

# Óptica integrada: introducción y situación actual.

**Javier Albert.**

Proyectista del Departamento de Teoría del señal y comunicaciones.

El estudio de esta disciplina tiene el punto de partida en el momento en que se consigue construir una fuente de luz coherente y estable: el láser. Las comunicaciones que hasta ese instante habían sido mediante corrientes eléctricas u ondas de radio, ahora se empieza a pensar en la posibilidad de realizarlas a través de haces luminosos. Para ello debían resolverse dos problemas muy importantes, como en cualquier tipo de comunicación: primero la transmisión de la señal y segundo, el procesado de la misma.

La primera posibilidad que se planteó para solucionar los dos problemas fue comunicarse directamente a través de la atmósfera. Para ello se necesitaban componentes ópticos que la hicieran posible como pueden ser lentes, espejos, prismas, moduladores electro-ópticos para las transformaciones de la señal así como detectores. Los problemas se vieron rápidamente, los cambios atmosféricos son rápidos y notables, por lo que las características del medio son excesivamente variables, y además, los componentes ópticos que se precisan no pueden estar sometidos a ningún tipo de vibraciones como es natural. Además son elementos que ocupan grandes volúmenes.

La conclusión que se obtuvo fue, que si bien experimentalmente era posible seguir adelante, para las aplicaciones prácticas resultaba excesivamente costoso.

Se buscó una solución más sencilla: la óptica Guiada, que usa como medio de transmisión la fibra óptica en sustitución de la atmósfera, y que además se sustituye la electrónica por la óptica, incluso en los circuitos in-

tegrados, que pasarán de ser circuitos integrados electrónicos, a circuitos ópticos integrados miniaturizados.

En 1969 se utilizó por primera vez el término de óptica Integrada, ocho años después de la aparición del primer láser. Hemos hablado antes de los dos problemas que se deben solucionar para las comunicaciones ópticas, esto hace que la óptica integrada se divida en dos áreas de estudio: la parte que se dedica a la transmisión y por tanto se encarga del estudio de las fibras ópticas, y la parte que se dedica al procesado de la señal y por tanto se centra en el estudio de los dispositivos ópticos.

En óptica integrada trabajamos en el rango de longitudes de onda comprendido entre los 0.1 y los 10 micras, debido a que nos encontramos con mucha absorción para longitudes de onda inferiores, además de pérdidas por scattering que nos hacen que su uso no sea interesante, mientras que para longitudes de onda superiores es mejor utilizar las técnicas propias de las microondas ya que son más eficientes.

Debemos comparar la electrónica y la óptica integrada para ver las diferencias que tenemos entre ambas y poder anotar las ventajas y los inconvenientes que presentan cada una.

Las ventajas que presentan las fibras ópticas frente a los conductores eléctricos metálicos podemos resumirlos esquemáticamente en los siguientes puntos:

-Inmunidad frente a las interferencias electromagnéticas. En el tendido de cables eléctricos de mucha distancia, podemos encontrarlos que estos actúen como antena

receptora, y que por efecto de la inducción, se pueden generar campos electromagnéticos. En muchos sistemas es fundamental que esto no ocurra, incluso en condiciones adversas, cuando se trata de sistemas de mucha responsabilidad, como pueden ser los de uso militar, los sistemas radar, transmisión multicanal..., en los que un fallo pueda acarrear importantes consecuencias. Ya sabemos que los cables eléctricos se pueden proteger construyéndolos coaxiales, pero esto lleva además del aumento de peso y de coste, una capacidad parásita que limita el ancho de banda. En las fibras ópticas no hay ninguna espira metálica, de manera que no es posible que se produzca una interferencia, y además podemos evitar las interferencias luminosas cubriendo las fibras con sustancias opacas.

-Tamaño, peso y coste reducido. Las fibras ópticas están compuestas de cristales o materiales plásticos. Estos materiales son de menor peso que los metálicos como puede ser el cobre y además son más baratos. Por otro lado, el diámetro de un cable coaxial es cien veces mayor que el de una fibra óptica, por lo que además de tener un peso menor, el volumen que ocupa es también muy inferior. A la hora de trazar los tendidos que nos permitirán el transporte de la señal esto será una notable ventaja.

-Seguridad de corto-circuito. En las fibras ópticas no pueden darse cortocircuitos puesto que no circula corriente eléctrica. Así cuando se rompe una fibra o un conjunto de fibras no hay ningún tipo de peligro como puedan ser chispas, y por tanto es sumamente apropiado para entornos con explosivos o combustibles.

-Bajas pérdidas en transmisión. Es una ventaja muy importante.

Las fibras ópticas presentan una atenuación, independientemente de la frecuencia de 1 dB/km. Esto nos supone un ahorro de energía y de sistemas repetidores.

-Alto ancho de banda. El ancho de banda en las guías viene determinado únicamente por fenómenos de dispersión y no depende de atenuación distinta según la frecuencia. Esto nos permite obtener hasta 100 Ghz de ancho de banda cuando los coaxiales sólo nos permiten 100 Mhz, de manera que el ancho de banda es 1000 veces mayor. La ventaja es muy clara.

-Posibilidad de multiplexación. Debido a este gran ancho de banda del que hablábamos es evidente la posibilidad de multiplexar en frecuencia.

-Seguridad ante espionaje. Al no ser una señal eléctrica no tenemos campos electromagnéticos en el exterior del conductor por lo que es difícil que sean capaces de detectar nuestro mensaje, aunque si nos rompieran la guía podrían detectar el mensaje fácilmente. Por contra solamente tenemos que destacar un inconveniente de las fibras ópticas frente a los conductores metálicos:

-No a la potencia. Las fibras ópticas no permiten el envío de grandes cantidades de potencia por su estructura, mientras que los conductores metálicos si nos la permiten enviar.

En resumen, las ventajas que presentan las fibras ópticas frente a las líneas metálicas son muy grandes. Será mucho mejor utilizar medios de transmisión ópticos que no eléctricos. Esto puede que aún no sea definitivo si después no disponemos de los sistemas terminales generadores y de procesado que nos permitan poner en la práctica las comunicaciones mediante estos recursos.

El primer paso consistió en convertir la señal eléctrica a óptica, realizar la comunicación mediante la fibra óptica, para después en recepción volver a reconvertirla en eléctrica. Esto es una pérdida de efectividad muy grande tanto de tiempo como de ancho de banda, por lo que se estudian e introducen los dispositivos integrados ópticos. En estos momentos aun-

que no se han desarrollado todos los que serán necesarios, si que ya se han conseguido algunos y se sigue trabajando y se ve que van llegando los resultados. Podríamos asegurar que en el futuro se conseguirán todos.

Los dispositivos ópticos integrados se están construyendo con guías ópticas, las señales de control deben ser también ópticas puesto que si no estamos perdiendo esa velocidad pretendida. Las ventajas que presentan son:

-Acoplamiento con bajas pérdidas. El acoplamiento de varias señales provoca unas pérdidas inferiores a 1 dB.

-Conmutación entre guías. La conmutación entre guías es rápida y sencilla. En estos instantes ya se han realizado conmutadores de 64 puertas.

-Alta fiabilidad. La sencillez de los dispositivos que construimos, así como la imposibilidad de que se produzcan chispazos y la inmunidad a las interferencias, hacen que los sistemas sean muy fiables.

-Inmunidad a las vibraciones y alineamiento óptico. Los componentes integrados a diferencia de los discretos, no tenemos el problema de las vibraciones, ni de que los rayos se puedan desviar de su enfoque correcto o no puesto que una vez construido no se pueden mover.

La desventaja que presentan estos dispositivos es:

-El alto coste que tiene la investigación para desarrollar la nueva tecnología de fabricación.

Actualmente lo que se está haciendo es, primero, analizar guías construidas con materiales de distintas propiedades, con el fin de obtener las características que presentan, con miras a aplicaciones prácticas ulteriores, y segundo, simplificar al máximo la manera de dar los resultados para que, con la menor información posible, podamos describir al máximo las características. Además se debe conseguir obtener una forma de los resultados para que, una vez hecho un cálculo con un tipo de guía, si cambiamos algún índice de refracción, grosor, potencia, longitud de onda... no

nos obligue, de nuevo, a realizar todas las demostraciones implícitas. Esta claro que aumentar el grosor produce los mismos efectos que reducir la longitud de onda, por lo que en general, en los parámetros que caracterizan una guía habrá redundancia de información, de manera que deberemos procurar caracterizar las guías con el mínimo número posible de parámetros: los parámetros de diseño. Según los tipos de materiales y guías variarán, pero en todos los casos se debe buscar la simplificación máxima. Estas reducciones nos llevan de espacios 7-D o superiores, cuya información es muy difícil de analizar y mucho menos de representar, a espacios mucho más reducidos, incluso 2-D en algún caso, por lo que podremos caracterizar las guías directamente con diagramas.

La filosofía final tiende a ser, realizar el estudio matemático detallado de una construcción concreta, y dar los resultados mediante diagramas o tablas, de manera que, a partir de ese momento, cuando se quiera realizar una aplicación concreta se deba analizar directamente los resultados para comprobar su viabilidad. Así únicamente será necesario realizar el análisis matemático una sola vez.

En estos momentos todavía se está analizando, y faltan por realizar muchos estudios, hay dificultades para construir los dispositivos ópticos puesto que los grosores de materiales son muy superiores a los que se utilizan en electrónica, por lo que aquí en nuestro país sólo se realizan estudios teóricos, viéndose la posibilidad de realizar los dispositivos lejos.

La pregunta que sigue en el aire en estos momentos es ¿necesitamos realmente, en estos momentos, esta velocidad tan exageradamente alta?

La respuesta parece indicar que pasará mucho tiempo antes no sea necesaria, y muchos profesionales que estaban trabajando esta nueva tecnología se están decantando por abandonar sus estudios, y dedicarse a perfeccionar y extender la tecnología actual.