

COMPUTACION FOTONICA Y COMUNICACIONES OPTICAS

J. A. MARTIN PEREDA

*Departamento de Tecnología Fotónica. E.T.S.I. de Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid*

1. Introducción.

Durante mucho tiempo, prácticamente desde sus inicios, las Comunicaciones y la Informática han seguido caminos en cierta manera paralelos y, al mismo tiempo, casi ignorando sus mutuas existencias. El entorno de las Comunicaciones tenía sus propias formas de trabajo, muy centradas en torno a la mera transmisión de información entre puntos más o menos alejados, y para ello apenas si le hacía más falta que una base electrónica medianamente fuerte y unos conceptos de Electromagnetismo que ya estaban bastante asentados. De alguna manera, la fuerte incidencia que tuvieron sobre la Sociedad, y el que cada vez fueran precisas comunicaciones más rápidas y sofisticadas obligó, en las pasadas décadas, a un desarrollo de la Electrónica que, aquí queda la duda, quizás ésta no hubiera sido la misma si aquellas no hubieran estado presentes.

Al mismo tiempo, la Informática, como garante de métodos de cálculo también cada vez más potentes y más rápidos, impulsó el desarrollo de otro tipo de Electrónica, casi desde sus inicios más digital que analógica, y una serie de herramientas, tanto tecnológicas, en el sentido convencional, como intangibles en un sentido más nuevo. Su función se había centrado preferentemente en el cálculo y hacia él se dirigieron la mayor parte de los esfuerzos.

Pero según fueron transcurriendo los años que completaron la década de los ochenta, las cosas evolucionaron hacia formas y métodos de actuación por completo diferentes a lo que había sido habitual hasta entonces. Ambas se fueron entrelazando y, al mismo tiempo que se

apoyaban mutuamente con aquellas técnicas que cada una de ellas tenía más familiaridad, iniciaron un trasvase de conceptos y de tecnologías de la una a la otra. El caso de la actual Telemática es uno de los más conocidos y, como tal, no parece que deba ya ser tratado aquí con el carácter de novedad que pudo tener hace algunos años. Sí, en cambio, han surgido otros que todavía se encuentran a mitad de camino entre lo que se desarrolla en el laboratorio y lo que puede implementarse en una instalación operativa que, creemos, pueden tener de un interés más novedoso. Su estado de embrión de un posible futuro les confiere una categoría que estimamos es su principal belleza. A ellos será dedicada la presente ponencia.

2. Sobre el solapamiento entre las comunicaciones y la computación. Necesidades y Posibilidades.

El objetivo central de las Comunicaciones en los últimos años fué el de conseguir unas formas de transmisión que fueran capaces, por una parte, de transmitir señales a la velocidad más alta posible y, por otra, y como consecuencia de ello, la de introducir en los canales de comunicación la mayor cantidad de datos que fuera posible. Este objetivo condujo, al principio de la década de los setenta, a la invención de la fibra óptica y con ella, y gracias al apoyo del láser de semiconductor nacido en la década anterior, surgieron las actuales Comunicaciones Ópticas. Como antes con la Telemática, tampoco es éste el lugar para hablar de éstas, ya que su introducción como concepto en todos los niveles de la Sociedad es ya un hecho firmemente asentado. Por ello se darán por conocidos sus principios básicos y aquí nos centramos, un poco más adelante, en sus problemas y sus soluciones.

Casi en paralelo con lo anterior, y gracias a las innegables ventajas que había introducido la presencia de conceptos ópticos en el campo de las Comunicaciones, nació la idea de ver en qué manera algo análogo podría hacerse en el terreno de la computación. Si se era capaz de procesar datos a velocidades próximas a la de la luz, los actuales ordenadores electrónicos podrían pronto quedar obsoletos al surgir algo que era mucho más rápido que ellos. Y así se inició, al principio de la

década de los ochenta, un frenético camino en la búsqueda de un dispositivo que pudiera sobrepasar, en velocidad, las prestaciones que, en aquel momento, daban los componentes electrónicos. La Biestabilidad Óptica, encontrada unos pocos años antes, pareció ser la base para dicho dispositivo.

Y así se desarrolló durante más de un lustro una verdadera carrera en la que se trataba, por una parte, de obtener dispositivos biestables ópticos cada vez más rápidos y, por otra, arquitecturas de computación que fueran capaces de soportar a los anteriores. En esta carrera, al mismo tiempo que se avanzaba en el conocimiento de los fenómenos físicos que rodeaban a la Biestabilidad Óptica, se penetraba también en un callejón sin salida al tratar de aplicar conceptos aplicados anteriormente a la filosofía electrónica a la óptica. Si la principal ventaja de la Óptica sobre la Electrónica era la posibilidad de trabajar en paralelo de manera natural, las arquitecturas desarrolladas para los ordenadores convencionales eran las menos idóneas para ser llevadas al terreno de los fotónicos. Y esas filosofías eran las que se pretendía transplantar a los nuevos ordenadores. El camino pronto se mostró cerrado. O al menos, sin demasiadas ventajas con respecto a los ya en uso. Y así comenzó un lento declive que se extendió hasta el final de los ochenta.

Al mismo tiempo que sucedía lo anterior en el terreno de la posible nueva computación, las Comunicaciones Ópticas adquirían una mayoría de edad que las hacía integrarse con todo derecho entre las tecnologías en más fuerte desarrollo. Una especie de primera fase estaba ya asentada y, en ella, la luz era la portadora de la información entre puntos más o menos alejados y sin que en tal transmisión surgieran problemas que hicieran dudar de sus ventajas. Aunque se denominaban Comunicaciones Ópticas, la realidad es que la Óptica sólo había entrado como medio de transmisión y, aparte de los emisores de luz, láseres o LEDs, de los fotodetectores y de la propia fibra óptica, el resto seguía siendo Electrónica. Era evidente la necesidad de abrir una nueva ruta que completara el universo fotónico. Parecía lógica la continuidad de la óptica en terrenos donde aun no había penetrado, esto es, en el puro procesado de la señal. Y aquí las puertas que se deberían abrir eran muchas. Desde la simple amplificación y regeneración de la señal que contenía la

información, sin necesidad de convertirla previamente en electrónica, a la más elaborada de que la propia señal óptica llevara el mensaje adecuado para que, en un momento dado, se encaminara por un camino o por otro, también sin intervención electrónica.

Y en este momento, los dos caminos que hemos seguido se encontraron, quizás uno desembocando en el otro mas que aunándose en igualdad de condiciones. Todos los conceptos desarrollados para la Computación Óptica fueron aprovechados casi en su totalidad por las Comunicaciones. El uso de lo logrado en Biestabilidad Óptica pudo aplicarse a la conmutación fotónica sin apenas variación. Este nuevo segmento de actividad constituye hoy uno de los que más recorridos por los investigadores y tecnólogos del campo de las comunicaciones y en él estará basada, con toda seguridad, la generación que llegará a implementarse en los últimos años de este milenio.

3. Perspectivas en Comunicaciones que se abrirán con la introducción de los nuevos conceptos Fotónicos.

El objetivo fundamental de la presente década, en el campo de las Comunicaciones, no es otro que el de poder disponer de un sistema global por el que se pueda transmitir la inmensa variedad de servicios que parecen estarán disponibles dentro de muy pocos años y, también, la de soportar muchos otros que se desarrollarán gracias a la capacidad de lo que se planifica. Una de las bases para ello será el desarrollo de un complejo sistema de Comunicaciones de Banda Ancha por el que circularán, tanto la información que actualmente se distribuye a través de las redes telefónicas convencionales, como la que pueda requerirse para el encaminamiento de programas de TV de todo tipo, para la interconexión con grandes bases de datos o para la transmisión de señales de muy alta definición. La DG XIII de la CE, en uno de sus documentos, publicó hace algunos años un esquema de cuál ha sido la evolución de las Comunicaciones desde el invento del telégrafo, a finales del siglo pasado, hasta lo que se prevee en el año 2000. Este esquema es el de la Fig. 1. Como puede apreciarse, una compleja multiplicidad parece va a ser la característica de lo que se nos avecina. Como parece obvio, si esta

complejidad no queremos que nos domine habrá de conseguirse que se desarrolle de la forma más simple y armónica posible. Y para ello la única solución es la de introducir todos los servicios que se presten por un único camino. Esto es, que a cada hogar o a cada centro de trabajo sólo llegue un único cable por el que se transmita toda la información que se desee recibir. En el momento de la recepción, un sistema o un equipo más o menos complejo deberá ser capaz de reconocer qué es cada trozo de señal que llega y encaminarla a donde proceda. Las señales de audio, y quizás de video, se dirigirán al teléfono, o quizás al videoteléfono, las de datos al terminal correspondiente y las de TV al receptor. De una manera resumida, ese puede ser el objetivo final de las Comunicaciones de Banda Ancha. El objetivo de lo que deberá conseguirse aparece en la Fig. 2 que es, en cierta manera, el recorrido inverso que se hizo con la Fig. 1. Si aquella ofrecía una semejanza muy aproximada a los gráficos que se realizan en teoría del Caos, ésta nos lleva de nuevo al orden. La diferencia fundamental con lo que nos muestra el mundo de la Física es que si en éste último el camino al Caos va realizándose de una manera ordenada, en el caso de las Comunicaciones el camino se realizó de una forma totalmente incontrolada y cada nuevo servicio que se ponía en marcha iniciaba su recorrido sin tener apenas en cuenta lo que había antes que él.

Independientemente de lo anterior, y ya centrándonos en el caso concreto de las nuevas comunicaciones que se avecinan, para conseguirlas, como es sabido, será precisa una apoyatura que, en estos momentos se encuentra todavía en vías de desarrollo en gran parte de lo que se requiere. Pero su consecución, eso si es seguro, se basará en el uso extendido de conceptos fotónicos como los que en el apartado anterior se introdujeron. Toda la información deberá ser transmitida por un canal óptico, ya que éste es el único que puede ser capaz de albergar la inmensa cantidad de información que lo anterior supone, y los equipos y sistemas que se desarrollen, deberán tener a la luz como elemento esencial de su filosofía.

Para que todo lo anterior esté operativo quedan aun bastantes años. Pero las bases esenciales están asentadas. En primer lugar, algo que también data de principios de los setenta y que, quizás por razones de su no urgente necesidad, no había alcanzado el nivel que en tantos años se

debería haber logrado, la Óptica Integrada, ha iniciado un despegue significativo. Elementos pasivos o semiactivos, como pueden ser los acopladores direccionales o los multi y demultiplexores, están ya en el mercado. Los primeros circuitos optoelectrónicos integrados, incorporando emisores o receptores ópticos y procesadores de una cierta parte de información, están también funcionando desde hace algunos años. Por otra parte, en 1988 surgieron las primeras fibras ópticas activas que permitían ya que, en la propia fibra, se produjeran fenómenos como la amplificación de una señal óptica sin necesidad de ninguna ayuda electrónica. Estas fibras están ya en el mercado desde mediados de 1990.

Con todo ello, la conmutación fotónica, mediante la cual una señal que porte una cierta información podrá encaminarse al lugar que la corresponda, también de manera autónoma, está próxima a que pueda ser resuelta por completo. Y de esta manera las Comunicaciones habrán entrado ya de lleno en una fase que, ahora ya sí, podrá llamarse con toda propiedad de Comunicaciones Ópticas.

Es evidente que lo esbozado hasta aquí no es sino la diminuta punta de un inmenso iceberg y del que, por razones lógicas, no podemos sino atisbar cuál es su volumen. Queda un sinnúmero de temas que han de complementar al aspecto tecnológico señalado. Uno de ellos es, por ejemplo, cómo deberá ser introducida la información en el canal óptico. La idea convencional que se tiene de la comunicación entre dos puntos es mediante un circuito físico que pone en contacto a los mismos. Si dos abonados desean ponerse en comunicación, la solución más inmediata ha sido, desde casi el principio, hacer que en el momento en que estos se están comunicando se establezca una línea que los una. Por ella circula la información que se intercambian y, una vez concluida, el circuito pasa a ser usado por otra pareja de comunicantes. Cuando las líneas poseen una capacidad reducida, esta solución parece sensata y así se ha estado haciendo durante muchos años. Pero al introducirse altas velocidades en la transmisión, quedaría un tiempo vacío, de una magnitud apreciable, sin ser utilizado. Esto no daría un aprovechamiento integral de la red. Parece obvio, en consecuencia, que una misma línea deba ser utilizada por diversas comunicaciones al mismo tiempo, enviándose cada una de ellas en la forma de paquetes que se van alternando en el tiempo o mediante

portadoras de diferentes características. Cada uno de ellos o de ellas llevaría al principio como su identificación y, llegadas a un determinado lugar de distribución, sería enviadas al punto de destino que procediese. Este requisito es algo que deberá ser alcanzado con métodos electrónicos hoy y fotónicos mañana. Es la Conmutación Fotónica a que se aludía anteriormente. Un esquema de lo anterior aparece en la Fig. 3. Como puede apreciarse en ella, por un mismo canal podrán ser enviadas señales de voz, datos y, por ejemplo, TV de Alta Definición. Este esquema es, en principio, válido, tanto para conmutación fotónica como electrónica. La única diferencia entre una situación u otra es el contenido de la "cajas".

4. Posibilidades que parece podran realizarse con el desarrollo de una cierta computación optica.

Así como el camino de las Comunicaciones parece bastante claro hasta, por lo menos, el final de la década, el de la Computación por métodos ópticos se encuentra en un estado que dista mucho de poder ser designado con otra palabra que la de desorientación. Ya se indicó antes que la mayor parte de la década de los ochenta estuvo dedicada en este terreno a la obtención de arquitecturas de ordenadores ópticos muy similares a los que se empleaban y emplean en los electrónicos. El camino resultó fallido a pesar de que se desarrollaron dispositivos biestables ópticos capaces de alcanzar unas velocidades de conmutación, en principio, muy superiores a las de los correspondientes electrónicos. La Fig. 4 da idea de las ventajas que estos dispositivos tienen con respecto a los electrónicos, al menos en lo que a velocidad de conmutación se refiere. Como ya se ha dicho antes, estos dispositivos son ahora la base de gran parte de la conmutación fotónica para Comunicaciones. Al menos, y esto es un consuelo, lo que se desarrolló no fué en vano.

Visto que el camino anterior no parecía demasiado fructífero, en el momento presente, la tendencia que predomina es la que, en principio, parece la más lógica para la óptica: aprovechar al máximo el paralelismo innato en ella. Y dado que el cálculo convencional parece, por el momento, bien respaldado por los ordenadores electrónicos, desarrollar los ópticos para aquello en la que éstos tienen más problemas. Y entre los

más señalados pueden mencionarse, por ejemplo, el procesado de imágenes y el reconocimiento de formas. Una serie de métodos muy dispares han sido reportados en los últimos años y, en cualquier caso, el tema sigue abierto para las ideas de todo tipo. Entre los ejemplos que pueden señalarse están los derivados del procesado de señales mediante Óptica de Fourier y el de la sustitución simbólica. Ambos tienen sus ventajas y sus inconvenientes y siguen caminos complementarios.

Por otra parte si, como hemos visto, la Computación Óptica había ayudado a las Comunicaciones, también éstas están ayudando a la computación. La transmisión de datos por medios ópticos entre ordenadores, entre partes de un mismo chip ha demostrado ser una forma de interconexión muy superior a cualquiera de las eléctricas usadas hasta hoy. En este entorno, nuestra vieja conocida la Holografía ha encontrado también un lugar en el que situarse con comodidad.

Parece así que, aunque el terreno a recorrer esté aquí un tanto inexplorado, las posibilidades de ir avanzando poco a poco son altas y, lo que es más importante, de encontrar cosas nuevas casi infinitas.

5. A modo de conclusiones.

Aunque no se hayan desarrollado todos y cada uno de los temas que se han esbozado, si parece claro a la luz de lo visto que, por un lado, hay una parte de la entrada de la Óptica en las Comunicaciones que ya ha adquirido verdadera carta de naturaleza y su desarrollo puede compararse con cualquiera de los más espectaculares habidos en cualquier otro campo en los últimos años. Por otro, al mismo tiempo, queda todavía un trecho bastante significativo que recorrer para alcanzar unas verdaderas Comunicaciones Integradas de Banda Ancha. La velocidad con la que se recorrerá el camino dependerá, estamos seguros, más de las necesidades del mercado que de la evolución de la tecnología que, en este caso, creemos que se encuentra en un estado bastante avanzado.

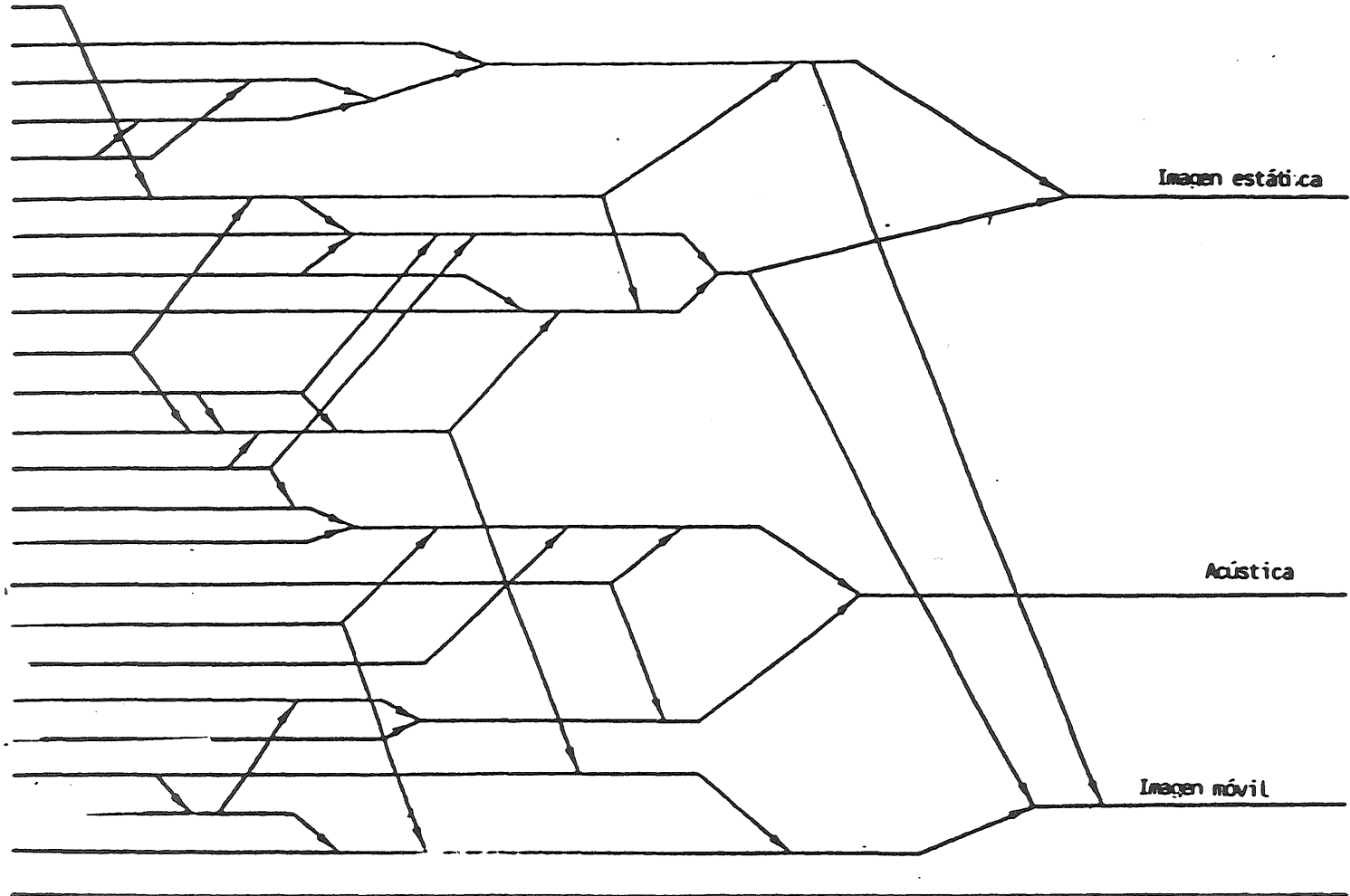
El caso de la Computación Óptica es muy diferente. Aquí, por un lado, las necesidades reales que existen hoy de un ordenador fotónico no

son muy altas. Los requisitos funcionales todavía no están muy claros y las funciones específicas que debe desempeñar son todavía objeto de controversia. Parece así que habrá de pasar todavía un tiempo bastante significativo para que todo lo anterior se vaya aclarando. Si es que se llega a aclarar algún día.

INTEGRACION DE SERVICIOS

Telex

- Datos de banda ancha
- Datos consultados por paquete
- Datos consultados por circuito
- Telemetría
- Teletexto
- Texto facsimil
- Facsimil
- Color facsimil
- Correo electrónico
- Tele-News Paper**
- Videotexto
- Discurso facsimil
- Telefonía
- Telefonía Hi-fi
- Conferencia telefónica
- Video conferencia
- Videotelefonía
- Sonido Stéreo Hifi
- Cuadrofonia
- Televisión en color
- Televisión stéreo
- Televisión de alta definición



CONMUTACION (LIM.FISICOS)

wat/bit

E+3

Reg. Tranf.
térmica

REGION DE TRABAJO CONTINUO

1

Dispositivos

E-3

Semiconductores

E-6

Limites fisicos dispositivos opticos

E-9

Reg. conmutación espontánea

E-12

E-15

E-12

E-9

E-6

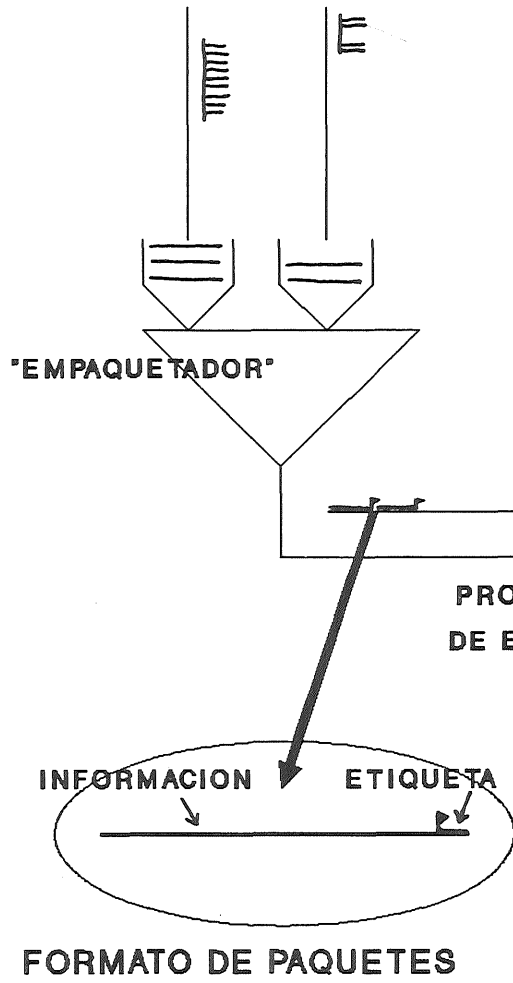
E-3

1

Tiempo de conmutacion (seg)

USUARIO

VOZ
VIDEO DATOS



INTERCAMBIADOR LOCAL

CONMUTADOR
ATD

PROCESADOR
DE ETIQUETAS

CONTROL
COMUN

RED DE DISTRIBUCION

LINEAS
DIGITALES

140MB/s
+ 2.4 GB/s