en fase. Ingresó en Alcatel Espace en 1992 en el departamento de Sistemas y Arquitecturas de Satélite, en donde tiene una importante participación en el proyecto RACE CATALYST.

**Steve Chellingsworth** se graduó en ingeniería electrónica en 1967. Diseñó una variedad de productos digitales, incluyendo la electrónica de la primera "caja negra"

# Notas de investigación

## Breve resumen de los logros de los centros de investigación de Alcatel en todo el mundo

### *Evaluación de las prestaciones de un receptor RAKE de sobremuestreo*

El empleo de sistemas de espectro disperso con codificación está bien reconocido como un método eficaz para combatir el desvanecimiento selectivo. Esta técnica se puede emplear en diferentes aplicaciones como las comunicaciones móviles y la dispersión troposférica. Una técnica de espectro disperso de secuencia directa, extendido más allá de la anchura de banda de coherencia de canal que proporciona diversidad inherente, se puede explotar fácilmente usando la tecnología actual para conseguir mejores prestaciones del receptor. La arquitectura óptima para lograrlo es el receptor RAKE (así llamado por su estructura parecida a un rastrillo). Mientras que las técnicas RAKE han sido objeto de amplios estudios en el contexto de mejorar las prestaciones globales del sistema, se ha hecho poco esfuerzo en el análisis detallado de las posibles arquitecturas de receptores y la influencia del sobremuestreo. Se han obtenido dos posibles arquitecturas de arquitecturas de receptores RAKE, y se han comparado con las prestaciones de la estructura sincrónica. Se ha hecho para cada una de las arquitecturas una derivación analítica del BER de detección coherente. Simulaciones, que han tenido en cuenta los efectos de estimación de canal imperfecto, muestran la influencia de la longitud de la secuencia de referencia y están de acuerdo con los resultados analíticos de derivación.

### *Método de la estimación de emisiones perturbadoras adaptado a formas de onda FH-PSK*

El salto de frecuencia (HF) se usa en los sistemas de comunicaciones para proporcionar una protección contra las interferencias. En bajas velocidades, un salto de frecuencias rápido combinado con una modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) m-aria ortogonal se usa frecuentemente junto a las detección no coherente. Para altas velocidades, un salto de frecuencias lento combinado con una modulación por desplazamiento de fase (PSK) y detección coherente puede ser el preferido ya que esta forma de onda es más eficiente en anchura de banda y puede dar mejores prestaciones sobre canales gaussianos. Para ambas clases de forma de onda es bien conocido que la información de estado de canal (CSI), si usa de manera eficaz por el receptor, puede mejorar drásticamente la prestación del sistema. En general, el CSI no está disponible directamente, y debe ser estimado a partir de la señal recibida. Para altas velocidades, se ha hecho poco esfuerzo en el análisis y evaluación de técnicas de estimación de las emisiones perturbadoras apropiadas. La idea básica del método investigado consiste en estimar la varianza del ruido observando diferentes saltos de frecuencia. Para resolver el problema de la clasificación de las estimaciones, se ha elegido un método de grupo dinámico iterativo por su simplicidad computacional. Este método se ha aplicado a formas de ondas de salto de frecuencia lento corrompidas por interferencia de banda parcial. Las simulaciones muestran que, en la mayoría de los casos, el método propuesto logra prestaciones cercanas a un CSI perfecto.

### *P-HEMT de AsGa*

Se han realizado prototipos de laboratorio de P-HEMT (transistores de alta movilidad de electrones de arseniuro de galio pseudomórfico) de AsGa con una potencia de salida saturada de 100 mW a una frecuencia de 18 GHz. El dispositivo es muy prometedor para aplicaciones en el dominio de las ondas milimétricas y microondas (1 a 60 GHz) y es el mejor candidato para sustituir a la tecnología MESFET de AsGa en muchas aplicaciones, como una nueva generación de componentes de potencia de AsGa. Los dispositivos P-HEMT se basan en la tecnología de puertas de 0,6  $\mu\text{m}$ , y los mejores prototipos muestran una ganancia de 9 dB y una frecuencia de corte de 40 GHz.

**Nuevo proceso MESFET**

Un nuevo proceso MESFET (transistor de efecto de campo metal-semiconductor) se ha desarrollado en el centro de arseniuro de galio de Alcatel. El proceso, basado en la tecnología de implantación dopada con carbón, ha mostrado prestaciones muy prometedoras en linealidad y eficacia de potencia. Se ha logrado una eficiencia de potencia mejor del 45% en una operación clase A a 8 GHz. El nuevo proceso permite la producción de FET de alta potencia, en la banda de 4 a 25 W, para usar en amplificadores de potencia de alta linealidad de radioenlaces digitales.

**Fuente de pulsos cortos para sistemas OTDM de alta velocidad**

La multiplexación óptica por división del tiempo (OTDM) es la técnica más prometedora para alcanzar velocidades de 40 y 160 Gbit/s, que se contemplan como las siguientes etapas de la jerarquía digital sincrónica. OTDM permite sortear las limitaciones de los multiplexores electrónicos actuales. El transmisor requiere una fuente de pulsos ópticos cortos de duración repetitiva. En aplicaciones de sistema se prefieren técnicas de bloqueo de modo activo ya que permiten la sincronización del reloj del sistema. Una primera etapa para aumentar la velocidad es la multiplexación óptica de 4x10 Gbit/s a una señal de 40 Gbit/s. Como ejemplo hemos informado de un láser de modo bloqueado de cavidad extendida monolítico totalmente activo, para el cual se han obtenido velocidades repetitivas entre 8,7 y 22 GHz. La anchura del pulso óptico de dicho láser se ha reducido a 7,3 ps, suficiente para las aplicaciones de 40 Gbit/s.

**Módulo de potencia de bombeo de 1,48 m de altas prestaciones**

Las aplicaciones de nuevos sistemas en el campo de la amplificación óptica requiere de módulos de bombeo con cada vez mayores prestaciones. Su realización mediante la fabricación de EDFA (amplificador de fibra dopada con erbio) es muy importante, especialmente para su uso en potentes amplificadores elevadores o en aplicaciones como el bombeo remoto. Recientemente se ha probado un módulo de potencia de bombeo a 1,48 m con 270 mW acoplado en la fibra a una corriente de excitación de 1,3 A. Este valor es, de los conocidos por nosotros, el mejor publicado hasta ahora. El módulo se ensambló desde un láser SMQW DCPBH (heteroestructura enterrada planar de doble canal de pozo multicuántico deformado) de altas prestaciones y una fibra de microobjetivos especial, con acoplamiento eficiente. Esta fibra se fabricó por fusión empalmado una pequeña longitud de fibra multimodo de índice gradual al extremo de una fibra multimodo Una forma hiperbólica creada al final de la fibra sin punta crea un lente con baja aberración esférica. La eficiencia de acoplamiento se ha estimado en un 78%.

**Amplificador óptico de semiconductores usado como un preamplificador**

Usando un amplificador óptico de semiconductores (SOA) insensible a la polarización, se han medido en un experimento de preamplificación sensibilidades de -40 dBm a 2,5 Gbit/s y de -32,4 dBm a 10 Gbit/s para un BER de 10<sup>-9</sup>. Estos resultados, los mejores hasta ahora publicados, se lograron en colaboración con la universidad técnica de Dinamarca, y se comparan favorablemente con los menores valores obtenidos con el fotodiodo de avalancha (-27,4 dBm a 10 Gbit/s) y solo 3 dB menos que los dados para un preamplificador EDFA de bombeo a 980 nm. La mejora en sensibilidad debida al amplificador de semiconductores es de 11 dB a 2,5 Gbit/s y de 15 dB a 10 Gbit/s. La estructura del amplificador se basa en una banda activa cuadrada cónica, lo que ha permitido una sensible reducción del acoplamiento a la fibra óptica a la vez que mantiene una baja sensibilidad de polarización. Se ha medido una ganancia fibra a fibra de 28 dB, que es el mejor valor hasta ahora conocido para un dispositivo insensible a la polarización a 1550 nm. Estos resultados sugieren una aplicación atractiva: debido a su compactidad, el dispositivo se puede encapsular con un filtro paso banda óptico y fotodiodo PIN para crear un módulo receptor de alta sensibilidad. También, existe una perspectiva para una integración SOA-PIN monolítica.

# Últimas solicitudes de patentes

**Solicitudes de patentes recientemente registradas por Compañías del grupo Alcatel (la lista no incluye patentes equivalentes en otros países).**

Esta lista puede incluir solicitudes de Modelos de utilidad. Para EE.UU. y Suiza en lugar de solicitudes de patentes, se incluyen patentes concedidas. Esta solicitudes/patentes pueden solicitarse a las correspondientes oficinas nacionales de Patentes.

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
<b>SOLICITUDES DE PATENTES AUSTRALIANAS:</b>		
An Electrical Connector Arrangement	D.L. van Emmerik	PL5808
DTMF/Decadic Telephone	K.A. Crowe	PL7966
Fibre Optic Telecommunications Cable	I. Houghton	PL7965
Cord Grip Arrangement	D.L. van Emmerik	PL7441
<b>SOLICITUDES DE PATENTES CANADIENSES:</b>		
Method and Detector for Detecting Surface Roughness or Defects on Coated Wire or Cable	J. Robinette, J. Mark, A. Laramee	2,085,160-1
Adhesive Tape for Overcoating Splices in Polymer Coated Metal Tapes	H.G.S. Aitken, R.W. Demianyk	2,088,619-6
<b>SOLICITUDES DE PATENTES FRANCESAS:</b>		
Dispositif de traitement de cellules pour équipement de réseau temporel asynchrone de communication	G. Chartie, P. Leveque, P. Albouy	92 14 234
Dispositif de téléalimentation pour équipement électronique	M. Guiset, J. Noyon	92 15 930
Procédé de modulation de phase et modulateur numérique mettant en oeuvre ce procédé	C. Guillemain, J. Decroix	92 15 614
Réseau de commutateurs	B. Vaillant	92 14 313
Système de transmission optique, notamment pour réseau câblé de vidéocommunication	M. Hajj, Y. Cretin	92 13 782
Dispositif de récupération du rythme baud dans un récepteur pour modem	C. Caudron, A. Tourbah	92 14 168
Dispositif de transmission numérique pour la transmission simultanée de hauts et bas débits sur un support commun	Y.-N. Le Nohaic	92 13 747
Procédé de transmission d'informations à débit élevé par allocation multiple de blocs, procédé de réception associé pour sa mise en oeuvre	C. Mourot	92 15 934
Dispositif de correction d'un décalage de fréquence dû à l'effet Doppler dans un système de transmission	F. Gourgue	92 13 156
Séquence d'apprentissage pour l'estimation d'un canal de transmission et dispositif d'estimation correspondant	C. Mourot, A. Wautier, J.-C. Dany	92 13 847
Support pour le maintien d'un appareil électrique dans l'habitacle d'un véhicule automobile et système de maintien comportant un socle de réception de cet appareil utilisant un tel support	P. Gillo, P. Savalle, M. Haria	92 13 745
Installation de transmission, sans contact, de puissance électrique	E. Muller	92 13 679
Disposition d'asservissement en position d'une charge prévue flottante	E. Muller	92 13 678
Installation de transmission, sans contact, de puissance électrique	E. Muller	92 13 677
Procédé de positionnement adaptatif d'un codeur/décodeur de parole, au sein d'une infrastructure de communication	M. Delprat	92 15 932
Antenne active à synthèse de polarisation variable	G. Caille	92 14 661
Source élémentaire rayonnante pour antenne réseau et sous-ensemble rayonnant comportant de telles sources	G. Ragueneat, F. Magnin	92 13 744
Procédé de fabrication d'un fil constitué d'un alliage à base de cuivre, de zinc et d'aluminium	J.-C. Delomel, D. Leroux, C. Messenger	92 14 312
Prise de courant femelle à protection intégrée	J.-F. Savard, E. Darmochod	92 15 499
Câble haute tension à écran d'aluminium de résistance mécanique élevée	E. Vasseur	92 15 618
Câble de transmission de signaux haute fréquence	V. da Silva, A. Manise, P. Rofidal, G. Routa	92 14 033
Mandrin de retenue d'au moins une fibre optique	R. Hakoun, M. Reslinger, G. Godard	92 14 169
Dispositif de positionnement et de retenue en nappe de fibres optiques	R. Hakoun, M. Reslinger, G. Godard	92 14 170
Composition de gainage de câbles à tenue au déchirement élevé	M. Prigent, A. Chaillie, J.-N. Demay	92 15 616
Bracelet de blindage	R. Lissilour	92 15 167

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Matériaux à base de silicones, notamment pour l'isolation d'un câble électrique	J.-L. Mastrot, F. Petrigiani	92 14 314
Système de dissipation de l'énergie calorifique dégagée par un composant électronique	P. Brunet, G. Avigon, F. Heron	92 15 166
Polariseur hyperfréquence à guide d'ondes principal coopérant avec un guide d'ondes secondaire, multiplexeur d'ondes hyperfréquences, court-circuit hyperfréquence et filtre hyperfréquence correspondants	D. Morisse, G. Estrade	92 13 848
Procédé pour transmettre des données dans un système comprenant au moins deux horloges asynchrones, dispositif synchroniseur pour la mise en œuvre de ce procédé et système de transmission doté de ce dispositif	A. Fargues, M. Kimiavi F. Audeval, H. Weber	92 13 215 93 00 957
Connecteur terminal de jarretière		
Système pour rétablir la qualité de transmission d'une liaison incluant des équipements amplificateurs, en cas de défaillance		
d'un ou de plusieurs de ces équipements amplificateurs	J.-L. Pamart, F.-X. Ollivier, S. Morin, R. Uhel	93 03 015
Dispositif d'évaluation de la qualité de transmission d'un équipement amplificateur optique	B. Gherardi, G. Bourret, J.-B. Leroy	93 03 674
Procédé de fabrication d'un composant semi-conducteur notamment d'un laser à arête enterrée, et composant fabriqué par ce procédé	L. Goldstein, D. Bonnevie	93 01 212
Appareil émetteur-récepteur radiotéléphone	G. Auvray	93 01 532
Terminal radiotéléphonique portatif compact	J. Muller	93 03 315
Procédé pour délivrer un numéro de téléphone associé à un abonnement téléphonique, postes téléphoniques et téléphone mobile mettant en œuvre ce procédé	B. Coz, E. Desblancs	93 02 470
Antenne tournante sans fin avec transferts de signaux et d'alimentations électriques sans contact	E. Muller	93 02 222
Système de contrôle de vieillissement d'une batterie et procédé mis en œuvre dans un tel système	X. Andrieu, M. Rocher, P. Guillaume, P. Poignant	93 02 949
Procédé d'auto-alignement d'un contact métallique sur un substrat de matériaux semi-conducteurs	F. Poingt, E. Gaumont-Goarin	93 02 577
Boîtier hermétique superposable pour circuit intégré et son procédé de fabrication	P. Oudart, M. Masgrangeas, P. Lamothe	93 00 148
Réglette précâblée de raccordement	F. Audeval, H. Weber	93 00 956
Jonction de câbles optiques sous-marins	B. Daguet, G. Marlier	93 01 032
Gaine de protection de câble, ligne de mise en œuvre et liaison de transmission résultante	J.-P. Hulin, A. Bouvard, P. Gaillard	93 01 927
Câble de résistance au feu renforcée	P. Renault, F.X. Guillaumond	93 00 798
Dispositif pour enregistrer une trace du déroulement d'un programme exécuté par un ordinateur, procédé mis en œuvre dans ce dispositif et application à un ordinateur embarqué	L. Labbe	93 03 016
Procédé de gestion de la redéfinition de fréquence dans un système de radiocommunication cellulaire avec des stations mobiles	A. Freulon, P.B. Dupuy	93 02 308
Machine volumétrique à guidage magnétique	B. Barthod, J.P. Chicherie, D. Perrillat-Amede	93 01 926
Système de connexion électrique de masse entre une embase coaxiale et une semelle d'un circuit hyperfréquence et dispositif de liaison électrique utilisé dans un tel système	M. Bernaud, F. Maquet	93 01 709
Station d'un réseau de radiocommunication numérique à moyens d'échange de signaux de parole et moyens d'échange de signaux de données	C. Jouin, F. Pinault, R. Grebot	93 03 765

**SOLICITUDES DE PATENTES ALEMANAS:**

Verfahren zum Aufbau einer Fernsprechverbindung in einem digitalen Fernmeldenetz	M. Horrer	P 42 40 479
Gestell mit Kabelführung	W. Häusser	P 42 42 742
Schnittstellenschaltung für integrierte Schaltkreise in Stromschaltertechnik	N. Kaiser	P 42 40 072
Vorrichtung für eine Vermittlungsstelle eines Fernmeldenetzes	S. Sternbeck, J. Schröder, J. Aschmies	P 42 37 170
Verfahren und Einrichtung zum Feststellen des Vorhandenseins und der Position von Baugruppen in einer Baueinheit	R. Hausser	P 42 43 510
Achszählvorrichtung	A. Murnieks, K. Oldewurtel	P 42 40 478
Transistorverstärkerkaskade	U. Steigenberger	P 42 40 881
Verfahren zur Übertragung optischer Signale	J. Ocker, N. Puschmann	P 42 43 843
Vorrichtung zur Übertragung optischer Signale	J. Ocker, N. Puschmann	G 92 17 613

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
System zur optischen Nachrichtenübertragung mit faseroptischen Verstärkern und einer Einrichtung zum Überprüfen der Übertragungswege	R. Schleinschok, R. Hausser, T. Pfeiffer, H. Krimmel	P 42 39 187
Optischer Schalter	H. Bülow	P 42 38 103
Mobilfunksystem	M. Böhm	P 42 43 670
Tragbares Teilnehmerendgerät für den Mobilfunk	M. Böhm	P 43 10 230
Mobilfunknetz und Feststation dafür	M. Böhm	P 42 38 295
Teilnehmergerät für das Bildfernsprechen	H. Ohnsorge, W. Flohrer, M. Weiss, E. Jahn	P 42 42 743
Kamerasteuereinrichtung für ein Bildfernsprech-Teilnehmergerät	M. Böhm	P 42 38 743
Vorrichtung zum kontinuierlichen Vernetzen eines langgestreckten Gutes	D. Heiden	P 42 43 256
Optisches Kabel	P. Deläge, G. Hög, K. Nothofer, P. Zamzow	P 42 42 510
Lichtwellenleiter-Ader sowie Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen einer Lichtwellenleiter-Ader	P. Deläge, R. Röhl, D. Wichura, H.-D. Leppert	P 42 44 200
Mehradriges flexibles Energiekabel mit integriertem Datenübertragungselement	H.-P. Goedecke, E. Kwast, W. Jahn, R. Krause	P 42 44 202
Elektrisches Kabel oder elektrische Leitung und Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Kabels oder einer elektrischen Leitung	P. Madry	P 42 41 352
Abzugsvorrichtung für langgestrecktes Gut	H. Staschewski	P 42 40 654
Induktionsziehofen	H.-D. Leppert	P 42 43 830
Kabelschuh bzw. Preßverbinder	F. Illers, M. Baesch	G 92 15 578
Topf- oder Haubenmuffe für die Aufnahme von Spleißverbindungen	S. Japtok	G 92 17 709
Vorrichtung zur Kontaktierung des Innenleiters eines koaxialen Hochfrequenz-Kabels	H.-J. Schiefer	G 92 15 782
Muffe für eine Abzweig- oder Verbindungsstelle von Kabeln	S. Japtok	G 92 15 421
Verfahren zur Herstellung eines reflexionsarmen Abschlusses für Lichtwellenleiter	G. Kochsmeier	P 42 38 008
Muffe zum Schutz von Spleißverbindungen	W. Teschner	G 92 15 116
Optoelektronisches Bauelement mit einer Rippenwellenleiterstruktur	E.W. Kühn, K.-H. Schlereth, M. Schilling, M. Klenk, D. Baums, H. Haisch, W. Idler, E. Zielinski, W. Idler	P 42 44 230 P 42 39 655
Optische Sendeeinrichtung		
Positionsfiguren-Musteranordnung zur Positionierung von einander zugeordneten Objekten in Mikrosystemen und zur Bestimmung von deren Positionsabweichung im Mikrometer- und Submikrometerbereich	H.-P. Hirler, D. Ferling	P 42 44 231
Verfahren zur Herstellung eines Klebstoffes und Klebstoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit und seine Verwendung	H. Mieskes, S. Smernos	P 42 41 546
Vorrichtung zum Fördern eines gasförmigen Mediums	R. Hopfensperger, R. Tungl	P 42 42 474
Elektronische Präsentationseinrichtung	W. Froberg, W. König, A. Schmietainski, B.X. Weiss	P 42 39 933
Verfahren und Vorrichtung zur Wyner/Ash-Faltungscodierung	D.S. Müller	P 42 30 643
Optischer Empfänger mit Frequenzweiche	K. Braun, U. Steigenberger	P 42 35 321
Schaltungsanordnung für eine Verzögerungsleitung in integrierten CMOS-Schaltungen	T. Banniza	P 43 06 201
Schaltungsanordnung zur Übertragung nachrichtentechnischer Signale	M. Brahms, W. Fritz, W. Klant	P 43 08 783
Einrichtung zum kontinuierlichen Informationsaustausch zwischen einer Trasse und auf dieser geführten Fahrzeugen	G. Höfgen	P 43 05 233
Verfahren zum Umhüllen von Substraten	F. Grajeswki, H. Matzat	P 43 08 593
Konfigurationsverfahren	U. Apel	P 43 03 094
Netzwerkssystem mit asynchronem Zugriffsmechanismus	B.X. Weis, A. Schmietainski, O. Duroyon	P. 43 04 651
Empfängerschaltung für eine Teilnehmerstation eines Netzwerkes	B.X. Weis	P 43 04 995
Verkehrsregelungseinrichtung	M. Böhm	P 43 07 486
Multiplexer/Demultiplexer für drei Wellenlängen	E. Becker, W. Heitmann, G. Maltz, W. Stieb	P 43 02 113
Video-Audio Codierer und Decodierer	H.J. Matt	P 43 02 428
Gerät zum Fernkopieren	K.A. Turban	P 43 01 817
Kommunikationssystem und Systemkomponenten dafür	K. Georgokitsos	P 43 07 123
Umweltfreundliche Transportpackung für optische Bauteile	C. Basler, A. Bruland	G 93 04 508
Umweltfreundliche Verpackung für optische Bauteile	C. Basler, A. Bruland	P 43 05 603
Flußmittel zur Herstellung einer Lötverbindung	E. Beuerle, H. Dauner, E.U. Küster	P 43 02 996
Spulenkörper	R. Braunschweig	G 93 01 086
Verfahren und Vorrichtung zum zerstörungsfreien Trennen eines auf einen Schaltungsträger aufgeklebten Bauteils vom Schaltungsträger	H. Mieskes, D. Müller, E. Schöller	P 43 10 255
Lösbare Verbindung zwischen zwei Lichtwellenleitern	H.H. Hagemann, K. Kaps	G 93 03 303
Schutzanordnung für Spleißkassetten	W. Wenski, H. Schönfeld	G 93 01 846
Verfahren zur Herstellung eines Koaxialkabels	G. Ziemek, H. Staschewski	P 43 04 780
Vorrichtung zum Abziehen von langgestrecktem Gut	R. Göblmaier, F. Grögl	G 93 04 320

TITULO	INVENTORES	NUMERO DE SOLICITUD
Vorrichtung zum Aufbringen einer Folie auf einen langgestreckten Gegenstand	R. Göblmaier, F. Grögl	P 43 08 594
Einrichtung zum Herstellen dünnwandiger Wellrohre	E. Hoffmann, W. Klebl	P 43 04 159
<b>SOLICITUDES DE PATENTES ITALIANAS:</b>		
Metodo e sistema di ancoraggio allineato di fibra ottica a fotorilevatore	L.A. Colombani	MI92 A 002550
Metodo di fabbricazione di moduli optoelettronici e dispositivi così ottenuti	M. Albasio, A. Putorti	MI92 A 002736
Sistema di collaudo di circuiti a radiofrequenza, in particolare per circuiti su supporti ceramici di piccole e medie dimensioni	G. Gianni, F. Colombo, R. Beretta	MI92 A 002872
Estrazione del segnale di clock da un flusso a N Mbit/s, in particolare in un ripartitore numerico	S. Adamo	MI92 A 002831
Sistema per l'implementazione efficiente della tecnica di decodifica di viterbi	S. Cucchi, M. Fratti, M.A. Rosa Ammaturo	MI92 A 002327
<b>PATENTES SUIZAS:</b>		
Polarisiertes Leiterplattenrelais	K.H. Altorfer, H.A. Diem	3 73 109
Leiterplattenrelais	H.A. Diem, A. Cecchini	3 19 478
Verfahren zur Pegelbestimmung bei vorbestimmten Frequenzen eines Tonfrequenzsignals	M.A. Knitsch	6 82 783
<b>PATENTES AMERICANAS:</b>		
Broadband Load Disconnect Voltage Inversion	R.T. Barfield	5 260 605
Half-Wave Folded Cross-Coupled Filter	S. Bentivenga	5 262 742
Anti-Microphonic Power Coupling Apparatus	K. Chandler, L. Jinich, M. Ryland	5 262 738
Round Robin Arbiter Circuit Apparatus	D. Kuddes, G. Logendyke	5 274 785
Message Routing for Sonet Telecommunications Maintenance Network	A.J. Mazzola	5 262 906
Optical Fiber/Metallic Conductor Composite Cable	R. Nilsson, T.A. Oberschlake	5 268 971
N-Bit Parallel Input to Variable-Bit Parallel Output Shift Register	R.W. Peters	5 272 703
Telephone Line Unit Having Programmable Read-Only Memory	G.C. Sanders, R.R. Rzonca, R.M. Czerwiec, C.M. Hurlocker, B.M. Rice, M.J. Gingell	5 267 309
Laser Bias and Modulation Circuit	M.R. Slawson, J.J. Stiscia	5 268 916
An Asynchronous Parallel Data Formatter	W.H. Stephenson	5 267 236
<b>SOLICITUDES DE PATENTES EUROPEAS:</b>		
Digital telephone set with a plurality of interconnected circuit modules	F. Ryckebusch, E. Moerman, J.J.G. Haspeslagh	92203387.3
Dispositif de reséquencement pour un noeud d'un système de commutation de cellules	Y. Therasse, P.-P.F.M.M. Guebels	92203695.9
Routing logic means and telecommunication system using same	B.J.G. Pauwels	92204012.6
Policing device and policing method using same	B.J.G. Pauwels, Y. Therasse	92203388.1
Dispositif de reséquencement pour un noeud d'un système de commutation de cellules	Y. Therasse, P.-P.F.M.M. Guebels	92203694.2
ESD protection device	N.A.R. Maene, J.A.M. Vandebroeck	92203507.6
Current generating circuit	E.C.J. op de Beeck, R. Venhuizen	92203508.4
Mobile communication system	E.M.L.M. Pequet, S.C.C. Raes	92202482.3

## Abreviaturas de este número

AAL	capa de adaptación ATM	FTTH	fibra al hogar
ADSL	bucle de abonado digital asimétrico	GDMO	pautas para la definición de objetos gestionados
AN	nodo de acceso	GRM	modelo general de relación
ANSI	American National Standards Institute	GSM	Groupe Special Mobile
APD	fotodetectores de avalancha	GSM	sistema global para comunicaciones móviles
API	interfaz de programa de aplicación	GSMBE	epitaxia por haz molecular de fuente de gas
APOLT	terminación de línea APON	HBT	transistor bipolar de heterounión
APON	red óptica pasiva ATM	HDSL	high bitrate digital subscriber loop
APONT	terminación de red APON	HEMT	transistor de alta movilidad de electrones
ASE	emisión espontánea amplificada	HFC	híbrido fibra coaxial
ASIC	circuito integrado de aplicación específica	IBC	red integrada de comunicaciones de banda ancha
ASU	unidad de servicios ATM	IC	circuitos integrados
ATM	modo de transferencia asíncrona	ICAO	organización internacional de aviación civil
AVI	identificación automática de vehículos	ICT	Information and Communication Technology
AWG	American wire gauge	IDL	lenguaje de definición de interfaces
BER	tasa binaria de errores	IEC	International Electrotechnical Commission
BiCMOS	bipolar/CMOS	IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
BONT	terminación de red óptica de banda ancha	IM	láseres de intensidad modulada directamente
BRS	Buried Ridge Stripe	IMA	Interactive Multimedia Association
BS	estación base	IN	redes inteligentes
BSC	controlador de estación base	INAP	protocolo de aplicación de red inteligente
BTS	estación base transceptora	IP	protocolo Internet
CAP	fase de amplitud sin portadora	ISO	International Standards Organization
CATV	TV por cable analógica	ITAEG	grupo asesor de expertos en tecnología de la información
CBDS	servicio de datos de banda ancha sin conexión	ITU	International Telecommunication Union
CCIR	International Radio Consultative Committee	IVOD	video bajo demanda interactivo
CEN	European Committee for Standardization	LAN	redes de área local
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization	LDB	bases de datos de localización
CMOS	semiconductor óxido metal complementario	LEO	low earth orbit (satélite)
CN	nodo central	LIM	módulos de interfaz de línea
CSM	gestión de sesión de conexión	LMDS	servicios locales de distribución multicanal
CTR	comisión de regulaciones técnicas comunes	MAN	red de área metropolitana
DAT	digital audio tape	MCB	media control board
DAVIC	Digital Audio Visual Council	MIC	modulación por codificación de impulsos
DBS	distribución directa por satélite	MMC	Módulos multichip
DCA	gestión de recursos radio	MMCF	Multimedia Communication Forum
DECT	teléfono sin hilos europeo digital	MMCOI	multimedia communications comments of interest
DFB	realimentación distribuida (láser)	MoU	memorándum de acuerdo
DHN	red digital del hogar	MOVPE	epitaxia en fase de vapor metalorgánica
DMT	multi-tono discreto	MPEG	grupo de expertos de imágenes en movimiento
DPE	entorno de proceso distribuido	MPEG	Motion Picture Expert Group
DQDB	distributed queue dual bus	MQW	pozo multicuántico
DRAM	RAM dinámica	NMOS	semiconductor óxido metal de canal N
DSF	fibras con dispersión desplazada	NRIM	modelo de información de recursos de la red
DSP	procesadores de señal digital	NT	terminaciones de red
DST	transmisión de dispersión soportada	NVOD	video bajo demanda
DTV	televisión de alta definición	O&M	operación y mantenimiento
DVB	radiodifusión de video digital	O/E	optoelectrónica
EA	efecto de electroabsorción	OAM	operación administración y mantenimiento
ECU	unidad monetaria europea	OBP	procesado a bordo
EDFA	amplificadores de fibra dopados con erbio	ODP	entorno de proceso distribuido abierto
EMF	European Multimedia Forum	OEIC	circuito integrado optoelectrónico
ETDM	multiplexación por división en el tiempo eléctrica	OFDM	multiplexación óptica por división de frecuencias
ETS	norma europea de telecomunicación	OMG IDL	lenguaje de definición de interfaz de grupo de gestión de objetos
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	OMT	técnica y modelado de objetos
FCC	Federal Communications Commission (EE.UU.)	ONP	suministro de redes abiertas
FDDI	fibre distributed data interface	ONU	unidad de red óptica
FEC	código de corrección de errores	OPAL	línea óptica de acceso
FITL	Fiber In The Loop	OSI	interconexión de sistemas abiertos
FPLMTS	sistema de telecomunicaciones móviles terrestres públicas del futuro	OTDM	multiplexación por división óptica en el tiempo
FSK	modulación por desplazamiento de frecuencia	OXC	transconector óptico
FTTB	fibra al edificio	PABX	centralita automática

PBT	polibutileno tereftalato	SCF	función de control del servicio
PCN	red de comunicaciones personales	SDH	jerarquía digital síncrona
PCS	servicio de comunicación personal	SDLM	Servicios de distribución locales multicanal
PDH	jerarquía digital pliesiónica	SEI	Software Engineering Institute
PIC	circuito integrado fotónico	SMDS	servicio de datos multimegabit conmutado
PLOAM	capa física OA&M	SMF	fibras monomodo estándar
PMD	dispersión de modo de polarización	SONET	synchronous optical network
PMOS	semiconductor óxido metal de canal P	SSF	función de conmutación del servicio
PMR	radio móvil privada	TDM	multiplexación por división en el tiempo
PNO	operador de red privada	TDMA	Time División Multiplexing Access
PON	redes ópticas pasivas	TFTS	sistema para comunicaciones personales en vuelo
POTS	servicio telefónico convencional	TIA	Telecommunications Industry Association (EE.UU.)
PP	polipropileno	TIM	módulo de interfaz terrestre
PRBS	secuencia de bits pseudoaleatoria	TINA	Telecommunications Information Networking Architecture
QAM	modulación de amplitud de cuadratura	TINA-C	consorcio para la arquitectura de información de operación de redes de telecomunicaciones
QOS	calidad del servicio	TMN	red para la gestión de las telecomunicaciones
QSPK	esquema de desviación de fase en cuadratura	TVAD	TV de alta definición
QW	pozo cuántico	UIC	International Union of Railways
QW-DFB	Quantum Well Distributed Feedback Laser	UMTS	sistema universal de telecomunicaciones móviles
RACE	Research Programme in Advanced Communications for Europe	UPT	telecomunicación personal universal
RAID	array redundante de discos de bajo precio	USCM	modelo de componentes del servicio universal
RAM	memoria de acceso aleatorio	VCI	identificador de canal virtual
RBOC	regional Bell operating company	VLSI	Very Large Scale Integration
RDSI	red digital de servicios integrados	VoD	video a demanda
RDSI-BA	red digital de servicios integrados de banda ancha	VPI	identificador de trayecto virtual
RF	radiofrecuencia	VPN	red privada virtual
RIBE	grabación por haz de iones reactivos	VSB	banda lateral vestigial
RIE	grabación por ion reactivo	WARC	World Administrative Radio Conference
RISC	reduced instruction set computer	WDM	multiplexación por división de la longitud de onda
ROM	memoria de solo lectura		
RTPC	red telefónica pública conmutada		
SAG	crecimiento de área selectiva		

## Oficinas editoriales

Cualquier asunto relativo a las distintas ediciones de *Electrical Communication* se debe dirigir al editor adecuado (las peticiones de suscripciones se deben enviar por fax o por correo):

### Edición inglesa :

Rod Hazell  
Electrical Communication  
ALCATEL  
54, rue La Boétie  
75382 Paris Cédex 08  
Francia  
Tel.: (33-1) 40.76.13.47  
Fax: (33-1) 40.76.14.26

### Edición francesa :

Catherine Camus  
Revue des Télécommunications  
ALCATEL  
54, rue La Boétie  
75382 Paris Cédex 08  
Francia  
Tel.: (33-1) 40.76.13.48  
Fax: (33-1) 40.76.14.26

### Edición italiana :

Egisto Corradini  
Prospettive di Telecomunicazioni  
ALCATEL ITALIA, Div. Alcatel Telettra  
Via Trento, 30  
20059 Vimercate (MI)  
Italia  
Tel.: (39-39) 686.3072  
Fax: (39-39) 608.1483

### Edición alemana :

Andreas Ortel  
Elektrisches Nachrichtenwesen  
ALCATEL SEL AG  
Department ZOE/FP  
70430 Stuttgart  
Alemania  
Tel.: (49) 711.821.46.90\*  
Fax: (49) 711.821.60.55\*

### Edición española :

Gustavo Arroyo  
Comunicaciones Eléctricas  
ALCATEL STANDARD ELECTRICA  
Ramirez de Prado 5  
28045 Madrid  
España  
Tel.: (34-1) 467.30.00 ext. 1857  
Fax: (34-1) 468.78.32

Sandro Frigerio  
Tel.: (39) 2.80.52.434  
Fax: (39) 2.72.01.08.62

\* A partir del 1 - Noviembre - 1994:  
Tel.: (49) 711.821.446.90  
Fax: (49) 711.821.460.55

## En este número

### Comunicaciones Eléctricas 3er trimestre de 1994

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 212-221

#### **Evolución de las tecnologías básicas de las telecomunicaciones**

Ohnsorge, H.; Eisele, H.; Hildebrand, O.; Lösch, K.; Stahl, B.

El enorme progreso de las redes y servicios de telecomunicaciones se ha basado en tecnologías básicas como la microelectrónica, la optoelectrónica, la fibra óptica, las técnicas de transmisión (OTDM, WDM,...) y la tecnologías de ensamblado, todas las cuales necesitan materiales y procesos tecnológicos de alta calidad. El procesamiento de señales (voz e imagen) es la clave tecnológica de una transmisión económica y de todos los servicios de telecomunicación que requieren una gran cantidad de software en las redes, en las bases de datos asociadas (p. ej., en sistemas de conmutación, transconectores, redes inteligentes y gestión de telecomunicaciones) y en los terminales del usuario. De esta manera la tecnología software se está convirtiendo, paso a paso, en la más importante tecnología de las telecomunicaciones.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 222-230

#### **Normalización - el elemento unificador**

Kearsey, B.N.; Etesse, L.

La normalización está considerada como un elemento estratégico importante para la evolución y definición de las telecomunicaciones mundiales más allá del año 2000. Las normas suministran la "unión" para reunir avances armoniosos en la tecnología y en los evolucionados mercados del cambiante mundo impuesto por la desregulación, la liberalización y la globalización.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 231-240

#### **2005: Una visión de la red del futuro**

Van Landegem, T.; De Prycker, M.; Van den Brande, F.

La telecomunicación ya no es un negocio únicamente de los operadores de telecomunicaciones establecidos: operadoras de TV por cable y compañías de servicios entrarán en la oferta de servicios de telecomunicación si se lo permiten los reguladores. Los operadores de telecomunicaciones establecidos modernizan sus redes para atraer nuevos servicios y negocios. Dentro de éste competitivo negocio, los suministradores de equipos de telecomunicación tienen que perfilarse ellos mismos como integradores de red ayudando a sus clientes a unir sus redes. Factores de mercado apuntan hacia un incremento de las necesidades de telecomunicación para vídeo y servicio de datos. Nuevas aplicaciones tales como la comunicación multimedia y el incremento de la movilidad del usuario están poniendo severos requisitos a la red. Considerando estas tendencias, el artículo describe las principales características de la red del año 2005, red basada en la técnica ATM.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 241-250

#### **Transmisión a velocidad ultra-elevada para el siglo XXI**

Chesnoy, J.; Clesca, B.; Heidemann, R.; Wedding, B.

La evolución de las comunicaciones de datos, las comunicaciones móviles y el VoD está demandando sistemas de transmisión de mayores capacidades. La red de fibra óptica ya se está desplegando en gran medida y se encontrarán caminos para superar las limitaciones de atenuación, dispersión cromática y dispersión del modo de polarización para logra velocidades de ultra elevada velocidad. El artículo muestra los nuevos métodos de transmisión, que incluyen las técnicas de multiplexación por división de longitud de onda y de tiempo y los solitones.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 251-259

#### **Hacia una conectividad óptica total**

Boettle, D.; Eilenberger, G.; Fioretti, A.; Masetti, F.; Sotom, M.

La óptica promete una red menos jerárquica y mas plana con la ventaja operativa de una estructura simplificada y de una carga administrativa reducida. La óptica permite crear redes de transporte ópticas transparentes enmascarando la heterogeneidad de las entidades transportadas a los usuarios y a los operadores. La transparencia, en particular, puede ser el factor que posibilite un nuevo enfoque radicalmente nuevo y más sencillo. Un resumen de la perspectiva de red prevista para el año 2010 revela particiones de la red transparentes, en donde flujos de multigigabit/s multiplexados en longitud de onda se enrutan a través de nodos ópticos para establecer caminos semipermanentes. Una novedosa infraestructura distribuida de conmutación basada en paquetes es por tanto necesaria para resolver la disparidad de granularidad entre la red central y la red de acceso al abonado. Por ello, la multiplexación por división del espacio y de longitud de onda se explotan para proporcionar un primer nivel de caminos ópticos como recursos universales del transporte. Los caminos ópticos virtuales se empaquetan en caminos ópticos transparentes.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 260-267

#### **TINA: una arquitectura software para servicios de telecomunicación**

Lapierre, M.; Mercourouff, N.; Pavón, J.; Horrer, M.; Singer, N.

Alcatel es miembro de TINA-C, consorcio de operadores y suministradores de telecomunicaciones e informática para proveer a la red de acceso y a los servicios de gestión con una arquitectura software flexible, iniciado en 1993 para un periodo de cinco años. Su objetivo es soportar la introducción rápida y flexible de los nuevos servicios usando técnicas de computación distribuida y orientadas a objetos. Una de las claves es separar los segmentos de "entrega" y "servicio", lo que se corresponde con una separación entre gestiones de "conexión" y de "sesión". Un gran avance de este método es integrar la gestión y el control dentro de cada servicio. El TMN ya no es una parte separada de la arquitectura. Este artículo describe la arquitectura propuesta y resalta el interés de Alcatel en TINA.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 268-274

#### **El futuro de las comunicaciones móviles: interoperatividad y/o convergencia**

Bursztejn, J.

Las comunicaciones móviles es uno de los segmentos en alza del mercado de las telecomunicaciones. Los sistemas móviles actuales, que previsiblemente se saturarán a finales de siglo, han experimentado una intensa investigación y un desarrollo importante hacia una nueva generación de móviles - UMTS - en el que la "S" se refiere a Sistema(s); ¿o debería referirse a Servicios o a Equipo(s) (portátil(es))?. El artículo analiza las principales causas que han conducido a la explosiva y reciente oferta de un gran número de servicios a través de numerosos sistemas en el campo de las comunicaciones móviles. Se aproxima a muchas cuestiones relacionadas con las tendencias futuras, considerando cuestiones tecnológicas, de mercado, económicas y políticas. Finalmente, se concluye que la interoperatividad más que la convergencia, es el factor clave para los sistemas móviles en un futuro inmediato.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 241-251

**Ultrahigh bit rate transmission for the years 2000**

Chesnoy, J.; Clesca, B.; Heidemann, R.; Wedding, B.

The evolution of data communications, mobile communications and VOD is demanding higher capacity transmission systems. The optical fibre network has already seen tremendous deployment and ways must be found to overcome the physical limitations of attenuation, chromatic dispersion and polarization mode dispersion to achieve ultrahigh bit rates. The article discusses new transmission schemes, including time and wavelength division multiplexing techniques and the soliton effect.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 252-261

**Towards all-optical networking**

Boettle, D.; Eilenberger, G.; Fioretti, A.; Masetti, F.; Sotom, M.

The promise of optics is a flatter, less hierarchical network giving operational advantages of simplified structure and reduced administrative load. Optics can offer optical transparent transport networks that mask the heterogeneity of the transported entities to users as well as to operator(s). A network outline for the year 2010 reveals transparent network partitions, where wavelength multiplexed multi-Gbit/s streams are routed through optical nodes to establish semi-permanent paths. A novel, distributed, packet-based switching infrastructure is then needed to bridge the granularity disparity between customer access and core network. Wavelength and space-division multiplexing provide a first level of transparent optical paths as universal transport. Optical virtual paths are bundled into transparent optical paths.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 262-269

**TINA - a software architecture for telecommunication services**

Lapierre, M.; Mercouroff, N.; Pavón, J.; Horrer, M.; Singer, N.

Alcatel is a core member of TINA-C, a consortium of operators, and telecommunication and computer vendors, started in 1993 for a five year period. The object is to support rapid and flexible introduction of new services by use of distributed computing and object oriented techniques in current network architectures. A key idea is the separation between "delivery" and "service" segments, which map into a separation between "connection" and "session" management. A major enhancement of this approach is integration of management and control within each service: TMN is no more a separated part of the architecture. This article describes the proposed architecture and outlines Alcatel's interest in TINA.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 270-276

**The future of mobile communications: interoperability and/or convergence**

Bursztejn, J.

Mobile communications is one of the booming market segments in telecommunications. The current mobile systems, which are expected to saturate around the turn of the century, have fuelled an intense research and development effort towards a new generation mobiles-UMT"S" where "S" stands for System(s); or should it stand for Services or (hand)Set(s)? This paper analyzes the driving forces which have directed the recent explosive offer of a number of services through numerous systems in the field of mobile communications. It proposes an approach to many questions related to future trends by considering technological, marketing, economic and political issues. Finally, it concludes that interoperability rather than convergence is the key factor for mobile systems in the near future.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 212-221

**Evolution of core technologies for telecommunications**

Ohnsorge, H.; Eisele, H.; Hildebrand, O; Lösch, K.; Stahl, B.

The enormous progress of telecommunication networks and services has been, and still is, based on **core technologies** such as microelectronics, optoelectronics, fibre optics, transmission techniques (OTDM, WDM...) and assembly technologies, which all need high quality materials and process technologies. Signal processing (speech and video) are key technologies for economical transmission and all telecom services are using a huge amount of software in the networks, in the concerned databases (e.g. in switching systems, cross connects, intelligent networks and telecom management) and in end-user terminals (e.g. for multimedia teleoperation). So software technology is becoming step by step the most important technology for telecommunication.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 222-230

**Standardization - the uniting factor**

Kearsey, B.N.; Etesse, L.

Standardization is considered to be an important strategic element in the evolution and definition of global telecommunications beyond the year 2000. Standards provide the "glue" for bringing together harmoniously advances in technology and evolving markets in a world of change imposed by deregulation, liberalization and globalization.

Electrical Communication 3rd Quarter 1994, pp. 231-240

**2005 - a vision of the network of the future**

De Prycker, M.; Van Landegem, T.; Van den Brande, F.

Telecommunication is no longer solely the business of the established telecom operators: cable TV operators and utility companies will offer telecom services if allowed to do so by the regulator. Established telecom operators modernize their networks to attract new services and new business. Within this competitive business, telecom equipment suppliers have to profile themselves as network integrators for their customers. Market factors point towards an increase in telecommunication needs for both video and data services. New applications such as multimedia communication and increase in user mobility are putting severe requirements on the network. Given these trends, the article envisages a global network for the year 2005, based on the ATM technique.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 275-280

**Evolución de la tecnología de cables y fibras ópticas**

Carrat, M.; Jocteur, R.; Dumas, J.P.

Las tecnologías de fabricación de las fibras y cables ópticos están guiadas principalmente por los costes de fabricación y las nuevas exigencias técnicas del mercado. La llegada de los sistemas de transmisión a larga distancia ha realzado las características de transmisión de la fibra óptica. Los desarrollos intensivos de los cables y de las fibras ópticas han permitido conseguir precios absolutamente competitivos respecto a los sistemas que utilizan cables coaxiales. La evolución vinculada a los sistemas de distribución ha contribuido a que se tengan en cuenta nuevas exigencias de cables de gran densidad de fibras y de producción masiva. El concepto de integración fibra-cable-sistema da lugar en la actualidad a la aparición de nuevos conceptos de fibras y cables ópticos.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 290-296

**Integración de satélites en las redes de banda ancha**

Louvet, B.; Chellingsworth, S.

Al tiempo que el desarrollo y la expansión de redes localizadas de banda ancha en Europa va acelerando el paso, se va convirtiendo en una necesidad el disponer de conexiones a través de redes de banda ancha internacionales. Los sistemas por satélite actuales tienen características que les hacen adecuados para satisfacer esta necesidad. En la primera parte de este artículo se especifica el diseño de un sistema por satélite dedicado a la interconexión de redes de banda ancha. A continuación se describe el ejemplo del sistema CATALYST, que forma parte de una iniciativa de RACE II, conjuntamente con las características de los experimentos realizados hasta el momento de esta publicación. Finalmente se señalan las posibles vías de progreso que permitirán a los sistemas por satélite de futuro complementar por entero las redes ópticas terrestres.

Comunicaciones Eléctricas, 3er Trimestre 1994, págs. 281-289

**Evolución de las comunicaciones de video interactivo**

Calvet, J.D.; Treves, S.R.; Verbiest, W.

Este artículo describe la evolución de los servicios de distribución de video analógicos hacia servicios multimedia interactivos y los diferentes elementos de una arquitectura global de video. Los autores analizan también el uso de la tecnología ATM y la familia de sistemas de accesos complementarios que están siendo desarrollados. Puesto que Alcatel ha reconocido la gran importancia del campo del video que representa un factor decisivo en la extensa aceptación de los servicios de banda ancha, los elementos claves de la estrategia del Grupo son: gran inversión en I+D, continua investigación en tecnologías claves y activa participación en la definición de estándares industriales.

**Satellite integration into broadband networks**

Louvet, B.

As the development and expansion of localized broadband networks in Europe gains pace, the early availability of interconnections through broadband international networks is an increasing need. Today's satellite systems possess features which are well-suited to meet this demand. The design of a satellite system dedicated to the interconnection of broadband networks is first specified in this article. The example of the CATALYST system, part of the RACE II initiative, is then described together with features of the experiments performed at the time of publication. The possible technology progress that would permit future satellite systems to fully complement terrestrial optical networks is then outlined.

**Evolution of optical fibre and cable technologies**

Jocteur, R.; Dumas, J.-P.; Carratt, M.

Production technologies of optical fibres and optical fibre cables are principally guided by production costs and new technical constraints imposed by the market. The arrival of long distance transmission systems shifted the emphasis to the transmission characteristics of optical fibres. Intensive development of cables and optical fibres has made possible prices which are perfectly competitive with those of systems using coaxial cables. As a result of the evolution linked to distribution systems, new constraints imposed on mass produced cables with high fibre density have to be taken into consideration. The concept of fibre-cable-system integration is currently giving birth to new concepts for optical fibres and optical fibre cables.

**Interactive videocommunication evolution**

Calvet, J.D.; Treves, S.R.; Verbiest, W.

This article describes the evolution of analog broadcast video services towards interactive multimedia services and the different elements of a global video architecture. The authors discuss also the use of the ATM technology and the family of complementary access systems being developed. Since Alcatel has recognized the high importance of the video domain which represents a decisive factor in the widespread acceptance of broadband services, large R&D investment, continuous research on key technologies and active participation in the definition of industry standards are key elements of the group's strategy.