



LAS TELECOMUNICACIONES FOTÓNICAS HACEN POSIBLE SUPER-INTERNET

Juan P. Torres, Lluís Torner, David Artigas y María C. Santos

*Laboratori de Fotònica, Dep. de Teoria del Senyal i Comunicacions
E.T.S. Enginyeria de Telecomunicacions (UPC)*

Las sociedades, como los organismos vivos, evolucionan en respuesta a retos y oportunidades. La investigación científica y el desarrollo tecnológico han sido fuentes de cambios dramáticos a lo largo de la historia. A veces, nuevas ideas han modificado nuestra percepción del mundo y de nosotros mismos, como las teorías heliocéntricas de Copérnico y Galileo. En otras ocasiones, nuevos descubrimientos han generado una inesperada revolución tecnológica, como en el caso de la invención del transistor en 1947 y su tremendo impacto en el desarrollo de la Electrónica.

Las Telecomunicaciones nacieron hace más de 150 años, con la invención del telégrafo en los años 1830-40. El continuo desarrollo que han experimentado desde entonces, ofreciendo cada vez mayor capacidad de transmisión y mayor facilidad para su uso, ha revolucionado muchos aspectos de nuestra sociedad: valores sociales, conductas y relaciones de trabajo. Pero es ahora, a finales del siglo XX, cuando la importancia de las comunicaciones parece hacerse omnipresente en todas y cada una las facetas de nuestra vida: la organización del trabajo y de las empresas, y las diversas formas de ocio. Se han acuñado diversos términos para describir esta nueva Sociedad, tales como la Nueva Economía, la Era Digital, la Aldea Global, la Edad de la Información y la Cibersociedad. Aunque con diferentes matices, todos estos términos se refieren a una nueva Sociedad profundamente dependiente de las Tecnologías de la Información. La relación entre las industrias dependientes de estas tecnologías y el crecimiento económico de la década de los 90, es similar a la relación que hubo en los años 20 entre las tecnologías del momento, el automóvil y la radio, y el vigoroso crecimiento económico de esa década.

ARPANET, INTERNET, SUPER-INTERNET

Uno de los paradigmas fundamentales de la Nueva Economía es Internet. A principios de los años 70, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos diseñó y desarrolló un sistema eficiente de conectar ordenadores entre sí. Así nació la red

Arpanet. A finales de esa década, surgió de manera natural la idea de crear una red de redes, Internet, que conectara diversas redes entre sí. Internet se está convirtiendo en poco tiempo en uno de los elementos que más está contribuyendo a crear un nuevo marco económico y social, y en las próximas décadas, transformará la forma del gobierno, la educación y el comercio en formas que difícilmente imaginamos ahora. En la actualidad, el comercio por Internet en los Estados Unidos es el 2 % de su Producto Interior Bruto, y se espera que alcance el 6 % antes del año 2005. Además, Internet ofrece nuevas posibilidades para muchos sectores económicos. Así, Citibank planea tener 1.000 millones de clientes en el mundo en el año 2010, y para ello cuenta con ofrecer nuevos servicios a través de Internet. Disney ya contempla Internet como la televisión del nuevo milenio, lo que por otro lado, creará más oportunidades para la programación de sus películas y series. Todos estos cambios harán que nazca lo que algunos llaman Super-Internet.

*Se espera que antes del
año 2001, habrá más de
200 millones de
ordenadores conectados
a Internet.*

Super-Internet provoca una necesidad insalvable de capacidad de transmisión. Hasta hace poco, la red de comunicaciones ha estado casi exclusivamente dedicada a transmitir las conversaciones telefónicas que se generan en una red mundial de teléfonos que dispone de alrededor de 700 millones de terminales. No obstante, se espera que antes del año 2001, habrá más de 200 millones de ordenadores conectados a Internet. Existen planes en las naciones más industrializadas para conectar cada escuela del país a Internet, y hacer así posible el acceso de los niños a unas vivencias más allá de las de su barrio o de su ciudad. La red ha de aumentar notablemente tanto su capacidad para transmitir cualquier tipo de información, como su agilidad para adaptarse a las más diversas necesidades y escenarios. El elemento principal que hará

posible Super-Internet es la creación de una red de transmisión de información transparente, es decir, unas infraestructuras de comunicación donde el usuario no experimente prácticamente limitación en la cantidad de información que puede transmitir y recibir. Ello implica la posibilidad de adquirir capacidad de transmisión y recepción de información, en el mismo sentido que la potencia eléctrica, el caudal de agua y gas que se contrata en cada vivienda y en cada empresa depende de las necesidades y tipo de vida de cada usuario.

La capacidad potencial de un sólo cable es de varias decenas de Terabits por segundo

LA FOTÓNICA HACE POSIBLE SUPER-INTERNET

Cualquier sistema de transmisión de información, tal como los conocemos hoy, desde los más modernos enlaces transoceánicos por fibra óptica hasta el primer telégrafo, se basa en la posibilidad de codificar y descodificar información en una señal electromagnética. El factor primordial que distingue un sistema de comunicación de otro, es su capacidad, es decir, la cantidad de información que puede transmitir por segundo. La Óptica y la Fotónica, las tecnologías de la transmisión y control de la luz, son las encargadas de hacer posible que Super-Internet se convierta en una realidad. Esto es debido al enorme potencial de las tecnologías de la luz para desarrollar Sistemas Totalmente Ópticos de máxima flexibilidad y transparencia, con capacidades superiores al Terabit por segundo. Un Terabit son 1000 Gigabits, y la capacidad potencial de un sólo cable es de varias decenas de Terabits por segundo. A pesar de su nombre, el objetivo de los Sistemas Totalmente Ópticos no es hacer sistemas exclusivamente ópticos, sino sistemas que se basan en el potencial, hoy por hoy incomparable, de las tecnologías electrónicas para generar y procesar grandes cantidades de datos. Estos sistemas utilizan masivamente dispositivos electrónicos, pero sustituyen componentes esenciales que limitan las prestaciones de todo el sistema, por componentes fotónicos.

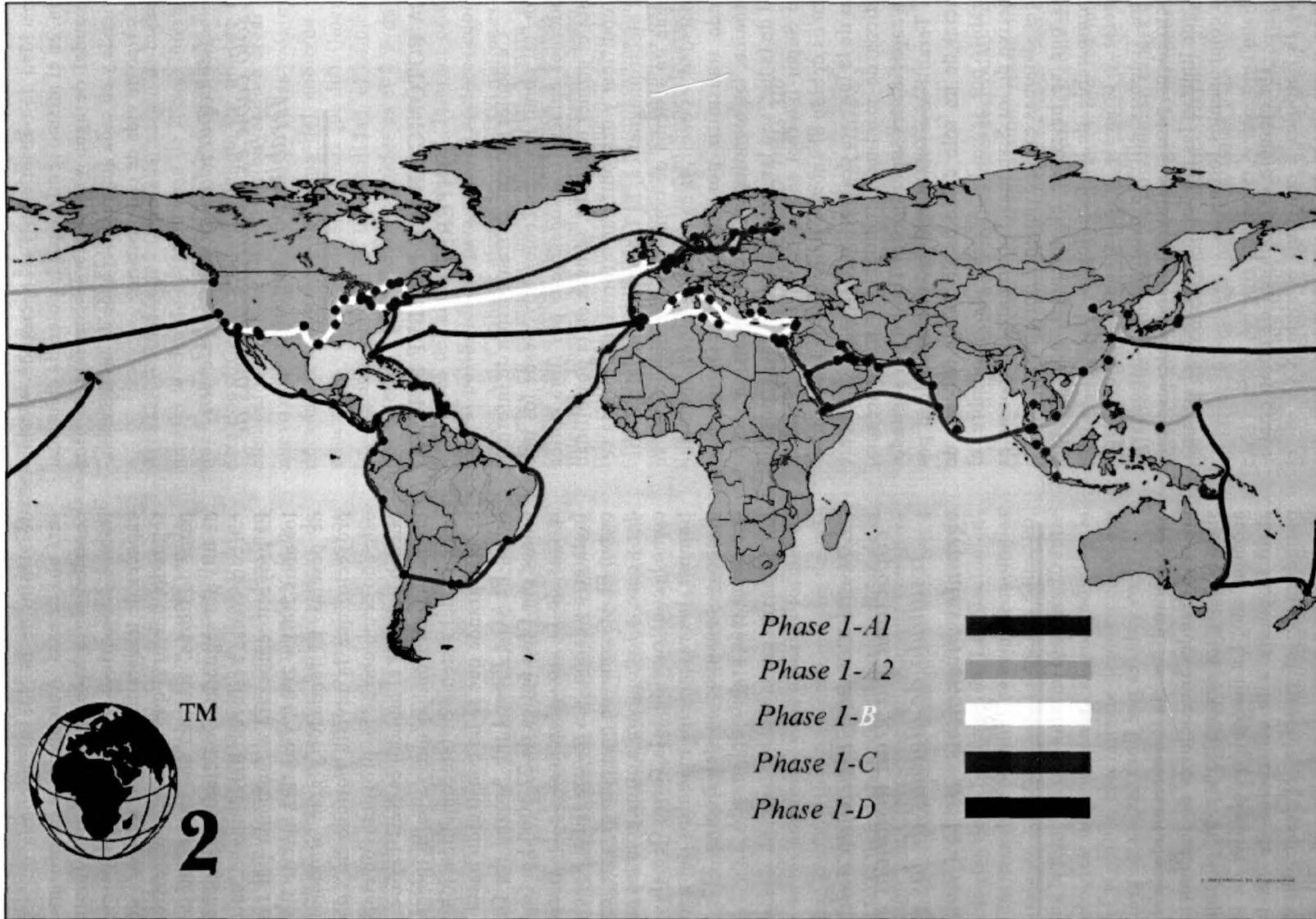
Un ejemplo excepcional de cómo contribuye la Fotónica a construir el siglo XXI, es el diseño y construcción de una infraestructura que aumentará considerablemente nuestra capacidad de comunicación a través de Internet, el proyecto Oxígeno. En Diciembre de 1998 empezará la fase de

construcción de esta gran red de comunicaciones para el siglo XXI, que unirá más de 70 países de todos los continentes, excepto la Antártida, a través de más de 150.000 km de fibra óptica, extendida, en su mayor parte, en el fondo del océano. Este proyecto, así denominado por lo vital que será para el desarrollo de la Nueva Economía del siglo XXI, será una de esas 'Autopistas de la Información' que contribuirán a hacer posible Super-Internet. Los tramos submarinos constarán de 4 pares de fibra capaces de transmitir 640 mil millones de bits por segundo, mientras que los tramos terrestres, con 12 pares de fibras, tendrán una capacidad de 1 billón de bits por segundo. Dos ciudades españolas estarán conectadas a esta red: Barcelona y Conil (Cádiz). El proyecto empezará a funcionar por fases entre los años 2001 y 2004, y costará más de 1.5 billones de pesetas. El fundador y gran promotor de este proyecto, que la revista Fortune ha considerado este año como uno de los proyectos de empresa que pueden cambiar el mundo, es Neil Tagare, un hombre nacido en Bombay que ya participó en la construcción del sistema de telecomunicación submarino más grande que se ha construido hasta la actualidad, FLAG (Fiber Link Around the Globe), un enlace por fibra óptica de 27.3000 km (más de dos tercios de la circunferencia de la Tierra), entre Inglaterra y Japón. La revista IEEE Spectrum describió FLAG como un proyecto gigante, emprendedor y caro, y lo comparó a otros grandes proyectos, como la construcción de la Torres Gemelas en Kuala Lumpur, los rascacielos más altos del mundo, y el diseño y construcción del Boeing 777, el avión comercial más grande del mundo.

Los enlaces por fibra óptica de gran capacidad y a gran distancia son el resultado de algunas de las más grandes invenciones de la Ciencia de este siglo

Los enlaces por fibra óptica de gran capacidad y a gran distancia son el resultado de algunas de las más grandes invenciones de la Ciencia de este siglo y del gran desarrollo tecnológico que las ha acompañado. La invención del láser en 1958, que abrió la puerta a la utilización de la luz como portadora de información, el desarrollo de las fibras ópticas a principios de los años 70, la impresionante evolución de la Electrónica y la Informática desde la invención del transistor en 1947, y la introducción de la codificación digital de la





Release 5

Project OXYGEN™ World Map

Phase 1ABCD

Imagen cedida por la empresa CTR Group Ltd.

información en los años 50 y 60, han hecho posible que la segunda mitad de este siglo haya visto un desarrollo espectacular de la capacidad de transmisión de información de los sistemas que utilizan la luz como mensajera. La realidad, hoy en día, de las comunicaciones a Terabit por segundo, es el resultado de dos desarrollos que han tenido éxito en los últimos 10 años, y que han permitido explotar el enorme ancho de banda que la fibra óptica ofrece, varios miles de Gigahertzios. Uno es el multiplexado en longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing), un método de enviar simultáneamente muchos haces de luz de diferente longitud de onda a lo largo de una fibra óptica. El otro desarrollo es el amplificador totalmente óptico, que restaura la señal a su intensidad original después que aquella haya sido atenuada por la fibra óptica. Los amplificadores, hechos de fibras ópticas dopadas con Erblio (EDFA, Erbium Doped Fiber Amplifiers) llevan todos los canales de diferente frecuencia a su potencia original, sin tener en cuenta su esquema de modulación o velocidad. Esta transparencia de los EDFA al formato de codificación de la señal, permite aumentar la capacidad de transmisión de los enlaces existentes sin modificar el enlace submarino, sino tan sólo las estaciones transmisora y receptora. Los cables TAT 12/13, (TAT, Transatlantic Telephone), empezaron a funcionar en 1996 con una capacidad de 10 Gbit/s cada uno. La compañía TYCO Submarine Systems ha aumentado la capacidad del enlace utilizando señales con dos longitudes de onda diferentes, y ya planea utilizar tres longitudes de onda.

Actualmente, hay unos 500.000 km de cables de fibra óptica intercontinentales submarinos, que soportan la inmensa mayoría de las comunicaciones intercontinentales. Está planeado que antes del año 2003 se doble esta cifra, con una inversión prevista de decenas de billones de pesetas. Los enlaces por fibra óptica intercontinentales submarinos tiene típicamente varios miles de km de longitud (6000 km en los enlaces Europa - EEUU), algunos centenares de amplificadores ópticos de unos 10 dB de ganancia colocados cada 40-50 km, y son depositados sobre el fondo del océano por grandes barcos especializados. Son diseñados para que tengan una vida útil de unos 25 años, aunque algunos ya han alargado su vida mucho más, y para que como máximo, una sola vez en toda la vida útil del cable, un barco deba salir a reparar algún tramo del cable debido al fallo de alguno de sus componentes. La Tasa de Error, es decir, el número de bits erróneos recibidos, no ha de superar, en media, uno por cada mil millones de bits enviados. Este nivel es lo que se acepta, normalmente, como transmisión sin error. En el caso del TAT 12/13, y del proyecto Oxígeno, la existencia de diversas rutas hace que, en caso de un fallo en una de las rutas, la señal pueda viajar por una ruta alternativa, asegurando

así a los usuarios una disponibilidad prácticamente total de la red durante su vida útil.

UNA AVENTURA DE 150 AÑOS

El proyecto Oxígeno, así como otros proyectos tan ambiciosos como el de la Compañía Teledesic, que pretende construir una 'Internet en el Cielo', desplegando 288 satélites alrededor de la Tierra a 1.375 km de altura, constituyen un nuevo episodio de la aventura que empezó hace más de 150 años, con la invención del telégrafo. Pero la idea de un mundo conectado por cables que puedan llevar cualquier información a cualquier persona en cualquier parte es tan antigua como la idea de utilizar señales electromagnéticas para transmitir información. Samuel Morse, uno de los inventores del telégrafo, al comparecer en los primeros años de la década de 1840 ante el Congreso de los Estados Unidos para solicitar fondos con los que hacer un demostración pública de su invento, manifestó que:

'...it would be not long where the whole surface of this country would be channelled for those nerves which are to diffuse, with the speed of thought, a knowledge of all that is occurring throughout the land; making, in fact, one neighbourhood of the whole country.'

Y Graham Bell, en 1876, dos años después de que inventara el teléfono, escribió a un grupo de inversores británicos una carta realmente profética:

'The simple and inexpensive nature of the Telephone....renders it possible to connect every man's house, office or manufactory with a Central Station so as to give him the benefit of direct telephonic communication with his neighbours at a cost not greater than that incurred for gas or water.'

At the present time we have a perfect network of gas-pipes and water-pipes throughout our large cities. We have the main pipes laid under the streets communicating by side pipes with the various dwellings enabling the inmates to draw their supplies of gas and water from a common source.'

In a similar manner it is conceivable that cables of telephonic wires could be laid underground or suspended overhead communicating by branch wires with private dwellings, Counting Houses, shops, Manufactories etc., etc., uniting them through the main Cable with a Central Office where the wires could be connected together as desired establishing direct communication between any two places in the city. Such a plan as this thought impracticable at the present moment will, I firmly believe, be the outcome'



of the introduction of the telephone to the public Not only so, but I believe that in the future wires will unite the head offices of Telephone Companies in different cities and a man in one part of the country may communicate by word of mouth with another at a distant place.

I am aware that such ideas may appear to you Utopian...Believing, however, as I do such scheme will be the ultimate result of the introduction of the telephone to the public, I would impress upon you all the advisability of keeping this end in view that all present arrangements of the telephone may eventually be utilized in this grand system.'

En Ciencia y Tecnología, las predicciones a largo término son vanas, pues es difícil anticipar lo desconocido. Pero, afortunadamente, suelen equivocarse a la baja porque son ingenuas a la hora de valorar la enorme capacidad de creación y desarrollo de la Ciencia, y el enorme potencial de la Tecnología que generan. En diversos periodos de la historia moderna, se ha pensado que cualquier desarrollo científico o tecnológico posterior no cambiaría de manera notable la realidad conocida. Y sucesivas veces, esa predicción ha sido incorrecta. La Fotónica tiene potencial para transmitir y controlar señales que contienen decenas de billones de bits por segundo y que viajan distancias prácticamente ilimitadas. La luz está haciendo realidad las ideas de Samuel Morse y Graham Bell, pero no para un país sino para toda la Tierra, y no sólo para transmitir conversaciones telefónicas, sino para transmitir cantidades ingentes de información de cualquier naturaleza.

NOTAS Y REFERENCIAS

- [1] La empresa CTR Group Ltd., responsable del proyecto Oxígeno, ofrece información detallada sobre el proyecto en la dirección de Internet www.oxygen.org.
- [2] Diversas empresas de todo el mundo se dedican a construir y extender cables de fibra óptica submarinos por todo el mundo. Algunas de ellas son Alcatel Submarine Networks (www.alcatel.com/telecom/snd), KDD Submarine Cable Systems (www.kddscs.co.jp), Tyco Submarine Systems (www.submarinesystems.com/tsst), y Pirelli (www.Pirelli.com). Recientemente, Tyco Submarine systems ha adquirido otra de las grandes empresas del sector, ATT.
- [3] Existen diversas revistas de información general y divulgación, generalmente mensuales, relacionadas con las tecnologías de la luz y sus aplicaciones a Sistemas de Comunicación. Algunas de ellas son Photonics Spectra, Laser Focus World, FibreSystem, Optics and Photonics News, OptoLaser Europe y Optoelectronics World. IEEE Spectrum trata temas relacionados con la Óptica y la Fotónica frecuentemente.
- [4] IEEE Communications Magazine presenta en su número de Febrero de 1996 una serie de artículos sobre enlaces por fibra óptica submarinos titulado 'Global undersea communication networks' (pág. 20). En él se describen las principales características técnicas de algunos de estos enlaces.
- [5] 'Key Technologies for the 21th Century' es un número especial de la revista Scientific American (Septiembre 1995) dedicado a imaginar que nos espera en el próximo siglo, a partir de lo que ahora sabemos. Uno de los artículos trata sobre Sistemas de Comunicación Totalmente Ópticos (Vincent W.S. Chan, pág. 56).
- [6] 'The Rise of the Network Society' (Manuel Castells, Blackwell Publishers, vol. 1, 1996). En este libro, este profesor de la Universidad de California en Berkeley describe la dinámica social y económica de la nueva Era de la Información.
- [7] 'Information Highways and Byways: From the Telegraph to the 21st Century' (IEEE Press, 1995) es un excelente libro escrito por Irvin Lebow sobre la evolución de las comunicaciones desde la invención del telégrafo hasta la actualidad.
- [8] 'Big, Bold and Expensive' (IEEE Spectrum, Enero 1994, pág. 19) describe 6 Mega-proyectos en diversas áreas de la Ciencia y Tecnología, que tienen en común su gran tamaño, coste y la aventura que representan. Los proyectos son: el Boeing 777, FLAG, la Estación Espacial Internacional, el túnel Gotthard bajo los Alpes, el Aeropuerto Internacional de Honk-Kong y las Torres Gemelas de Kuala Lumpur.
- [9] La revista Bussiness Week presta atención frecuentemente a cuestiones científicas y tecnológicas, y su influencia en la Economía y la Sociedad. Recientemente, dedicó un número especial (Agosto 24-31, 1998) a este tema titulado 'The 21th Century Economy'.
- [10] Existen diversas organizaciones de científicos e ingenieros que se dedican a temas relacionados con la Óptica y la Fotónica. Las dos principales son la Optical Society of America (OSA) y el IEEE Lasers and Electro-Optic Society.