

La Red del siglo XXI: convergencia de las Redes Eléctrica y de Telecomunicaciones



José Morales Barroso

Ingeniero Electromecánico del ICAI (1975) y Doctor Ingeniero Industrial por la UPCO (1989). Socio-Director de L&M Data Communications. Miembro de la Academia de Ciencias de Nueva York y del IEEE, donde participa en el Comité LAN MAN P802.3 para la Normalización de Ethernet. Lleva impartidos más de 900 cursos sobre tecnologías de comunicaciones y redes.

Cuando contemplo las infraestructuras para la transmisión de energía eléctrica no puedo evitar pensar, dada mi experiencia en ambos campos, en la excepcional ventaja que supondría que los Servicios de Telecomunicaciones se integrasen con la Red Eléctrica de Potencia. La evolución de la tecnología hace que esta hipótesis no sólo sea posible, sino también deseable. La sinergia entre ambas es tan evidente que me cuesta pensar que nadie hasta este momento haya hecho esta propuesta, que sería el fundamento de una verdadera revolución de la Sociedad de la Información.

El primer hecho destacable es que ambas son redes para la transmisión de energía, en un caso de potencia y en el otro de información. Ambas siguen las Leyes de Maxwell, pues los fundamentos teóricos en los que se basa una línea de alta tensión son los mismos que rigen las comunicaciones sobre las fibras ópticas, los cables de datos de cobre o los sistemas PLC. Lo que en un caso son vatios hora, en el otro son bits/segundo. Las torres del tendido eléctrico ya llevan actualmente fibras ópticas, que se podrían ampliar con enorme facilidad, siendo muy sencillo llegar hasta los contadores, que se convertirían, a su vez, en el equipo que ofreciese el acceso de telecomunicaciones. Como ventaja adicional, uno de los grandes problemas de los sistemas de telecomunicaciones, que es llevar la energía eléctrica a los nodos de red, desaparecería.

Para que esto sea posible, es necesario utilizar una nueva tecnología de red, sin las

complicaciones de los sistemas clásicos de la red telefónica o de las redes IP. Esta es precisamente la propuesta del sistema UETS [1], que abre, sin lugar a dudas, nuevas oportunidades de negocio que compensen el declive de la telefonía fija, que en un futuro no muy lejano será totalmente gratuita. Los usuarios podrán disfrutar de servicios mucho más económicos, sencillos de utilizar y de una gran riqueza de contenido. A su vez, los costes podrán disminuir drásticamente, pues por hacer una analogía, es como si estuviésemos utilizando todo el agua que consumimos embotellada y ahora pudiéramos el agua corriente en las casas. ¿Cuánto cuesta medio litro de agua en una botella de plástico respecto a medio litro cogido del grifo?

UETS: la Red del siglo XXI

El sistema UETS¹ es una propuesta para la convergencia de los ordenadores, la Red Telefónica, Internet y la Banda Ancha en una sola Red extremadamente sencilla, austera en el consumo de recursos y de muy alta velocidad, que hace posible, entre muchas otras cosas, comunicación multimedia, acceso a información, contenidos para el ocio y entretenimiento, gestión remota de diversos elementos del hogar y para el ahorro de energía, etc. que a su vez pueden ser integrados perfectamente en las infraestructuras de la Red Eléctrica (ver Figura 1).

⁽¹⁾ La descripción completa del servicio está disponible on-line en: <http://www.LMdata.es/uets.htm>

Un breve repaso a la historia nos demostrará que UETS es el siguiente paso en la evolución natural de las tecnologías de la información y las comunicaciones:

- Los ordenadores de la **Primera Generación** (1937-1953) eran enormes “dinosaurios” encerrados en grandes salas sin comunicación con el exterior y que consumían cantidades ingentes de energía.
- En la **Segunda Generación** (1953-1965) el transistor sustituyó a las válvulas, lo que supuso una drástica disminución de consumo y permitió el desarrollo de la comunicación con los periféricos: unidades de discos, cintas, impresoras, lectoras/perforadoras de tarjetas.
- La **Tercera Generación** (1965-1974) utilizaba circuitos de bajo nivel de integración, que permitieron el desarrollo de las comunicaciones remotas a través de la Red telefónica con módem.
- En la **Cuarta Generación** (1974-1984) se comienza a utilizar circuitos de alto nivel de integración que hacen posible el desarrollo de las redes de ordenadores, en las que se conectaban terminales “tontos” a los ordenadores centrales.

A partir de aquí, la evolución no viene marcada por el ordenador sino por la Red.

- En primer lugar tenemos las **Redes de Área Local** (1984-1994) para la interconexión de ordenadores personales dentro de los edificios.
- A continuación, **Internet** (1994-2004) permite la interconexión de ordenadores de todas clases en remoto. Es importante recalcar que lo que permite conectar son ordenadores, no terminales.
- Ahora, con **UETS** (2004-2014), en lugar de “Redes de Ordenadores”, lo que tenemos es el “Ordenador en Red” [2]. La máquina se desintegra a través de la Red, en la que un conjunto de dispositivos de todo tipo se interconectan a través de enlaces de muy alta velocidad, aplicando a la vez mecanismos inteligentes de control de potencia para minimizar el consumo de energía (ver Figura 2). De este modo, los usuarios ya no necesitan un ordenador, lo que utilizarán es un terminal del “ordenador en Red.” Esta es una diferencia importante respecto a la actual Internet.

Figura 1. La red del siglo XXI

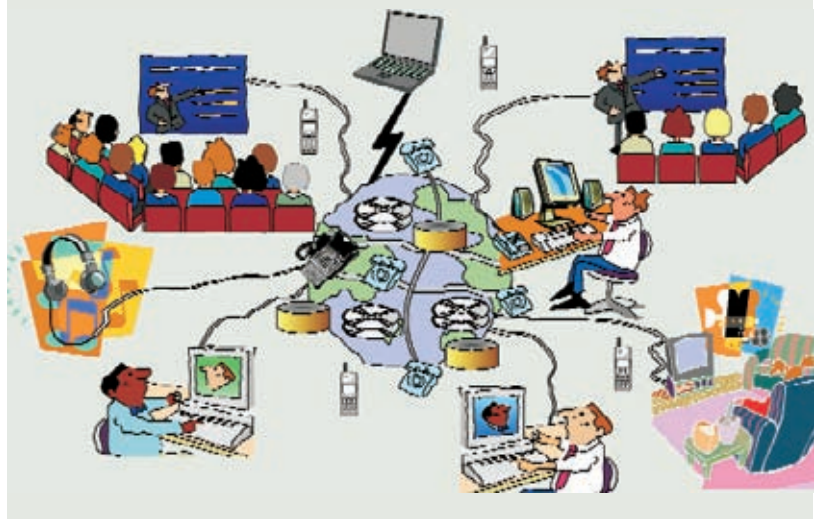
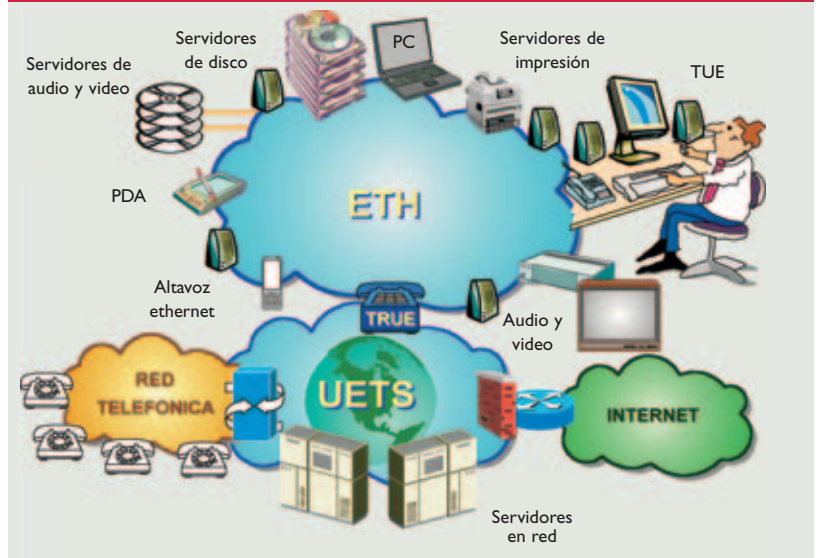


Figura 2. El ordenador del futuro



Análisis de situación

Según describe Andrew S. Grove, fundador de Intel, en su libro *Only the Paranoid Survive*, nos encontramos en un “punto de inflexión estratégico”, momento en la vida de un negocio en el que sus fundamentos están a punto de cambiar: la estructura del balance de fuerzas, la forma de hacer negocios y el modo de competir de la industria,... y entonces es necesario cambiar las estrategias. Es realmente difícil para los que han tenido éxito en sus negocios adaptarse a una estructura totalmente distinta, y el primero en moverse, y sólo el primero, tiene la verdadera oportunidad de ganar tiempo frente a sus competidores. Por ello, hay que actuar cuando la inercia del negocio todavía es fuerte y,

bajo ninguna circunstancia, se debe nunca "matar al mensajero"... ni caer en el síndrome del "muy-poco-muy-tarde". Esta es la situación actual del negocio de las telecomunicaciones.

En este contexto, nos podemos preguntar cómo va a ser el futuro. Parece que el futuro está en los servicios y los contenidos, pues la oferta de líneas y conexiones del tipo ADSL no puede compensar la rápida erosión de los ingresos por telefonía convencional, por lo que para las operadoras es imperativo el "triple play" (voz+datos+vídeo). Lo que ocurre es que una cosa son los deseos y otra muy distinta las realidades. Todos dicen que el futuro es IP, pero si el teléfono (VoIP) es gratis y más ancho de banda vale más barato... ¿dónde está el dinero?

La realidad de la situación es que el actual Internet, basado en el protocolo IP (v4/v6) de nivel 3, tiene graves problemas de escalabilidad. Mientras que ya son de uso común los sistemas de Red a 10 Gbps y se han hecho pruebas satisfactorias a 100 Gbps, los servidores con TCP/IP sólo llegan a 1 Gbps [3], pues la velocidad de las redes (Ethernet) aumenta mucho más rápido que la de los procesadores y las memorias (TCP/IP) según se describe en la Figura 3. Por otra parte, el "triple play" requiere calidad de servicio, pero no se consigue que los sistemas actuales funcionen cuando el número de usuarios es elevado [4].

En lo que se refiere a la adopción de la Banda Ancha, Michael Greeson, presidente del Diffusion Group, hizo una exposición el 24 de mayo de 2005 que describe de manera concisa y brillante la situación actual: *Mientras que la adopción global de la Banda Ancha continúa creciendo a un ritmo rápido, la adopción de la Red para el hogar digital no avanza debido a una combinación de la poca familiaridad del consumidor con la tecnología y la falta*

de empuje tecnológico por parte de los fabricantes, gobiernos y proveedores de servicio.

Los proveedores de servicios de Banda Ancha están ahora mirando "más allá del módem" para encontrar nuevas fuentes de ingresos, y las redes caseras son una clave fundamental de sus estrategias para dominar los puntos de control emergentes de los hogares digitales y fijar así sus ingresos y sus beneficios. Esto es especialmente cierto para los mercados de Banda Ancha de los consumidores europeos y asiáticos.

Aspectos básicos de la Red

La solución propuesta puede resumirse en un conjunto de características que la hacen particularmente atractiva:

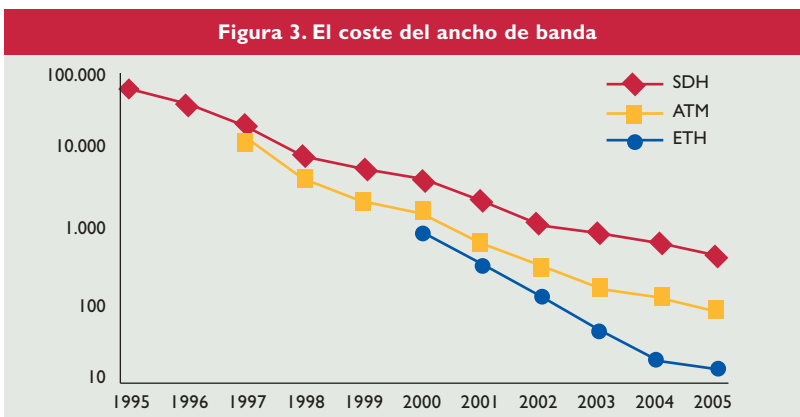
Vocación de universalidad y reutilización de infraestructuras.

Es decir, se utiliza lo que existe, pero de manera diferente, siendo así posible reutilizar todas las infraestructuras actuales, por lo que no es necesario construir una nueva red. Por otra parte, no son necesarias nuevas iniciativas I+D, pues solamente requiere adaptar, con un coste mínimo, dispositivos universalmente implantados, sin necesidad de nuevos procesos de fabricación, al emplear técnicas muy probadas y en plena explotación. Se reduce el número de tecnologías a una, pues es "todo Ethernet" la tecnología existente más sencilla y económica, que permite reducir los costes, como mínimo, un orden de magnitud respecto a otros sistemas empleados en la actualidad (ver Figura 3). Es muy eficiente al tener una mínima sobrecarga de protocolo, pudiéndose aplicar tanto en la Red Local (LAN) como en el acceso a las redes de telecomunicaciones (EFM) y en la Red Metropolitana (MAN).

Gran ancho de banda, velocidad simétrica y calidad de servicio.

Ofrece un servicio de gran ancho de banda simétrico, desde 2 Mbps hasta 1 Gbps, lo que permite las aplicaciones avanzadas en Red. Al disminuir la complejidad, simplifica la gestión de la Red y aumenta la fiabilidad. Utiliza mecanismos de conmutación "telefónica" en el nivel físico que hace posibles muy altas velocidades con mínima latencia. Esto supone una técnica clásica de circuitos, pero en modo paquetes, sin necesidad de señalización, bridging o routing. Emplea para el control el protocolo LLC/HDLC, cuya eficiencia para el control de flujo y congestión (QoS),

Figura 3. El coste del ancho de banda



gracias a sus mecanismos efectivos basados en procedimientos de enlace está suficientemente demostrada. Por otra parte, este mecanismo ofrece conexiones seguras de Red Privada Virtual "VPN" de modo análogo a las redes de circuitos virtuales X.25, FRL Y ATM.

Red basada en estándares y tecnologías existentes.

Todo el sistema está basado en estándares IEEE 802, 802.2 y 802.3, aprobados y publicados. Hace posible, así, una implantación gradual y evolución con la mínima inversión y sin riesgos.

El nuevo concepto de conmutador supone por sí mismo una revolución en la tecnología de redes de comunicaciones. Utiliza internamente las técnicas que se emplean en los conmutadores comerciales actuales, opera en modo datagramas, como IP, y utiliza el encapsulado y el direccionamiento 802.3. Su estructura de direcciones hace imposible la falsificación de éstas, pues vienen definidas por la conexión física al conmutador; lo que evita los riesgos típicos del IP. También incorpora las funciones de alimentación remota de terminales y el control de potencia para ahorro de energía.

Aplicación en el ámbito profesional y para el hogar digital.

Los servicios de información son fácilmente implantables desde las grandes organizaciones a las PYMES y al ámbito residencial, incorporando la redefinición del concepto del ordenador personal. Se hace así posible una oferta atractiva y real de contenidos y servicios, con aplicaciones que susciten un verdadero interés: voz, telefonía y videoconferencia; vídeo y audio bajo demanda; ofimática personal en Red, con salvaguarda local o remota; aplicaciones de empresa en Red, con gestión centralizada. El pago podría ser razonable, facturando por servicios, no por "paquete" y gestionado de forma centralizada por los proveedores. Esto aporta una ventaja fundamental: la transparencia y reducción del fraude, con el pago de licencias sobre programas y contenidos, así como la preservación de los derechos de autor (ver Figura 4).

En el "hogar digital" se resuelve la problemática de la interfaz de usuario, permitiendo la conexión de "electrodomésticos" y "terminales" de manejo sencillo, asequibles a cualquiera, para el acceso a servicios accesibles (y apreciados) por la ciudadanía. Éstos pueden pasar del PC doméstico a la Red, aunque

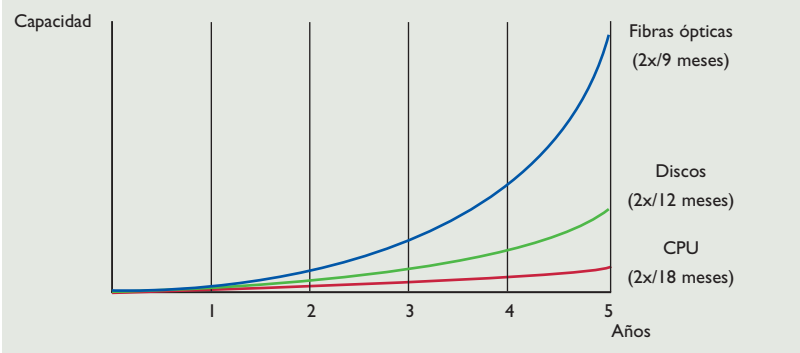
los que quieran pueden seguir usando los ordenadores personales. Se abre también la vía de futuro de la domótica desde la Red, con el control remoto integrado de los dispositivos del hogar; lo que sería especialmente beneficioso con el modelo de servicios ofrecidos por la operadora eléctrica.

Compatibilidad con el mundo IP de Internet.

Uno de los mayores inconvenientes para el desarrollo de la Sociedad de la Información se debe a la necesidad de utilizar ordenadores personales para la conexión a la Red. Para que ésta llegue a todos los ciudadanos es imprescindible cambiar radicalmente el modelo actual, permitiendo que el acceso a Internet se pueda hacer a través, no sólo de los ordenadores personales, sino también desde terminales inteligentes con conexión a los servidores de la Red. Ésta es precisamente la solución que aporta UETS para las estaciones de trabajo de los usuarios, que serían simples pantallas con teclado y ratón con un sencillo supervisor.

La total coexistencia e interrelación funcional con IP hacen al sistema compatible con las aplicaciones y los servicios existentes de Internet, incluida la VoIP, lo que supone una gran simplificación en la universalización del servicio. Es, por otra parte, una alternativa de verdadero futuro al mundo IP, pues resuelve sus principales limitaciones. Esto hace que se pueda considerar como la mejor opción a largo plazo, con capacidad para una sola Red universal en la que el número posible de direcciones garantizan plenamente el futuro, permitiendo conectividad desde cualquier lugar del mundo. El terminal puede ser del tipo "PC" (ordenador) o "electrodoméstico" (terminal), en ambos casos con interfaces de usuario altamente simplificados.

Figura 4. Tasas de aumento de capacidad: procesadores, discos y fibras ópticas



Seguridad intrínseca, clave para el futuro.

El sistema de conmutación está basado en la dirección MAC local, similar a la numeración de las redes de telefonía fija. El número depende de la central, por lo que es imposible de falsificar desde el terminal. Es decir, la seguridad se garantiza a través de la Red, no desde el propio dispositivo, fácilmente suplantable en IP, siendo esta la causa principal de inseguridad de la actual Internet.

Ahorro energético y protección del medio ambiente

Este punto requiere un apartado especificado dada su importancia. Existen tres aspectos a reseñar en relación con el ahorro de energía y la protección del medio ambiente relacionados con el UETS. En primer lugar, las enormes posibilidades de ahorro del sistema de control de potencia para todos los equipos de Red. En segundo lugar, el ahorro de energía gracias al control de los dispositivos eléctricos a través de la Red. En este punto la principal ventaja no es sólo el ahorro de energía sino también la adaptación del consumo a la producción, lo que evitaría grandes inversiones en nuevas centrales y el riesgo de "apagones." En tercer lugar, ("last, but not least") me gustaría destacar una idea fundamental: en nuestra sociedad actual, la única posibilidad real para el ahorro de energía y la protección del medio ambiente reside en sustituir, literalmente, las "Autopistas de Asfalto" por las "Autopistas de Información". El sistema UETS es la única solución que se puede implantar inmediatamente para ofrecer la capacidad de Red que requieren las aplicaciones avanzadas que harían posible pasar de la actual "Sociedad de la Automoción" a la "Sociedad de la Información".

La aplicación de estas tecnologías es una necesidad. Las comunicaciones son la clave fundamental para el ahorro de energía y a la preservación del medio ambiente. La inmensa mayoría de la población de los países como el nuestro, en los que "disfrutamos" de un alto nivel de vida, y que somos una parte pequeña del total de los habitantes del planeta, no somos conscientes de las razones por la que vivimos "tan bien". Muy pocos son capaces de comprender que nuestro "status" se debe al consumo, o más bien despilfarro, de materias primas, especialmente los combustibles fósiles y en particular el petróleo. Vivimos en una especie de espejismo, pen-

sando en "logros" de los más diversos tipos (sociales, tecnológicos, políticos,...) cuando la verdadera realidad es muy distinta: estamos consumiendo de forma desaforada e injustificable los recursos del planeta, y a la vez destruyendo nuestro medio ambiente.

El sistema UETS puede aplicarse de forma muy ventajosa para sistemas de optimización del uso de la energía eléctrica. Mediante la interfaz PLC, que permite conectar dispositivos a través de los cables eléctricos en la Red del usuario y añadiendo las funciones de terminal a los electrodomésticos, éstos se podrían controlar desde la compañía eléctrica de manera que se activasen y desactivasen en función de la situación de carga de la red de suministro de energía, haciendo, por ejemplo, que si se diese una punta durante el verano, los sistemas de aire acondicionado aumentasen la temperatura de consigna y así disminuyesen su consumo, las lavadoras y lavaplatos podrían activarse en las horas de consumo de valle de una manera ordenada y así muchos otros dispositivos, lo que repercutiría a su vez muy favorablemente en la factura del usuario y en el aprovechamiento de las centrales de generación y la red de transporte de las compañías eléctricas.

Una aplicación óptima sería la conexión a la red eléctrica de los coches híbridos, de los que es un paradigma el Toyota Prius, que tiene un motor de combustible que trabaja en el punto de máximo rendimiento y genera electricidad, motores eléctricos para tracción y baterías de almacenamiento de energía. Mediante conexiones PLC al terminador de acceso a la Red Universal de Servicios de Telecomunicaciones Ethernet del dispositivo de gestión de carga de las baterías sería posible una gestión inteligente para optimización energética. Cuando la red tuviese exceso de potencia, en valles de consumo o debido a los sistemas de energía renovable como paneles solares o aerogeneradores, la energía excedente de la red eléctrica se dedicaría a cargar las baterías de los vehículos híbridos, mientras que en los picos de consumo se podría tomar energía de las baterías, recuperando la carga en el vehículo posteriormente con el motor de combustible. Incluso podría plantearse la puesta en marcha del motor de gasolina a coche parado en momentos críticos de consumo como apoyo a la generación convencional. Teniendo en cuenta que los coches híbridos son mucho más eficientes que los de motor de combustible, este sistema sería enormemente beneficioso des-

de el punto de vista energético y medioambiental. Como idea adicional, los vehículos híbridos deberían tener toda la superficie que lo permitiera cubierta de células solares para cargar las baterías o entregar energía a la red eléctrica. La superficie de generación fotovoltaica, teniendo en cuenta los millones de coches que existen, sería impresionante y no supondría ningún problema al no ocupar ningún espacio adicional.

Conclusiones

La rápida evolución de las tecnologías de la información y la comunicación está generando un aumento continuo de la complejidad, uno de cuyos resultados es la disminución de la productividad y por ello de la competitividad de nuestro sistema productivo. Por otra parte, esa complejidad está limitando el desarrollo de la Sociedad de la Información, cuyos beneficios para la población son evidentes. Precisamente, el sistema UETS rompe radicalmente con la complejidad, permitiendo así, debido a su sencillez la convergencia de las Redes Eléctrica y de Telecomunicaciones. Ésta podría ser la semilla de nuevas aplicaciones y servicios en Red que harían posible el tránsito desde la "Sociedad del Consumo y la Automoción" a la "Sociedad del Conocimiento y la Información".

El modelo UETS ha recibido el reconocimiento de los principales foros internacionales, que lo han calificado de "radical idea". Su extraordinaria sencillez conceptual y el estar basado en sistemas existentes en la actualidad, aunque éstos se utilicen de un modo distinto, hace posible verificar sus capacidades sin necesidad de complejos desarrollos. Un proyecto como éste nos pondría en una situación privilegiada desde el punto de vista de innovación tecnológica, en línea con los objetivos prioritarios de la Unión Europea para crear un "Espacio Europeo de Investigación que compita con EE.UU. y Japón".

España lideró durante la década de 1970 los principales avances en tecnología de redes, siendo especialmente ilustrativos en este sentido los dos hitos siguientes:

- **1971:** RSAN. La primera red de servicio público de conmutación de paquetes del mundo. Desarrollada en su totalidad por Telefónica con técnicos españoles. Esta tuvo continuidad con los conmutadores TESYS para la red IBERPAC/X.25.
- **1976:** INFONET, la primera red de servicios de valor añadido, pone en marcha el centro europeo en Madrid.

Ahora tenemos la oportunidad de retomar el liderazgo en la tecnología de redes con un modelo de servicios para la evolución a la Red del siglo XXI, así como una propuesta con fundamentos tecnológicos sólidos para poder desarrollar el modelo. La inversión en este tipo de investigación resulta enormemente rentable para la innovación y el desarrollo tecnológico. Del triángulo de la red original de ARPANET surgieron las tecnologías y las empresas que han dado lugar a las actuales redes basadas en IP: a partir del desarrollo del **TCP/IP** como protocolo de ARPANET, financiado por el gobierno norteamericano, se desarrolló también **Ethernet** a partir de los IMPs de ARPANET y se crearon las principales empresas por los estudiantes de las universidades que participaron en el proyecto: Cisco, 3Com, Sun microsystems, Novell, etc. Por otra parte, existe lo que podemos denominar como un "liderazgo natural": Estados Unidos ha sido motor tecnológico durante todo el siglo XX; Japón y Canadá en los desarrollos de fibras ópticas; China y Corea en fabricación; la India en software y España tiene el conocimiento y la capacidad para la tecnología de las redes.

Hoy nos encontramos en un claro "punto de inflexión" y se nos abre la oportunidad de convertirnos en un motor tecnológico. En España no tenemos posibilidad de competir en la fabricación de chips, ni en investigación y desarrollo de microelectrónica. Sin embargo nos encontramos en una situación óptima para la innovación y el desarrollo de las tecnologías para la Red del siglo XXI. Tenemos el modelo, las personas y la capacidad para hacer algo realmente provechoso. Sólo queda una decisión política para iniciar el camino. ¿Aprovecharemos esta oportunidad? ■

Referencias

- [1] Morales Barroso, José: "UETS Universal Ethernet Telecommunications Service", *Anales de Mecánica y Electricidad*, enero-febrero de 2005, pp. 48-54.
- [2] Morales Barroso, José: "From Computer Networks to the Computer on Net," *IEEE Communications Magazine / Global Communications Newsletter*, octubre de 2005, pp. 2-4.
- [3] Greg Regnier y colaboradores: "TCP Onloading for Data Center Servers", *Computer*, noviembre de 2004, pp. 48-58.
- [4] Cherry, Steven: "Ethernet's High-Wire Act", *IEEE Spectrum*, abril de 2005, pp. 53-55.

EL LIBRO

**LA RED INTELIGENTE:
AHORRO ENERGÉTICO Y TELECOMUNICACIONES**

**CONVERGENCIA DE LAS REDES TELEMÁTICAS CON LA
RED ELÉCTRICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE**



Puede descargarse gratuitamente en:

<http://www.LMdata.es/uets/mma/ethf-mma-ebook.pdf>