
Signature Core™ Sistemas de Cableado de Fibra

Fibra Multimodo: Comprendiendo
la Dispersión Cromática



El desempeño y confiabilidad de las redes dentro de los centros de datos son de vital importancia para la operación de las empresas de hoy. Conforme los requerimientos de desempeño de redes evolucionan para ir a la par de la explosión de los datos y la virtualización, las especificaciones de los componentes que las conforman también se vuelven cada vez más estrictas. Para redes ópticas de alta velocidad que emplean fibra óptica multimodo optimizada para láser (LOMMF), que operan a 10/40/100 Gb/s, y que en el futuro cercano operarán a 200 Gb/s, es más crucial que nunca que operadores y diseñadores de redes conozcan con exactitud las especificaciones de desempeño de los componentes de fibra óptica, activos y pasivos, que componen su red.

Anteriormente, el enfoque en el desempeño de los componentes pasivos de fibra óptica estaba en la pérdida de potencia o atenuación de cables y conectores. Aunque la pérdida es un parámetro crucial para el cableado y la conectividad, la distorsión de la señal que se relaciona con su ancho de banda son igualmente importantes al operar a velocidades de datos de gigabit y más. Las técnicas tradicionales que minimizan la distorsión de la señal reduciendo la dispersión total, se basan en modelos de sistemas simplificados que no consideran la interacción de los dos tipos principales de dispersión en redes de fibra óptica multimodo (MMF): dispersión modal y dispersión cromática. Panduit logró adelantos en sistemas de comunicación MMF que compensan ambos modos de dispersión, con un alcance mayor a los estándares de la industria para fibra MMF OM4, y con desempeño e integridad de señal verificados, además de flexibilidad de diseño.

El presente informe explora los beneficios de implementar Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core™ en centros de datos, colocación, empresas o para la automatización industrial. Además de referirse la fibra monomodo y MMF, el ancho de banda y de describir el papel que éste juega en la dispersión cromática, el presente artículo también analiza y compara las dispersiones modal y cromática. Finalmente demuestra cómo un Sistema de Cableado de Fibra Óptica Signature Core™ ayuda a compensar los dos tipos de dispersión y resuelve el problema de la mala correlación entre el ancho de banda de la fibra y el desempeño del sistema en mucha de la fibra MMF optimizada para láser de hoy en día.



Fibra Monomodo vs Fibra Multimodo

La fibra óptica monomodo transporta un solo rayo (o modo) de transmisión de luz. El modo es la ruta que la luz láser recorre a través del cable. El núcleo de la fibra óptica monomodo es de diámetro pequeño, y por ello cuenta con modo único. Con un solo modo, la señal no se distorsiona y el alcance de la fibra llega a ser verdaderamente largo; por eso, la fibra monomodo sirve para transmitir señales de alta velocidad a largas distancias.

La Fibra Multimodo (MMF) posee un núcleo mayor al de la fibra monomodo y está diseñada para transportar múltiples rayos de luz simultáneamente, cada uno en un ángulo de reflexión ligeramente diferente dentro de la fibra. Con MMF, la luz viaja por varios caminos a la vez y entre mayor sea su diámetro, más se facilita la captura de luz desde el *transceiver* para guiar varios modos al mismo tiempo. Eso hace que sea una alternativa más rentable que la fibra monomodo en distancias cortas. La MMF acelera los modos que recorren trayectos más largos y mantiene los modos (pulsos) individuales alineados para reducir el efecto de la dispersión modal. Aunque la fibra multimodo actualmente corrige la dispersión modal, por lo general se usa en distancias cortas porque los modos tienden a separarse cuando las longitudes son mayores, sin importar la compensación de dispersión modal.

La fibra monomodo es ideal para largas rutas, por ejemplo del centro de datos a los closets de telecomunicaciones, y puede servir para conectar edificios en campus universitarios y para sistemas de cableado y telecomunicaciones. Sin embargo, el núcleo de la fibra monomodo es menor que el de MMF y esto dificulta su uso; además, se asocian con la fibra monomodo las tolerancias mecánicas más tensas en los conectores, y es todo un reto alinear los mecanismos del láser y los lentes. Tales diferencias duplican o triplican el costo de un enlace monomodo. MMF resulta ideal en centros de datos, pues este medio resuelve problemas específicos de la red, como el espacio limitado, las curvas pronunciadas, las distancias cortas y es de menor costo.

Ancho de Banda de la Fibra

El ancho de banda de la fibra es la medición cuantitativa de cómo soporta un medio la transmisión de datos a una tasa definida a una distancia específica. Con mayor ancho de banda, la fibra soporta velocidades más elevadas a distancias más largas, comparado con un menor ancho de banda. Para ilustrar la importancia del ancho de banda de la fibra, la Figura 1. [1] muestra las penalizaciones de potencia más importantes (mayores) en redes de Ethernet de 10 Gb/s de 300m de extensión. La penalización de potencia por Interferencia entre Símbolos (ISI), muy relacionada con el ancho de banda, es mayor que la penalización de la potencia de conectores y empalmes y la atenuación de la fibra combinadas.

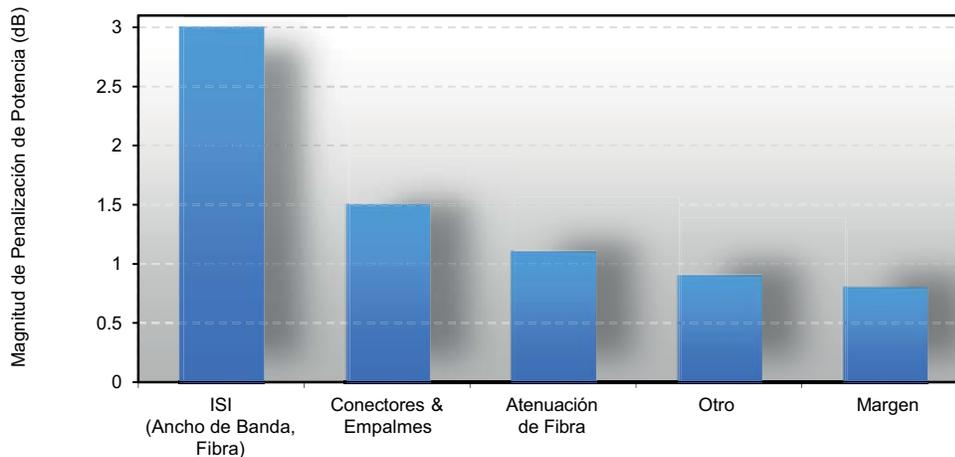


Figura 1. Esta tabla ilustra las mayores penalizaciones de potencia en Ethernet de 10 Gb/s con enlaces ópticos que se extienden 300m (10GBASE-SR). [1]

Son dos los factores que impactan el ancho de banda: la atenuación de la fibra y la dispersión. En sistemas de comunicación que emplean *transcievers* ópticos MMF, los datos (información) se transportan vía pulsos de luz generados por el transmisor de láser, llamado Láser de Emisión de Superficie de Cavidad Vertical (VCSEL) enfocado en la fibra MMF. Estos láseres convierten las señales eléctricas en luz láser. Conforme los pulsos de luz recorren la fibra, la luz que se pierde en los conectores y por la atenuación del cable de fibra, reducen la amplitud de la señal original; esto también limita la capacidad que el receptor tiene de reconstruir la información que se transmite. Al final, esto produce errores de bits y reduce el desempeño de la red. Un error de bits ocurre cuando el receptor interpreta en forma incorrecta el bit de datos que recibió. Si se envía un “uno”, el receptor podría interpretarlo como “cero” y viceversa.

Otra falla del sistema, llamada dispersión, ocurre cuando los pulsos de luz se extienden en el tiempo, lo que también degrada la señal transmitida originalmente y causa errores. Los tipos de dispersión son dos: modal y cromática; sin embargo, los despliegues tradicionales de fibra MMF optimizada para láser se diseñan para minimizar sólo una causa de dispersión: la modal.



Dispersión Modal

La cantidad de luz que se extiende en el tiempo, según los modos adoptados, se denomina dispersión modal y se mide en cada fibra multimodo optimizada para láser con mediciones de Ancho de Banda Modal Efectivo (EMB) y/o Retraso de Modo Diferencial (DMD) (Figura 2a). Con MMF, los pulsos de luz viajan por la fibra siguiendo rutas o modos diferenciados, con ligeras variaciones de longitud. Para que los pulsos de luz puedan llegar al receptor al mismo tiempo (algo que la señal requiere para su adecuada reconstrucción), la luz que recorre modos con ruta de mayor longitud (modos de orden superior) debe viajar a mayor velocidad que la luz que viaja en los modos con ruta de menor longitud (modos de orden inferior).

Este “equilibrio” entre modo y velocidad, o lo que simplemente es el acelere y desacelere de los diferentes componentes del pulso de luz, se logra “graduando” el índice refractivo de MMF. Por más de veinte años se ha puesto atención en las mejoras a su diseño y manufactura. Sin embargo, todavía es inevitable que surjan pequeñas imperfecciones que provocan que la luz tenga transite los diferentes modos en tiempos desiguales. Los documentos de estándares para fibra definen los requisitos, cada vez más estrictos, para la cantidad máxima de dispersión modal y el ancho de banda modal mínimo efectivo (EMB) para las diferentes clases de MMF optimizadas para láser: OM3 (EMB $\geq 2000\text{MHz}\cdot\text{km}$) y OM4 (EMB $\geq 4700\text{MHz}\cdot\text{km}$).

Dispersión Cromática

Otro tipo de dispersión importante para los sistemas de comunicación MMF es la de la luz que se esparce debido a ligeras diferencias en el color o en las longitudes de onda de la luz que conforma la señal óptica. Esto se conoce como dispersión cromática. En realidad, la luz que se genera desde los VCSELS no tiene una sola longitud de onda, sino que más bien se conforma de varias longitudes de onda separadas, con espaciado mínimo de aproximadamente 850nm^1 . La velocidad a la que la luz recorre la fibra dependerá de la longitud de onda y, por lo tanto, los componentes individuales de la longitud de onda del pulso de luz viajarán a velocidades con ligeras variaciones; las longitudes de onda más cortas irán más lento que las más largas.

Esta pequeña diferencia de velocidad en las varias longitudes de onda provoca tiempos de tránsito desiguales, lo que a su vez provoca distorsión de señal. Las longitudes de onda hacen que el pulso del láser se disemine, dificultando la interpretación del *stream* de datos que llegan al extremo receptor. Esto limita el alcance e incrementa la Tasa de Errores de Bits (BER). El problema de la dispersión cromática aumenta conforme la velocidad de los datos también aumenta. Es más importante controlar los efectos de la dispersión cromática cuando la velocidad de los datos es mayor, pues las diferencias en los tiempos de tránsito y la dispersión cromática serán proporcionales a las diferencias en longitud de onda que el VCSEL emita, y las limitaciones de los anchos espectrales de los VCSELS se incrementan al ir de Ethernet de 10 Gb/s al de 40/100 Gb/s (Figura).² [2]

¹ Generalmente, los VCSELS que se emplean en sistemas de comunicación de corto alcance, cuentan con espectros de emisión de fibra acoplados que son multimodo y tienen una media cuadrática (RMS) de anchura espectral de $> 0.1\text{ nm}$. ²IEEE 802.3TM – 2008 e IEEE 802.3baTM – de 2010, especifican una RMS de anchura espectral de $<0.45\text{ nm}$ para transmisores 10GBASE-SR, y de $<0.65\text{ nm}$ para transmisores de 40/100GBASE-SR4/10

Del VCSEL al Acoplamiento de la Fibra

Indagando en las causas de la dispersión para desarrollar un sistema de cableado de fibra óptica que minimizara ambas formas de dispersión, los investigadores de Panduit descubrieron una longitud de onda radial dependiente que se acopla a la MMF. Esta unión resulta, básicamente, en que ambas formas de dispersión dependen del radio.

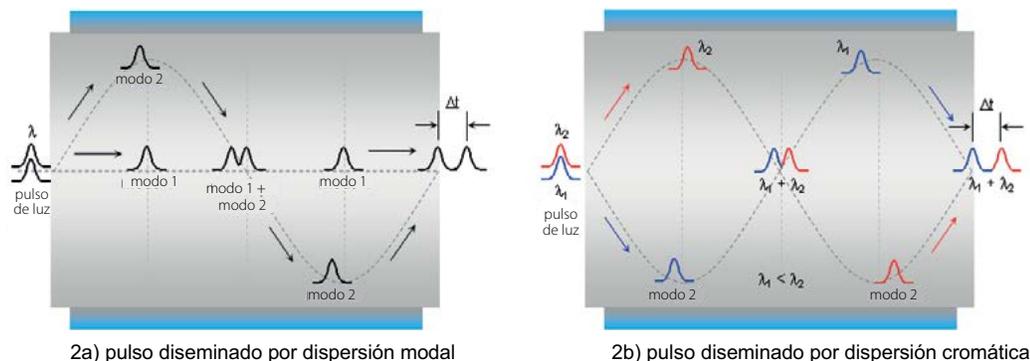


Figura 2. Representación simplificada de la dispersión modal 2 a) y la dispersión cromática 2 b) en MMF

En 2a), solo se muestran dos modos de fibra diferentes. La longitud de ruta del modo 2 es mayor a la del modo 1; por ello la luz en el modo 2 debe viajar más rápido que la del modo 1, para llegar al extremo de la fibra al mismo tiempo que el modo 1. La dispersión de las señales de luz, Δt , debido a las diferencias en la longitud de ruta, se denomina dispersión modal.

En 2b) solo se muestran dos longitudes de onda, λ_1 and λ_2 , donde $\lambda_1 < \lambda_2$ se muestra recorriendo la fibra en modo 2. Como las longitudes de onda más cortas viajan con más lentitud que aquellas que son más largas, λ_2 llega al extremo de la fibra antes que λ_1 . A la dispersión de las señales de luz, Δt , se le denomina dispersión cromática debido a sus longitudes de onda.

La Figura 3 muestra la configuración básica del subensamble óptico de transmisor (TOSA) de un VCSEL, comúnmente utilizado para *transceivers* multimodo. El subensamble óptico acopla la luz que se emite del VCSEL a la fibra MMF mediante un lente, con la alineación óptica exacta entre el VCSEL, el lente y la fibra. Se sabe, por las características de emisión de luz de los VCSEL, que estos emiten longitudes de onda más largas con ángulos pequeños, y longitudes de onda más cortas con ángulos de mayor tamaño (desde el eje óptico) [3]. En consecuencia, TOSA acoplará longitudes de onda más largas en los modos de fibra más cercanos al centro del núcleo de la fibra, con longitudes de ruta más cortas (modos de orden inferior). También acoplará longitudes de onda más cortas emitidas hacia ángulos de mayor tamaño que emitan hacia modos de fibra más cercanos a los extremos del núcleo de la fibra, con longitudes de ruta más largas (modelos de orden superior). La siguiente sección describe cómo se incorporaron estos hallazgos a los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica™.

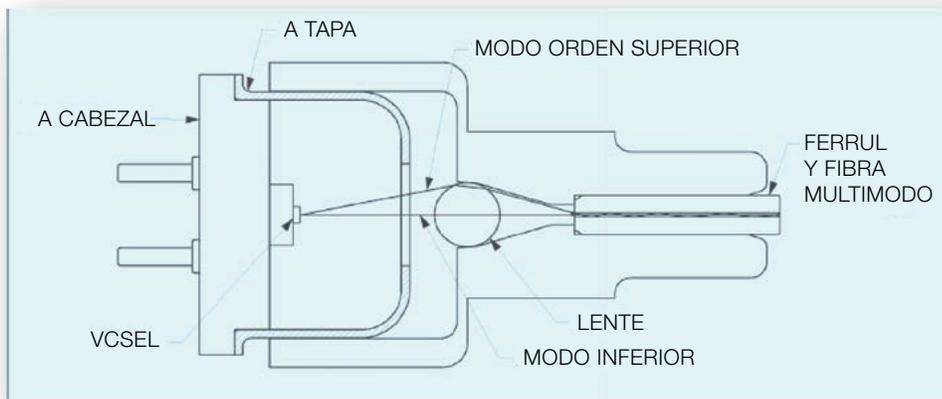


Figura 3. Subensamblado Óptico del Transmisor (TOSA) que muestra el acoplamiento espectral dependiente, del VCSEL a la fibra MMF, donde las longitudes de onda más largas se acoplan a los modos de orden inferior, y las longitudes de onda más cortas se acoplan a los modos de orden superior.

Compensando las Dispersiones Modal y Cromática

Las longitudes de onda más cortas viajan más lentamente que las más largas; por eso, para que el pulso de luz total llegue al receptor al mismo tiempo, esta diferencia en velocidades debe “corregirse” o compensarse. Puesto que las longitudes de onda más cortas se acoplan hacia el borde de la fibra, esta compensación puede aplicarse acelerando los modos en los límites de la fibra de manera intencional. Por lo tanto, la diferencia de velocidad provocada por los varios colores de la luz (dispersión cromática), puede compensarse en forma efectiva mediante diferencias de velocidad en los modos (dispersión modal). Éste es el concepto básico que sostiene a los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core, específicamente diseñados para compensar ambas dispersiones, modal y cromática, mejorando el desempeño del sistema.

Aunque los efectos de la dispersión modal y la dispersión cromática hoy se entienden bastante bien, los modelos de los sistemas tradicionales simplifican mucho su interacción y por ello no toman debidamente en cuenta cómo ambos efectos pueden sumar o restar el uno al otro. La fibra optimizada para láser LOMMF tradicional se diseñó solo para minimizar los efectos de la dispersión modal. Por este motivo, su diseño deja fuera los efectos de la dispersión cromática. Sin embargo y debido a que los VCSELs preferentemente acoplan componentes de longitudes de onda diferentes en diferentes áreas de la fibra, se logra mejor desempeño del sistema cuando la fibra se diseña para “equilibrarse” y reducir los efectos de la dispersión cromática con cierta cantidad de dispersión modal.

Es importante comprender por qué estos efectos deben considerarse en su conjunto, y no por separado. Por ejemplo, consideremos una fibra hipotética que soportaría solo dos modos, donde uno de ellos tiene una longitud de ruta más larga que la otra, y una señal óptica que consta de dos longitudes de onda diferentes, donde una es más larga que la otra (teniendo en mente que las longitudes de onda más cortas viajan a mayor lentitud que las longitudes de onda más largas, con fibras “normales”). En este ejemplo simplificado solo pueden darse dos combinaciones de modo y de longitudes de onda. El primero es cuando la luz de la longitud de onda más corta recorre el modo de longitud de la ruta más larga. En consecuencia, esta porción de la señal óptica tardará mucho más en recorrer la fibra que la porción de la señal de la longitud de onda más larga, la cual toma el modo de longitud de ruta más corta. Con la otra combinación, la luz de la longitud de onda más corta viaja a través del modo con la longitud de ruta más corta, y la luz de la longitud de onda más larga recorre el modo de la longitud de ruta más larga. En este último caso, la luz que viaja más rápido debe recorrer una longitud de ruta más larga. Por lo tanto, se puede diseñar para lograr un tiempo de llegada similar al de la luz que viaja un poco más lento, pero que toma una ruta más corta.

A partir de este ejemplo simplificado resulta sencillo entender cómo considerar los efectos cromáticos y modales en conjunto, pues éstos solo influyen en la velocidad del pulso de luz conforme ésta recorre la fibra. Pero, para los modelos de los sistemas no se consideró la distribución de la longitud de onda de la fibra acoplada en TOSA/VCSEL. Solo se consideró la magnitud de sus efectos. Por lo tanto, estos modelos no cuentan con capacidad para predecir cómo combinar los efectos modales y cromáticos y así reducir la dispersión total, lo cual proporcionaría un mejor desempeño del sistema. Estos modelos tampoco cuentan con capacidad de predecir cómo sumar los efectos modales y cromáticos, lo cual incrementaría la dispersión total y en forma importante degradaría el desempeño del sistema, más de lo que lo degradarían los modelos de los sistemas tradicionales.

Aunque el ejemplo anterior es muy útil para propósitos ilustrativos, el gran número de componentes de longitud de onda VCSEL que conforman la señal de luz (~20), la distribución de su fibra acoplada y el gran número de modos de fibra (~400), requieren que el análisis de un *transciever* real y su combinación con la fibra sea mucho más complejo. Se han computado simulaciones detalladas de miles de combinaciones de *transcievers* VCSEL y fibra para optimizar el diseño de los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core y para cuantificar los beneficios de compensar la dispersión modal y la dispersión cromática.

Estos avanzados sistemas de cableado de fibra óptica cumplen con la normatividad y contrarrestan los efectos de ambas dispersiones, modal y cromática, con lo que se minimiza la dispersión total. También aportan una integridad de señal que supera los requerimientos para Ethernet de 10/40/100 Gb/s, y para *Fibre Channel* de 8 y 16 Gb/s, y con ello confieren lo máximo en flexibilidad de diseño para implementar arquitecturas complejas en centros de datos, con desempeño óptico verificado. Igualmente, mejoran el desempeño de la fibra MMF incrementando su ancho de banda modal. Adicionalmente, los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica garantizan un desempeño y confiabilidad consistentes en los sistemas cruciales y propician la capacidad de instalar más conectores al canal, lo que simplifica movimientos, agregados y cambios.

La Figura 4 muestra los beneficios que los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core proveen, en comparación con la fibra MMF que no compensa la dispersión cromática. El promedio de mejora es 30% comparado con el ancho de banda de la fibra multimodo tradicional. Este ancho de banda mejorado puede aprovecharse para aumentar el alcance, agregar más conectividad o mejorar el desempeño del sistema (menor tasa de error de bits) en sistemas MMF de 10G, 40G y 100G.

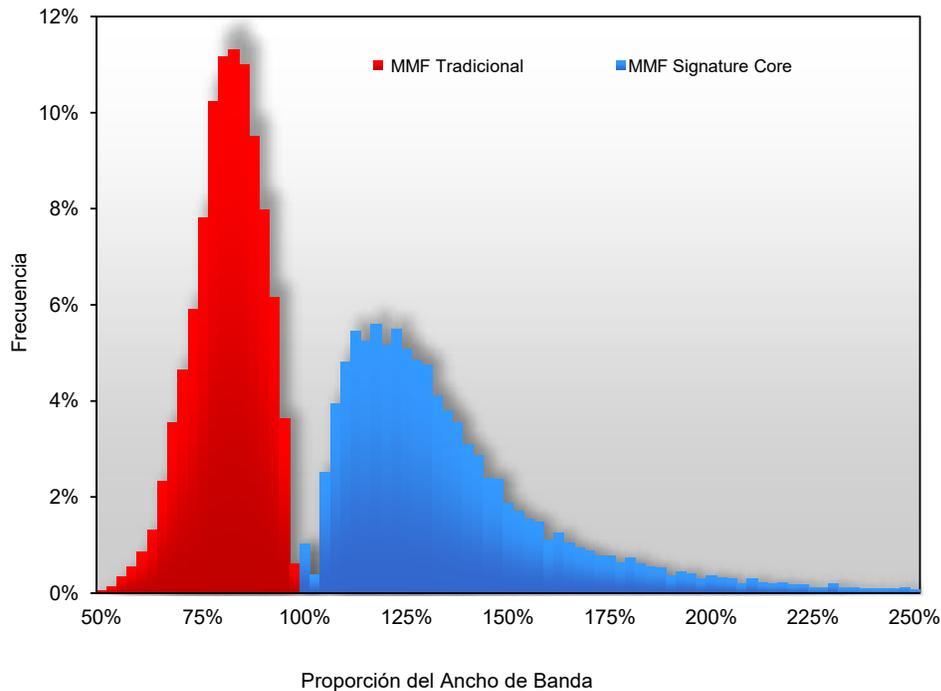


Figure 4. Beneficio modelado en cuanto a la proporción de ancho de banda de los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core, comparado con la MMF tradicional que no compensa la dispersión modal o cromática.

La proporción de ancho de banda es el ancho de banda que se calcula sobre la base de la dispersión modal y cromática en conjunto, dividido entre el ancho de banda modal tradicional. Las proporciones de ancho de banda >100% representan mejora y las proporciones de ancho de banda <100% representan degradación. Las mejoras o degradaciones en ancho de banda mejorarán o degradarán el desempeño del sistema, comparado con el desempeño que predicen los modelos de los sistemas tradicionales. Los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core ofrecen mejor desempeño del sistema para aproximadamente 98% de los *transceivers*, con un promedio de mejoras de 30%. El balance del 2% de estos *transceivers* incurre en aproximadamente 1% de degradación del ancho de banda.

En contraposición, la fibra tradicional genera una reducción de ancho de banda de alrededor de 20%, comparado con el ancho de banda que predicen los modelos tradicionales que no consideran en forma conjunta los efectos de la dispersión modal y cromática. Esta reducción del ancho de banda representa un riesgo de reducción del alcance, del presupuesto de conectividad y del desempeño del sistema.

Otra forma de aprovechar el desempeño mejorado de los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core, es desplegando una arquitectura de *switches* basada en *Fabric*. Al usar los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core para conectar *switches* en configuración *Leaf-Spine*, dicha arquitectura podrá ampliarse y así cubrir más área dentro del centro de datos.



Conclusiones

Para centros de datos de alta velocidad, o en colocación, y para redes empresariales de comunicación óptica, la pérdida óptica básica y la dispersión (disipación de las señales ópticas), son los factores más importantes que determinarán el desempeño general de una red. Utilizar conectividad de alto desempeño (baja pérdida) y cableado de fibra, así como seguir las prácticas estandarizadas de la industria del enrutamiento de cables (por ejemplo, mantener el control del radio de curvatura), son las mejores formas de minimizar la distorsión en la señal por pérdida óptica excesiva. Las técnicas que tradicionalmente han servido para reducir al mínimo la distorsión de señal, que reducen la dispersión total, se han construido sobre modelos simplificados del sistema que no han considerado la interacción entre los dos principales tipos de dispersión en redes MMF: la dispersión modal y la dispersión cromática. El efecto neto de estos modelos de sistemas simplificados no ofrece estimaciones exactas del desempeño de una red en el peor escenario, como era deseado, y el *transceiver* y la fibra se han optimizado en forma independiente, ignorando, por tanto, las mejoras potenciales al desempeño que aportaría diseñarlos como un sistema.

Al considerar las dispersiones modal y cromática juntas, los clientes han podido experimentar mejoras importantes que resultan en un mejor modelo de sistema con el que pueden predecir un desempeño exacto. Los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core™ se han diseñado considerando la interacción entre dispersión modal y dispersión cromática, para poder compensar sus efectos y proveer así un sistema de comunicación (que incluye *transceivers* y fibra) con un mínimo de dispersión total. Estos sistemas ofrecen mejor desempeño, compensando los efectos de la dispersión modal y cromática a la vez que eliminan la combinación potencial de ambas dispersiones, lo que podría degradar enormemente el desempeño del sistema. Aunque dentro del centro de datos la longitud promedio es menor a los 100m, lo que podría hacer que el impacto de dicha compensación fuera insignificante, el margen de la fibra Signature Core permite sistemas de arquitectura más compleja con mayor conectividad, sin sacrificar el ancho de banda o el desempeño del enlace.

Los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core™ son la única fibra MMF que corrige las dispersiones modal y cromática porque está diseñada para contrarrestar ambos efectos dispersivos y minimizar la dispersión total. La fibra cumple con los estándares OM3 y/u OM4 al 100% [4,5].

Para los canales que son muy exigentes en cuanto a alcance, presupuesto de conectividad o requerimientos de desempeño, la fibra MMF de los Sistemas de Cableado de Fibra Óptica Signature Core™ ofrece a diseñadores y operadores de redes, fibra del más alto desempeño disponible para cubrir las aplicaciones y arquitecturas más demandantes de los centros de datos.

Referencias

[1] IEEE Std 802.3™ - 2008.

[2] IEEE Std 802.3ba™ - 2010.

[3] S. Gronenborna, H. Moenchb, M. Millerc, P. Gerlachc, and J. Kolbb, “Dynamics of the Angular Emission Spectrum of Large-area VCSELs,” Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers XIV, SPIE Proc., vol. 7615, pp. 76150I-76150I-12 (2010).

[4] TIA-492AAAC-B, Telecommunications Industry Association standard “Detail specification for 850-nm laser-optimized, 50- μ m core diameter/125- μ m cladding diameter class 1a graded-index multimode optical fibers,” November 2009.

[5] TIA-492AAAD, Telecommunications Industry Association standard “Detail specification for 850-nm laser-optimized, 50- μ m core diameter/125- μ m cladding diameter class 1a graded-index multimode optical fibers suitable for manufacturing OM4 cabled optical fiber,” September 2009.



Desde 1955, la cultura de curiosidad y pasión de Panduit por la resolución de problemas ha permitido conexiones más significativas entre los objetivos comerciales de las empresas y el éxito de su mercado. Panduit crea soluciones de infraestructura física, eléctrica y de redes de vanguardia para entornos empresariales, desde el centro de datos hasta la sala de telecomunicaciones, desde el área de oficinas hasta la planta. Con sede en Tinley Park, Illinois, EE. UU. y con operaciones en 112 ubicaciones globales, la reputación comprobada de Panduit por su calidad y liderazgo tecnológico, junto con un sólido ecosistema de socios, ayudan a respaldar, sostener y potenciar el crecimiento empresarial en un mundo conectado.

Para más información

Visítenos en www.panduit.com/signaturecore

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE CASO DE ESTUDIO PRETENDE SER UNA GUÍA PARA EL USO DE PERSONAS CON HABILIDAD TÉCNICA BAJO SU PROPIO CRITERIO Y RIESGO. ANTES DE USAR CUALQUIER PRODUCTO PANDUIT, EL COMPRADOR DEBE DETERMINAR LA IDONEIDAD DEL MISMO PARA EL USO PREVISTO. PANDUIT RENUNCIA A CUALQUIER RESPONSABILIDAD QUE SURJA DE CUALQUIER INFORMACIÓN CONTENIDA AQUÍ O POR AUSENCIA DE LA MISMA.

Todos los productos Panduit están sujetos a los términos, condiciones y limitaciones de su garantía limitada de producto vigente en ese momento, disponible en www.panduit.com/warranty.

* Todas las marcas comerciales, marcas de servicio, nombres comerciales, nombres de productos y logotipos que aparecen en este documento son propiedad de sus respectivos dueños.

SUBSIDIARIAS DE PANDUIT EN LATINOAMÉRICA

PANDUIT MÉXICO
Tel: 01800 112 7000
01800 112 9000

PANDUIT COLOMBIA
Tel: (571) 427-6238

PANDUIT CHILE
Tel: (562) 2820-4215

PANDUIT PERÚ
Tel: (511) 712-3925

latam-info@panduit.com