

# Las Fibras Ópticas de Plástico

Jaime Heisen Sotelo Ortiz

*Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú*

**Resumen**— El presente artículo es una reseña de la evolución, detalles técnicos y aplicaciones de la fibra óptica de plástico, que a pesar de no ser tan popular, actualmente está siendo cada vez más utilizada.

**Abstract**— This article is a summary of developments, technical details and applications of plastic optical fiber, which despite not having been so popular, is now being increasingly used.

**Palabras Claves**— Fibras ópticas de plástico, POF, PMMA

## I. INTRODUCCIÓN

Se sabe muy poco de las fibras ópticas de plástico (POF), cuya aparición fue antes de las de material de vidrio, que por presentar ciertas ventajas, dominaron el mercado originando que las de plástico permanecieran rezagadas.

Con el advenimiento de nuevas aplicaciones, como resultado de los avances tecnológicos, las POFs, actualmente, compiten en los enlaces de comunicaciones con los alambres cobre, los cables coaxiales, las fibras ópticas de vidrio y el aire (canales inalámbricos).

Las POFs se fabrican usando materiales de plástico como polistireno (PS), policarbonatos (PC) y polimetil metacrilato (PMMA), estos materiales presentan ventanas de operación en la zona visible del espectro electromagnético en el rango de 520 a 780nm de longitud de onda. No obstante las pérdidas que presentan en comparación con las fibras de vidrio constituyen su principal desventaja.

Esto último explica del porque las fibras de plástico son de aplicación para distancias cortas, típicamente para longitudes de enlaces menores a unos pocos cientos de metros en comparación con los cientos de kilómetros que se logran con fibras ópticas de vidrio. Sin embargo,

las POFs tienen muchas aplicaciones en el control industrial, en sensores para detección de huellas, detección de luz, y en enlaces de datos de distancias pequeñas.

Históricamente, el desarrollo de las fibras ópticas de plástico se inicia en el año 1960, cuando Pilot Chemical de Boston reportó el uso de POFs a base de polimetil metacrilato (PMMA). Más tarde, a fines de esa década, Du Pont reporta un desarrollo mejorado, quien luego de muchos años decide vender sus productos y patentes a Mitsubishi Rayon de Japon. Por ése entonces, las pérdidas obtenidas con PMMA POF eran de 1000dB/Km. En los años siguientes Mitsubishi Rayon mejora el producto logrando fibras PMMA con 150dB/Km de pérdidas con longitud de onda de 650nm. Las fibras usadas en este desarrollo eran de índice en escalera y tenían un ancho de banda de 50Mb/s con 100m de fibra.

En 1990, el profesor Koike de la universidad de Keio, desarrolló fibras PMMA con índice gradual (GI POF), con un ancho de banda 3Gb/Km y pérdidas de 150dB/Km para 650nm de longitud de onda.

En 1995, el desarrollo más importante fue la obtención de fibra de índice gradual (GI) con polímero perfluorado también por el profesor Koike y sus colegas de la universidad de Keio. Con este material se disminuyen notoriamente las pérdidas a 50dB/Km para longitudes de onda desde 650 hasta 1300nm.

En 1999, los Laboratorios Bell reportan la velocidad de 11Gb/s en 100m de fibra con polímero perfluorado de índice gradual, a la que se le denomina fibra Lucina.

En el 2001 el siguiente desarrollo más significativo fue reportado en Korea y Australia usando fibra óptica de polímero micro estructurado.

En el 2005 se inicia la comercialización de fibras GI POF con PMMA; se dispone comercialmente del primer enlace de datos con fibra del fabricante Fuji Photo Film bajo licencia de la universidad de Keio. En ese mismo año, Chromis Ópticas Fiber introduce al mercado la comercialización del cable PF GI-POF con fibras de alta calidad y de bajo costo [1].

## II. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ciertos usuarios han encontrado beneficios en sistemas con POF en comparación con fibras de vidrio o alambre de cobre ofreciendo las siguientes ventajas:

- Componentes sencillos y baratos.
- Peso ligero.
- Operación con luz visible.
- Gran flexibilidad con mayor tolerancia a curvaturas, choques y vibraciones.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas.
- Fácil de manipular y conectar, debido a que sus diámetros son de 1mm comparados con los 8 o 100µm para el vidrio.
- Uso de equipos sencillos y baratos.
- Mayor seguridad que las fibras de vidrio por daños a la retina del personal operativo (con fibras de vidrio se requieren fuentes ópticas a diodos láser).
- Los transceptores con POF requieren menos consumo que los de cobre.

Las desventajas son las siguientes:

- Pérdidas elevadas de transmisión.
- Número reducido de proveedores.
- No se cuenta con estándares.
- Falta de conocimiento y familiaridad en el diseño e instalación de sistemas con POFs.
- Producción limitada.
- Número reducido de sistemas.
- Falta de programas de entrenamiento y certificación en instalación de POFs.
- Falta de POFs para altas temperaturas (125°C).

## III. ESPECTRO DE ATENUACIÓN

Cuando se introdujeron los sistemas con fibra de vidrio, los enlaces con POF que habían sido

instalados con topologías en anillo y en estrella presentaban pérdidas muy elevadas, lo que llevó a usar un nuevo material para las POF, el polímero perfluorado con el que se consiguió bajar significativamente las pérdidas en 100dB/Km para 650nm de longitud de onda. La Tabla I, es un cuadro comparativo de fibra de vidrio, fibra de plástico y alambre de cobre.

El principal atributo de un sistema de comunicación es su alcance y su velocidad de transmisión. En una fibra óptica, las pérdidas de potencia luminosa de una señal se deben a mecanismos de absorción y esparcimiento de la luz. Las impurezas en una fibra como metales y moléculas de agua constituyen causas de absorción. Defectos como impurezas en el material, alteraciones en micro densidades del material, interfase núcleo revestimiento y extremo de fibra son los causantes del esparcimiento de la luz. Cada uno de estos mecanismos de pérdidas depende de la longitud de onda. La figura 1a, constituye la curva típica de atenuación de una fibra PMMA, las ventanas de operación se dan para 530, 570 y 650nm de longitud de onda (verde, amarillo y rojo) todas en el espectro visible. Se observa que la ventana de 650nm es angosta, pudiéndose presentar problemas si se manifiesta un desplazamiento de ésta con la temperatura. Las ventanas de 530 y 570nm son más anchas y por lo tanto menos sensibles a desplazamientos en sus longitudes de onda con la temperatura. Las pérdidas con las fibras de plástico PMMA son de 125dB/Km para distancias menores a 100m con 650nm, y menos de 90dB/Km con 530 y 570nm de longitud de onda. Las nuevas fibras de plástico son hechas de polímero perfluorado y presentan un mayor rango de variación de longitud de onda.

La figura 1b, muestra un espectro típico de atenuación con este material. Al compararlo con el espectro de la fibra PMMA, la fibra con polímero perfluorado tiene dos características. La primera, el espectro comprende longitudes de onda de 650 a 1300nm; y en segundo lugar, las pérdidas son menores a 50dB/Km en este rango. Esta reducción en las pérdidas permite una mayor longitud de enlace a razón de cientos de metros usando este material. En conclusión, con la fibra perfluorada se supera la limitación de alcance de PMMA pudiéndose operar con componentes más baratos a los usados con fibras de vidrio entre los 850 y 1300nm [2][3].

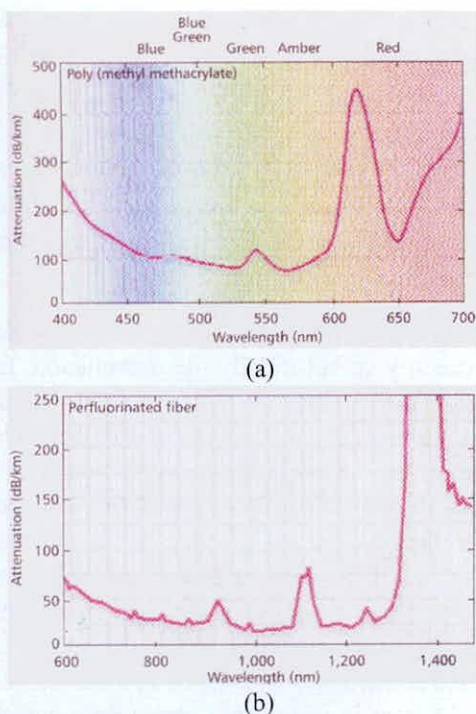


Fig. 1. Atenuación de una fibra óptica

TABLA I

COMPARACIÓN DE POF, FIBRA ÓPTICA DE VIDRIO Y CABLE DE COBRE [4]

	Plástico	Vidrio	Cobre
Costos de accesorios	Bajo	Más caro	Bajo
Pérdidas	Medianamente elevada (cortas distancias)	Medianamente baja (grandes distancias)	Elevadas
Conexiones	Fácil no requiere entrenamiento, ni herramientas especiales	Toma tiempo, requiere entrenamiento y herramientas especiales	Elevadas
Maniobrabilidad	Fácil	Requiere entrenamiento	Fácil
Flexibilidad	Flexible	Frágil, quebradizo	Flexible
Rango de longitud de onda	Visible	Infrarojo	No es el caso
Ancho de banda	11 Gb/s sobre los 100 m	40 Gb/s	Limitado a 100 mb/s para 100m
Equipo de prueba	Bajo costo	Caro	Caro
Costo del sistema	Generalmente bajo	Elevado	Mediano

IV. TIPOS DE FIBRAS MÁS USADAS

El ancho de banda de una fibra óptica es el mayor número de pulsos de luz por segundo que puede detectar un receptor. Los pulsos de luz pueden presentar ensanchamientos, debido a la dispersión modal, a causa de las diferentes trayectorias o modos de propagación de

los rayos luminosos en sus movimientos a lo largo de la fibra, como se muestra en la Fig. 2. Una fibra óptica consiste de un núcleo y un revestimiento con el índice de refracción del núcleo mayor al índice de refracción del revestimiento, ocasionando que un rayo de luz se refleje en la interfase núcleo-revestimiento.

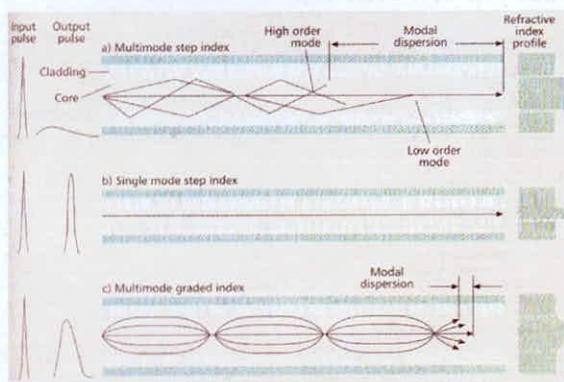


Fig. 2. Modos de dispersión de una fibra

El ancho de banda aumenta o disminuye con el número de modos (donde cada modo representa un rayo) o con el perfil de refracción de la fibra. Esto significa que al reducir el diámetro del núcleo se reduce el número de modos transmitidos y por lo tanto se disminuye la dispersión modal, aumentando el ancho de banda de la fibra. Últimamente se tiene lo que se ha dado en llamar fibra óptica monomodo o de un solo modo de propagación, que presenta dispersión modal igual a cero y por lo tanto posee un mayor ancho de banda. La mayoría de las fibras de plástico tiene un perfil de índice de refracción en escalera (SI) con menor ancho de banda entre las fibras multimodo. Las fibras con perfil de índice gradual (GI) tienen un mayor ancho de banda que éstas últimas, pero menor que las fibras monomodo. Se han fabricado diferentes tipos de fibras de plástico con núcleos de índice SI o de índice GI usando materiales PMMA o polímero perfluorado.

El espectro de atenuación para una fibra de polimetil metacrilato (figura 1a) muestra valores mínimos a 530, 570 y 650nm de longitud de onda. El espectro de atenuación para la fibra perfluorada (figura 1b) presenta la opción de usar diferentes longitudes de onda, todas con atenuaciones menores a los 50dB/Km.

V. EMISORES ÓPTICOS

Existen diferentes fuentes emisoras de luz que se usan para la transmisión de datos con fibras ópticas de plástico, incluyendo diodos emisores de luz (LEDs), diodos emisores de luz por cavidades resonantes (RC-

LEDs), diodos láser, y diodos láser por emisión de superficie por cavidades verticales (VCSELs). En la Tabla II, se presentan las características de las fuentes ópticas usadas con fibras de plástico PMMA.

TABLA II  
FUENTES EMISORAS DE LUZ PARA SISTEMAS CON FIBRAS ÓPTICAS [4].

	LED	RCLED	REELED	VCSEL
Típica longitud de onda	650nm	650nm	1310-1550nm	850nm
Eficiencia	1-10%	5-20%	10-50%	10-30%
Área emisora	300x300µm <sup>2</sup>	20x2µm <sup>2</sup>	3x0.5µm <sup>2</sup>	10x10µm <sup>2</sup>
Umbral de corriente	No hay	No hay	20-50mA	1-5mA
Dependencia de la temperatura con la pot. de salida	Mediana	Mediana	Elevada	Mediana
Tasa binaria	100Mb/s	200Mb/s	> 1 Gb/s	> 1 Gb/s
Costo de fabricación	Muy bajo	Bajo	Elevado	Bajo
Costo de encapsulado	Bajo	Bajo	Elevado	Bajo
Fibra óptica compatible	POF	POF	Fibra SM	Fibra MM, fibra PCS

Como se indicó, las ventanas de operación con estas fibras están a 530, 570 y 650nm de longitud de onda. Los LEDs utilizados incluyendo los conocidos diodos de emisión de luz por superficie, pueden modularse a velocidades superiores a los 250Mb/s, y con diodos láser a velocidades superiores a los 4Gb/s. Los VCSELs se encuentran en una etapa de desarrollo para su uso con 650nm, sin embargo, nuevas cavidades resonantes muy cercanas a las fuentes ópticas de cavidades resonantes (RC-LEDs) pueden modularse por encima de los 600Mb/s y 1.2Gb/s respectivamente. Las fibras perfluoradas que operan entre 650 a 1300nm trabajan con fuentes emisoras de luz de 650nm. Para las fibras de vidrio que operan de 850 a 1300nm se trabaja con diodos láser.

Debido a que los diámetros de las POFs (~1mm) son mucho más grandes que los de las fibras de vidrio (8~125µm), sus conectores son más simples, más fáciles de manipular, más baratos y por lo tanto con menor probabilidad de dañarlos. La reducción de los riesgos frente a daños se debe a que en los experimentos con estos conectores, se ha comprobado su menor sensibilidad a sufrir desalineamientos axiales y angulares, así como su menor sensibilidad de coger pequeñas partículas de suciedad. Es esta la razón por la

que en este tipo de conectores usados con POFs los costos de fabricación son más baratos, debido a sus bajas tolerancias. Esta es una ventaja frente a las fibras de vidrio.

Por último, debido al fácil acoplamiento de la luz procedente de la fuente óptica, este tipo de conectores se fabrican con la fuente encapsulada en su interior incluyendo el excitador electrónico (figura 3), como se acostumbra en los transceptores de los automóviles y en los equipos de abonado.

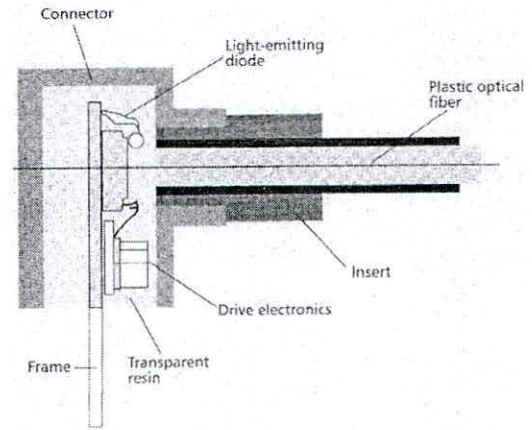


Fig. 3. Conector para una fibra óptica de plástico

## VI. CONECTORES MÁS USADOS CON POF

Todos los sistemas de transmisión usan conectores para acoplar las fibras a los equipos activos, y para el acoplamiento fibra a fibra en los paneles de paso o en una salida. El diseño del conector debe permitir repetidas conexiones y desconexiones, de buena operatividad frente a pérdidas, y de protección de fibras frente a daños.

Para fibras de vidrio, la mayoría de conectores tienen una ferrula que puede ser de metal, cerámica o plástico. La fibra que ha sido conectada está permanentemente empuñada de epóxico al interior de la ferrula (de tipos ST, SC, FC o LC). Algunos conectores incluyen un sistema para el ajuste de la fibra o un empalme mecánico en su interior (con una parte de la fibra incorporada). La fibra usualmente es pulida para tener buena operatividad respecto a pérdidas de retorno y de inserción. Debido a las dimensiones pequeñas de los núcleos de las fibras ópticas de vidrio (8µm con monomodo, 50µm o 62.5µm con multimodo), la tolerancia para las dimensiones de la ferrula con un buen valor de pérdidas de inserción es crítica.

En este aspecto, las ventajas de POF es por la medida de su núcleo. Con un núcleo de 0.1 a 1mm, el cual es más grande que el de una fibra óptica de vidrio multimodo, POF requiere de menos precisión de alineamiento de fibra. Esto hace posible el bajo costo del conector además de su sencillo y fácil ensamble.

Se han desarrollado un número de conectores de amplio uso. Los más populares son los TOSLINK FCO5 (simplex) y FCO7 (dúplex) desarrollados por Toshiba y adoptados por el Japanese Institute of Standards (JIS C55974 y JIS C5970 respectivamente). Hewlett-Packard ha desarrollado un sencillo conector llamado Versalink. Los conectores SMA han sido adoptados para POF.

Todos estos conectores usan un instrumento de corte o de placa caliente que producen un acabado de alta calidad.

Dos conectores POF desarrollados en el año el 2006 han hecho noticia, uno pequeño, SMI (Small Multimedia Interface) del fabricante Molex, y un conector para PF GI-POF de Nexans.

#### A. El Conector SMI

El conector SMI ha sido desarrollado especialmente para aplicaciones de abonado con el estándar 1394b, aunque también se le ha encontrado en otras aplicaciones. Este conector en su configuración dúplex opera a 250Mbps (S200) por encima de los 50m, y en 500Mbps (S400) en el futuro. El conector tiene una pequeña planta (huella) de 11mm de ancho y 24mm de altura haciéndose adecuado su uso para aplicaciones de abonado.

#### B. El conector para PF GI-POF

Nexans Cable Solutions ha demostrado mucho dinamismo desarrollando cables y sistemas PF GI-POF bajo licencia de Asahi Glass. Nexans Cable Solutions ha desarrollado un nuevo conector SC compatible para esta nueva fibra, de muy bajo costo y fácil de instalar. Su desarrollo está basado en un novedoso sistema patentado para la fijación de la fibra al interior del conector y cortando la fibra sin necesidad de pulido.

Un factor importante es el tiempo de montaje del conector en el campo. Comparando con el costo del conector, el costo de instalación es mayor lo que hace necesario la reducción del tiempo de montaje como sea posible. De esta manera, uno de los objetivos ha sido evitar el uso de encolado y, usar a cambio un nuevo sistema patentado.

El segundo objetivo importante fue evitar el uso de herramientas especiales como una rizador (crimping tool). El nuevo conector de Nexans no necesita de

herramientas, tiene un sistema de montaje completamente integrado. Finalmente, para evitar la necesidad de pulido de la fibra, el cual es un proceso largo y delicado, se ha desarrollado una herramienta de corte de bajo costo. Esta cortadora le permite a la persona realizar el ensamble y terminarlo sin necesidad de haber recibido algún tipo de capacitación.

En conclusión, el nuevo conector de Nexans es de bajo costo, de fácil ensamblado en menos de 2 minutos, sin necesidad de herramientas especiales, con una pérdida de inserción menor a 0.5dB.

Este novedoso diseño, ahora disponible para SC, viene siendo desarrollado para todos los conectores estándar como en ST, LC y MTRJ.

### VII. APLICACIONES

Los investigadores de mercados han proyectado un crecimiento anual en las ventas de POF mayor al 15 por 100 desde el 2006 hasta el 2010, ver Tabla III.

A diferencia de las fibras ópticas de vidrio las cuales son usadas principalmente en telecomunicaciones, las POFs tienen muchas aplicaciones en la industria.

Las dos mayores aplicaciones de POF se dan en el control industrial y en automóviles. El campo del control ha mantenido un mayor y más estable mercado para POF hasta el 2005 cuando las ventas en las compañías de automóviles se pusieron del color de rosa al convertirse en la única fuente de mayor rentabilidad para los fabricantes de POF.

El principal objetivo para POF en el mercado de la industria del control radica en los enlaces de datos cual es de resistir a las inducciones electromagnéticas (EMI) causadas por equipos de voltajes y corrientes elevadas como soldadores de autógena, máquinas de rayos X y unidades de implantación de iones. En el presente, la mayor fuente para estimular el comercio de POF se encuentra en la política innovadora para su uso por las compañías de autos.

TABLA 3

VENTAS EN EL MERCADO MUNDIAL DE POF EN MILLONES [4]

Año	Auto	Electrónica de consumo	Control Industrial	Hogar	Redes de datos	Medicina	Total
2002	119	90	133	25	42	42	451
2003	163	103	155	35	46	53	555
2004	201	126	194	45	54	64	684
2005	254	151	235	60	73	70	843
2006	297	173	282	75	90	84	1001
2007	357	198	310	83	99	100	1147
2008	427	228	341	91	109	120	1316
2009	512	250	375	100	119	144	1500
2010	614	300	412	110	130	162	1728

### A. Automóviles

Los que promueven las nuevas tecnologías buscan hacer de sus aplicaciones productos de enormes sucesos. Para POFs, la industria del automóvil suministró las aplicaciones que se necesitaron.

En el año 2000, el fabricante alemán de autos Daimler-Benz reconoció que incrementando en los autos el uso de dispositivos digitales se aumentó el peso, la sensibilidad a las interferencias electromagnéticas y la complejidad del cableado. Hasta hace poco, cada fabricante desarrolló su propio cableado el cual impidió que se alcanzaran las economías de escala a causa de la masificación de la producción. Daimler-Benz concluyó que el camino para reducir los costos era desarrollar y comprar un estándar común; su análisis le hizo concluir que la implementación de redes en anillo con POF resultarían convenientes para las necesidades de los autos del futuro. Seis fabricantes europeos de autos incluyendo BMW y Volkswagen se unieron para desarrollar el estándar llamado Sistema de Transporte Orientado al Medio (MOST). Un séptimo fabricante formó una organización llamada Cooperación MOST para coordinar el desarrollo y promocionar el estándar. En la actualidad la Cooperación MOST está formada por 16 fabricantes de autos incluyendo General Motors y más de 60 proveedores de POF en el mundo. Finalizando el 2003, apenas 24 meses después de introducirse el primer vehículo con redes POF, 19 modelos europeos de autos se equiparon con estas redes en los buses de datos.

El número de terminales o nodos vendidos en los vehículos totalizó 9.5 millones, esperándose la instalación de 15 millones de nodos por año a partir del 2005. Al final del 2005, 40 autos europeos diferentes con buses de datos de POF encarecieron sus costos, totalizando 25 millones de nodos ópticos.

El sistema original MOST se diseñó para 25Mb/s. La próxima generación podría transmitir a 50Mb/s,

habiéndose planificado un aumento en la velocidad a 150Mb/s para finales del presente año.

Aunque MOST se desarrolló para aplicaciones en vehículos sin operación de funcionamientos críticos, BMW desarrolló una red POF en estrella de 10Mb/s a la que le llamó Byteflight (byte volador) para operar con elementos críticos como sensores para bolsas de aire. Actualmente BMW cuenta con más de 7 millones de transceptores Byteflight instalados en vehículos.

Una tercera red a la que se le ha llamado Flexray usa POF como parte del sistema direccional óptico de un automóvil. Flexray por ejemplo puede reemplazar el enlace mecánico entre los frenos y el pedal de freno con una fibra de plástico. Con presión sobre el pedal, la fuerza resultante se convierte en una señal luminosa que se transmite a un actuador, el cual convierte la señal aplicando la potencia de freno exacta sobre las ruedas.

Un transceptor para el sistema MOST operando a 25Mb/s en el 2006 costaba \$4.50 a precio de fábrica, esperándose para el presente año la disminución a \$3.00 con el aumento de la velocidad a 150Mb/s. Transmisores similares para sistemas con fibras ópticas de vidrio en el 2006 costaban entre 50 ~\$100. En los Estados Unidos y el Japón los fabricantes de vehículos han planificado sistemas más avanzados para operar a 400Mb/s usando el estándar IBD-1394, que será compatible con el estándar MOST.

### B. Interconexiones

Estudios recientes hechos por Intel indican que si se mantiene la Ley de Moore con la velocidad de procesamiento duplicándose cada 18 meses, con seguridad la fabricación de una PC para el 2015 necesitará de un bus óptico de datos en su interior aumentando el cableado. Para la próxima década se espera que el ancho de banda de las conexiones interiores de un computador se incremente de 1 a 10 GHz en virtud de los desarrollos alcanzados, tal como el PCI Express bus. Este incremento podría ocasionar el desplazamiento de tecnologías del dominio eléctrico al dominio óptico. El problema fundamental para los fabricantes de computadoras es la atenuación de las pistas de cobre de los circuitos impresos. Por ejemplo, los cálculos han demostrado que para 10GHz una interconexión de cobre de 20 pulgadas tiene pérdidas de inserción mayores a 50dB, mientras que las pérdidas con fibra óptica de plástico para la misma longitud y velocidad es de 0.075dB. Con estos resultados Intel y otros consideraron la opción de usar fotones y guía-

ondas de luz para transferir datos a la tarjeta madre del computador. El gran estímulo de esta propuesta es que el enlace óptico soporta mayores velocidades de datos que su contraparte eléctrica, potencialmente a decenas o cientos de giga bits por segundo sobre grandes distancias. Esto significa que los diseñadores de sistemas y subsistemas han empezado a considerar la interconexión óptica de circuitos en computadoras, enrutadores, conmutadores, dispositivos de almacenamiento y otros tipos de equipos electrónicos en los centros de conmutación y datos.

### C. Supercomputadoras Y Servidores

Se están desarrollando aplicaciones para grandes centros de datos, servidores y supercomputadoras, que requieren de grandes cantidades de interconexiones a distancias cortas menores a los 50m. Por ejemplo, los supercomputadores de los años 80 contenían unos cuantos procesadores de alta velocidad en una única gaveta.

Por el año 2000 los supercomputadores tenían decenas de miles de CPUs distribuidos en 100 gavetas. Se estima que para el 2010, las máquinas Pflop necesitarán de 128-256 gavetas, 50-100 conmutadores de gavetas y de 64,000-128,000 CPUs todos ellos interconectándose. Para esto se necesitará de 50.000-100,000 cables de tipo "cinta" de 24 fibras cada una. El costo total en transceptores para una de estas máquinas estaría entre \$20-40 millones de dólares.

Otro aspecto favorable de usar POF es el tiempo de enfriamiento requerido por el gran número de máquinas y servidores. La disipación de calor es el mayor problema que incide en los costos de enfriamiento requerido. Usando cobre, los transceptores para 10G requieren 15 vatios de potencia, mientras que los enlaces con POF para 10G requieren 1.5 vatios.

### D. Redes LAN

En oficinas, las redes de área local (LANs) se implementan en pequeñas y medianas empresas (SMEs), en divisiones de grandes compañías, y en el hogar. Para los pequeños negocios y los hogares, velocidades de 10-100 Mb/s son comunes, y ya se han empezado a considerar velocidades de 1 Gb/s. Últimamente ciertos fabricantes de fuentes de luz para POF han anunciado transceptores de 10-100 Mb/s para aplicarlos en automóviles con la tecnología MOST, el precio de introducción es de \$12 la pareja. Con la disponibilidad de las fibras ópticas de plástico, con los pequeños factores de conexión y los bajos costos de los

transceptores, se espera que en el futuro los proveedores de LANs Ethernet opten por el uso de POF.

### E. Aeroespacial y otras Aplicaciones

Debido a sus pequeñas medidas, poco peso, resistencia a los choques y vibraciones, y su capacidad para cortas distancias, POF es muy considerada en equipos de aeronavegación, tanques, barcos, misiles y naves espaciales. A mediados de los años 90, la Agencia de Proyectos Avanzados para la Investigación y la Defensa (DARPA) elevó su inversión en la tecnología POF para el desarrollo de enlaces de Alta velocidad en aplicaciones militares. Compañías de mayor prestigio como Honeywell, Delphi Electronics, Boeing y Lucent Technologies comprometieron sus esfuerzos en el programa.

Actualmente la tecnología ha desarrollado y está preparada para aplicaciones militares y aeronavegación. A manera de ejemplo, en el nuevo Boeing 737 en el sistema audiovisual utiliza POF para aminorar el peso. La industria POF se encuentra en pendiente ascendente, habiéndose desarrollado fibras que soportan altas temperaturas (125°C) y cables con retardo frente a flamas para aplicaciones militares y aeroespaciales.

## VIII. CONCLUSIONES

Es predecible que con el desarrollo tecnológico de especialidades como el control industrial, los sistemas de seguridad, el control automotriz, sistema de computo y otros más, las fibras ópticas de plástico continuarán ensanchando su espectros de utilización, popularidad y ventas.

## REFERENCIAS

- [1] A. Weinert; Plastic Fiber Optics; Siemens 2003.
- [2] R. Hoss; Fiber Optic Communications; Prentice Hall, 1990.
- [3] H. Killen; Fiber Optic Communications, Prentice Hall, 1991.
- [4] P. Polishuk; Plastic Optical Fibers Branco out; IEEE Communications, vol 44, pp142.144.146, 2006.