

Prueba de redes de transporte y servicio 100G

**La prueba de servicios 10G y 100G es similar.
Sin embargo, existen diferencias considerables**

La creciente necesidad de ancho de banda ha activado el desarrollo de redes basadas en 100G. Más específicamente, en lo que se refiere a una red equipada con interfaces de núcleo capaces de transportar señales a una tasa de transferencia de bits justo por encima de los 100G. Los primeros intentos y experimentos en 100G se centraron en la tarea principal de transportar información a través de distancias relativamente largas, que necesitaban técnicas de modulación, con la vista puesta en soportar la conectividad con el backbone. El tendido de nuevas redes 100G se ha convertido en moneda corriente y se está llevando a cabo en todos los continentes. Las aplicaciones ya se extienden más allá del transporte en el backbone y evolucionan hacia el mercado mayorista y la integración de puertos con capacidad de 100G. Sin embargo, aunque continuará creciendo en los próximos años, el uso de servicios 100G por parte de clientes empresariales, como por ejemplo bancos, todavía tiene que empezar a desarrollarse.

De igual manera, el uso de 100G está evolucionando en los centros de datos con respecto a la conectividad del servidor. El presente estudio señala los fundamentos básicos en relación a la arquitectura de las redes de transporte 100G, describe las aplicaciones de activación del servicio aplicable tanto a pruebas ópticas como a 100 Gigabit Ethernet (GE), e investiga las redes OTN y su evolución.

Topología de Red

Se suele utilizar terminología ambigua al momento de mencionar las clasificaciones más importantes de interfaz 100G como interfaces "client side" y "line side". En términos generales, line side se refiere a interfaces utilizadas para la transmisión de información sobre distancias relativamente largas, como cientos o miles de kilómetros, donde el transporte de varias señales se efectúa por una sola fibra por medio del sistema de multiplexing por división de longitud de onda (WDM: Wavelength Division Multiplexing). Esto exige el uso de técnicas de modulación avanzadas que son complejas y normalmente específicas para cada vendedor. Por el contrario, client side se refiere a interfaces que utilizan una modulación ON-OFF simple e interfaces estándar bien definidas y comunes para varios vendedores que requieren distancias más cortas de transmisión. Los principales tipos de interfaces de cliente son 2:

- 100GE a 103.125, definida y estandarizada por el IEEE 802.3ba; ésta es la clase de interfaz más común;
- OTU a 111.8, definida y estandarizada por el ITU-T G.709.

Las interfaces line-side de 100G no transmiten por medio de ningún formato de modulación estandarizado; sin embargo, la mayoría de las interfaces de línea 100G usan la modulación PM-QPSK (polarization multiplexed quadrature phase shift keying). Esta técnica de modulación se usa, en general, junto con la detección coherente en el extremo receptor; aquí es donde el receptor está equipado con un láser que cuenta con un oscilador local de frecuencia cerrada, y la fase de señal y amplitud se recuperan a través del procesamiento digital de la señal. Una ventaja de tales receptores coherentes es que pueden compensar electrónicamente la dispersión en la fibra, lo que incrementa considerablemente la capacidad de recuperación de las señales transmitidas en forma de dispersión cromática y dispersión de modo de polarización. La Figura 1 muestra un diagrama de alto nivel de modulación DP-QPSK. El transmisor genera dos señales ópticas QPSK independientes, cada una con cuatro fases ópticas diferentes, que se combinan en dos estados ortogonales de polarización. Esto logra una señal donde la tasa de baudio es un cuarto de la tasa de bits.

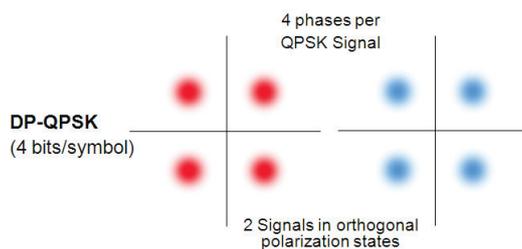


Figura 1. DP-QPSK signal

Las interfaces client side son interoperables entre vendedores y proveen conectividad dentro de la red. Con un transporte de 100 GE, la interfaz más común es 100GBase-LR4, que suministra conectividad por fibra a través de 4 longitudes de onda sobre una distancia máxima de 10 Km. Cada longitud de onda es equivalente a un ancho de banda de 25G aproximadamente, brindando un agregado de 103.125G. Existen interfaces alternativas de 100 GE como se muestra en la Tabla 1. La mayoría de las interfaces están definidas por el estándar IEEE 802.3ba mientras que el 10x10 MSA marca una interfaz de longitud de onda 10G. Actualmente, el uso de 100GBase-ER4 está en sus primeras etapas debido a la falta de disponibilidad de ópticas de 40 Km. La interfaz para 100GBase-SR10, que es relativamente popular, se utiliza principalmente para aplicaciones de centros de datos y 100GBase-CR10 que es un estándar eléctrico.

Tabla 1. 100 GE interfaces

Interface	Reach	Medium	No. of WL/Fibers	Benefit
100GBase-LR4	10 km	SMF	4 λ / dir	IEEE 802.3ba
100GBase-ER4	40 km	SMF	4 λ / dir	IEEE 802.3ba
100GBase-SR10	100 m 125 m	OM3 MMF OM4 MMF	10 fibers / dir	IEEE 802.3ba
100GBase-CR10	7 m	Twin-axial electrical	10 cables / dir	IEEE 802.3ba
10x10 MSA	2 km 10 km 40 km	SMF	10 λ / dir	10x10 MSA Tech Spec

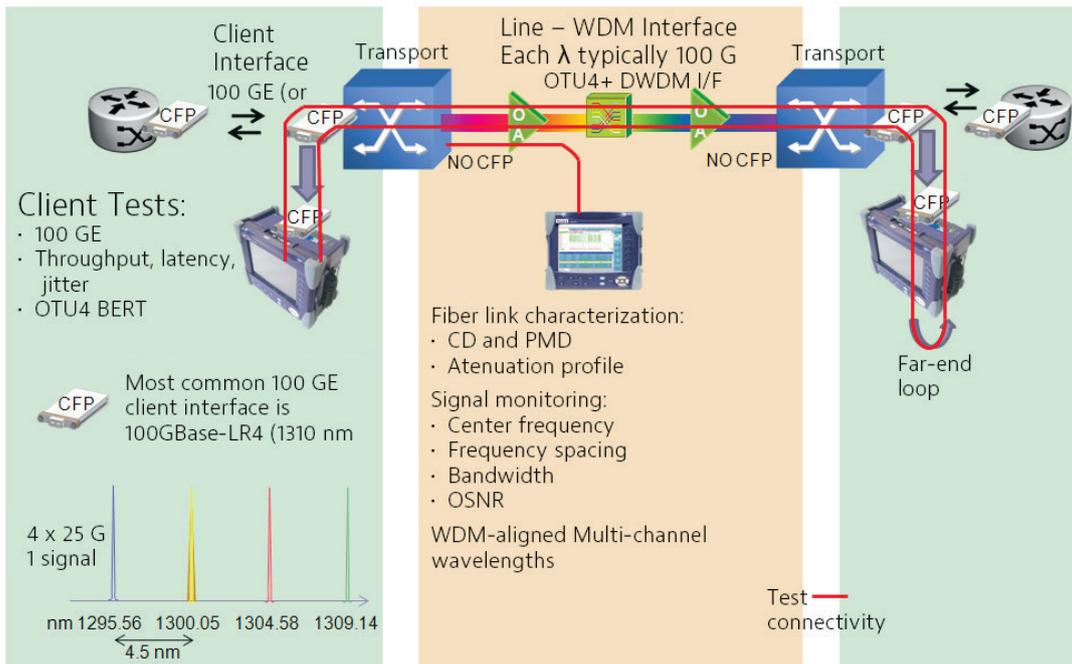


Figura 2. Line and client interfaces

La Figura 2 es un diagrama que ilustra la relación entre interfaces client side y line-side de 100G en una típica red de transporte 100G.

La aplicación que ilustra la Figura 2, donde el equipo de transporte está equipado con un CFP (C-form factor pluggable) 100G en la interfaz de cliente, se conoce generalmente como aplicación transponder. En tal caso, hay un servicio de 100GE que viaja a través de la red por medio de conexiones WDM. Esto se opone a una aplicación muxponder donde hay múltiples conexiones de baja velocidad, comúnmente múltiples conexiones 10G, como por ejemplo las interfaces 10GE, que se conectan al núcleo del backbone para formar un agregado de 100G consolidado sobre un ancho de banda. Básicamente, el tráfico del cliente pasa por un estado multiplexing para aprovechar la eficacia de los altos índices de las conexiones del núcleo del backbone. En términos de la evaluación de la aplicación, la activación de tal servicio muxponder implica generar y analizar el tráfico dentro de la red desde una o múltiples fuentes 10G en vez de una fuente 100G. Existen aplicaciones de transporte 100G adicionales; en la actualidad, las variantes transponder y muxponder son las más comunes.

La Figura 3 es una muestra de la conectividad en una aplicación muxponder.

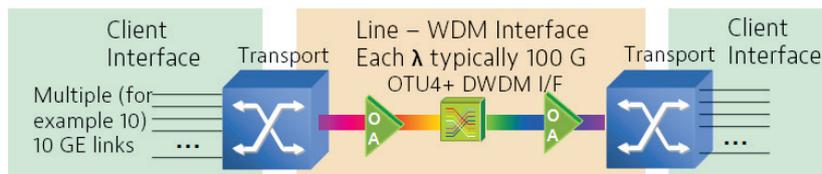


Figura 3. Muxponder application

Prueba del Line-Side

La evaluación de interfaces en línea implica el análisis de los parámetros ópticos relacionados con la señal y el medio, que en este caso es la fibra óptica. En relación a la dispersión, una mayor tasa de línea como es 100G significa un mayor nivel de sensibilidad en el receptor. Para la dispersión cromática, la sensibilidad aumenta proporcionalmente al cuadrado de la tasa de línea, lo cual es significativo, mientras que el modo de dispersión de la polarización crece en forma lineal con la tasa de línea. Sin embargo, como los sistemas 100G utilizan detección coherente junto con procesamiento de alta velocidad en el receptor de la señal electrónica, las distorsiones en la señal causadas por el modo de dispersión de la polarización y la dispersión cromática están bien mitigadas. La tolerancia de estas señales al modo de dispersión de la polarización y a la dispersión cromática es considerablemente mayor que aquellas señales 10G ó 40G detectadas convencionalmente (normalmente más de 30,000 ps/nm de dispersión cromática acumulada y más de 30 ps de modo de dispersión de la polarización.) De todos modos, la caracterización y documentación de la infraestructura de fibra continúa siendo un paso sumamente recomendable en el mantenimiento del sistema, especialmente en sistemas WDM con señales mezcladas, donde señales 10G y 40G pueden co-propagarse con señales 100G a través de la misma fibra óptica.

Un parámetro importante a tener en cuenta en el commissioning de line-side links de 100G es la OSNR (optical signal-to-noise ratio) de la señal a lo largo del enlace de fibra y en particular al final del enlace. Asegurarse de que la OSNR brinde una señal 100G dentro de los límites de tolerancia es vital para cerciorarse de que la red opere con una tasa mínima de error en la información. Sin embargo, es difícil medir la OSNR directamente en las señales de línea 100G transmitidas porque el espectro de la señal se extiende sobre la totalidad del ancho del canal WDM. Más aún, las técnicas de discriminación de la polarización (como es la anulación de la polarización) utilizada para medir la OSNR en señales de polarización simple (como 10 o 40G OOK-NRZ) no pueden aplicarse en este caso porque una señal PM-QPSK no muestra un estado de polarización bien definido. Por lo tanto, la OSNR de 100G PM-QPSK no puede medirse cuando la red está en servicio. En algunos casos, es posible que se pueda medir el nivel de ruido óptico en un canal WDM determinado al apagar la señal 100G transmitida. Esto hace que la red deba estar fuera de servicio lo cual no es práctico en redes ROADM con monitores de canal óptico (OCMs) que bloquean la transmisión del canal cuando se pierde la señal. Hay estudios que se están llevando a cabo a nivel de la industria para identificar un método que mida la OSNR dentro de la banda para señales PM-QPSK.

Prueba de cliente 100GE

La base de la activación para probar la interfaz de cliente 100GE significa general y analizar el tráfico mientras se monitorean alarmas y errores. Para probar el funcionamiento de la red, el abordaje más común es utilizar un paquete de pruebas que simplifique y automatice la ejecución. Los paquetes de pruebas para la activación del servicio de tráfico utilizados con más frecuencia están definidos en IETF RFC 2544 y ITU-T Y1564. En general, estos paquetes de prueba evalúan el funcionamiento con un loopback en el extremo de la red como ilustra la Figura 1. El circuito cerrado (loop) del extremo puede aparecer como un circuito cerrado duro, generalmente un cable de parcheo de fibra óptica, que sólo es aplicable a redes de transmisión de la Capa 1 (Layer 1 Transmission Networks). Cuando las funciones de las Capas 2 y 3 están presentes, es decir conmutación o ruteo Ethernet, el loopback del extremo debe ser una función lógica. Tal funcionalidad requiere de un aparato activo, como podría ser el equipo de prueba, que permita el intercambio de la Capa 2 y de las direcciones de origen y destino de la Capa 3 cuando sea necesario.

La elección de RFC 2544 ó Y1564 puede depender de la naturaleza de la prueba de activación o simplemente de los procedimientos existentes para el equipo regulador o de gestión de fallas. El método RFC 2544 está bien establecido e incluye pruebas de rendimiento, latencia, tasa de pérdida de cuadros y bursting (ráfagas de datos). Generalmente se acepta el agregado, aunque no se recomienda, de una prueba de agitación de paquetes (pace jitter test). El rol principal de RFC 2544 es el de activar un nuevo enlace con un único servicio. El tiempo de ejecución de los paquetes de prueba RFC 2544 en realidad depende de implementaciones específicas; las optimizaciones son posibles para aumentar la velocidad y eficiencia de este test.

La atención del ITU-T Y1564 se centra principalmente en la activación del servicio; la implementación de los paquetes de prueba resultantes posee el beneficio principal de brindar pruebas automatizadas para múltiples servicios en simultáneo. En un paquete de prueba de aplicaciones tales servicios son simulados como torrentes de tráfico que se utilizan, por ejemplo, para discriminar entre tráfico de servicio asignado a diferentes clases de servicio o incluso entre tráfico regular de servicio y control de tráfico de aviones en misiones críticas. Y1564 se concentra en 3 KPIs (Key performance indicators: indicadores claves de desempeño) que proveen métricas en forma de tasa de pérdida de cuadros (FLR), demora de cuadro (FD, latencia) y variación en la demora de cuadro (FDV, agitación de paquete). Las pruebas de desempeño de Y1564 son aptas para pruebas de SLA (service level agreement) al verificar cada servicio con el perfil de ancho de banda que le corresponde. Los parámetros del tráfico asociados con estos perfiles siempre incluyen la tasa de información comprometida (CIR: committed information rate) y existe un creciente interés en el CBS (committed burst size); la prueba de la tasa de exceso de información (EIR: excess information rate) es parte de Y1564 aunque no siempre se pone en práctica, mientras que el EBS (excess burst size) es menos común. El paquete de aplicaciones de prueba Viavi Y1564 se llama SAM Complete. Como en el caso de RFC 2544, Y1564 puede utilizarse para evaluar el tráfico bidireccional (con loopback) y hasta el tráfico unidireccional o asimétrico. La Tabla 2 es un resumen comparativo de RFC 2544 e Y1564 de alto nivel. En el caso de errores encontrados al ejecutar pruebas de red, uno de los pasos en la localización y resolución de problemas puede involucrar evaluar las ópticas del cliente. Las pruebas CFP se pueden ejecutar en el equipo destinado para tal fin y deben incluir pruebas de patrones de bajo nivel a través del supported clock Offset range que para Ethernet es ± 100 ppm.

Un elemento importante para considerar como parte de RFC 2544 y de Y1564 es la precisión y resolución de la medición de la latencia. La precisión se refiere a la cercanía de una medida a su valor real, dentro de un margen de error, y resolución se refiere al nivel de información brindado, por ejemplo 100ns o resolución 0.01 μ . Para ser capaces de correlacionar en forma precisa la longitud de la fibra con la latencia se necesita alta resolución como precisión. Esta correlación es importante, especialmente al brindarle soporte a clientes finales involucrados en aplicaciones como negociaciones altamente frecuentes en el sector financiero, o servicios urgentes de conexión inalámbrica. A 103.125G, la tasa real de 100 GE, toma 100ns para transmitir un cuadro de 1289 bytes, siempre y cuando la precisión de la latencia a nivel del cuadro se encuentre dentro del alcance de la tecnología actual.

Un procedimiento adicional recomendado para la activación del servicio es la prueba de la transparencia de la Capa 2 (Layer 2 transparency testing). En las redes Ethernet, donde hay elementos de conmutación o hasta de ruteo, esta prueba representa una importante consideración que puede eliminar largos y arduos procesos de localización y resolución de problemas.

Los conmutadores y los routers, incluyendo los módulos Ethernet y MAC que se encuentran en equipos de transporte, generan una cantidad relativamente pequeña de tráfico vital en forma de información del plano de control. Estos cuadros del plano de control están destinados principalmente para otros conmutadores y routers. Al suministrar una red de servicios de banda ancha se asegura que todos los protocolos del plano de control reciban el trato correspondiente. Esto implica que la red sea adecuadamente cavada, vigilada, o descartada según MEF 6.1.1. Los protocolos de la Capa 2 para el plano de control se identifican según su tipo de protocolo Ethertype y campos de subtipo o códigos LLC (logical link control). Ejemplos de tales protocolos incluyen el protocolo de árbol de expansión (STP: spanning tree protocol) y el protocolo de descubrimiento de capas de enlace (LLDP). Un método efectivo para ejecutar este tipo de prueba es emular en la red estos protocolos de planos de control asegurándose al mismo tiempo, que no se intercepten ni modifiquen los marcos correspondientes de manera indebida. Un ejemplo de una aplicación adicional para pruebas de transparencia para la Capa 2 es cuando un operador provee una evaluación independiente del desempeño además de reportes completos de capacidades.

Tabla 2. RFC 2544 and Y1564 Applications

	RFC 2544	Y1564
Main 100 GE Application	Turn up new backbone link or single end-to-end connection	Turn up Ethernet connection(s) or service(s) in the core
Parameters Measured / Validated	Throughput Latency Frame loss rate Burstability (Extra: CBS) Extra: packet jitter	FLR Latency: FD Packet jitter: FDV CIR EIR Traffic policing CBS
Key Focus	Test one stream (address pair); identify maximum performance	Test one or multiple service, validate frame transfer performance including against SLA parameters

Localización y resolución de problemas de red

Además de las pruebas de activación del servicio, existe la necesidad de localizar y solucionar problemas. En cuanto a Ethernet, lo que se refiere a la Capa 2 y Capa 3, las metodologías y procedimientos de las pruebas son bastante similares a lo que se hace a 10GE (como RFC 2544, Y.1564, y transparencia de la Capa 2). Sin embargo, la implementación de la Capa 1 en módulos y sistemas 100G es básicamente diferente a los sistemas de tasas de línea inferiores, y estas diferencias se extienden a las ópticas del cliente a través de múltiples anchos de banda. Como resultado, la localización y resolución de problemas de campo incorpora el requisito de ver la información que hay que reportar a nivel de la línea eléctrica. Estas líneas eléctricas se encuentran detrás de los módulos ópticos como CPPS. Tal información, según los errores de línea y alarmas (por ejemplo, pérdida de sincronización), pueden ayudar a identificar un problema aislado del hardware en una línea física específica. De todos modos, la necesidad de llevar a cabo pruebas profundas para los elementos, como son las pruebas de distorsión (skew testing), están más allá de los requerimientos del campo y se desarrollan en entornos de laboratorio. En el caso de haber problemas físicos con la capa en el campo, serán detectados a través de procedimientos para hacer pruebas de tráfico.

La capacidad de localizar y resolver problemas que no se requiere aún en el campo es la necesidad de paquetes de captura a nivel de campo (field-level packet capture). Tales capacidades requieren de la presencia de puertos espejo para capturar, que no están disponibles con facilidad a 100 GE. Además, este nivel de localización y resolución de problemas se ejecuta en un circuito de cliente final, como por ejemplo un cliente empresarial, en donde existen muy pocos circuitos 100GE actualmente disponibles.

El futuro de la red de transporte óptico (OTN) ya está aquí

La evolución hacia redes 100G está promoviendo el despliegue de un mayor número de puertos OTN. Las redes OTN fueron creadas hace más de una década con el propósito principal de transportar clientes SONET/SDH a través de distancias largas. Las mismas presentan un algoritmo de corrección de error saliente (FEC: forward error correction) asociado con cada marco OTN que ayuda a extender la distancia entre los nodos terminales. El estándar principal ITU-T G.709 ha evolucionado para acomodar clientes con diversa carga útil como son Ethernet, Fiber Channel e interfaces comunes de radios públicas (CPRI: common public radio interface). Aquí es donde se define la interfaz 100G OTU4.

En adelante, el mayor cambio desde una perspectiva de prueba es lograr que haya más puertos OTN que se usen como interfaces de cliente. Esto a su vez permite que las aplicaciones de prueba, como los puertos del cliente, estén completamente estandarizadas y puedan interoperar con equipos de prueba. La mayoría de las aplicaciones preexistentes, en particular digital wrappers, donde la señal de un cliente está envuelta en OTN, son las que se aplican a puertos de fuente de alimentación donde, en general, no se logran hacer pruebas de generación de tráfico por problemas de compatibilidad. Esto surge en los puertos de fuente de alimentación por dos razones principales: la utilización de técnicas de modulación avanzadas específicas para cada vendedor y de algoritmos para la corrección de error saliente (FEC: forwarded error correction) registrados. Todos los puertos de cliente OTU4 admiten el FEC genérico G.709 RS (255,239) que se exige en G.709, brindando de este modo, interfaces comunes utilizables como puntos de acceso de prueba.

Las aplicaciones OTN de cliente emergentes incluyen OTN handoffs directamente del puerto de un router, donde Ethernet está envuelto en OTN, o simplemente entre dos operadores. Entre las razones para usar OTN se encuentran las capacidades de operaciones avanzadas, administración y mantenimiento para que exista un monitoreo sólido de alarma y error. Además, cabe destacar que no existe un estándar SONET/SDH para 100G. En un futuro cercano, veremos emerger aplicaciones OTN de campo como Layer 1 OTN switching basadas en ODU Multiplexing. Esto representa una ola inminente de despliegues donde las señales de baja velocidad pueden cambiarse por conexiones OTN de alta velocidad de hasta OTU4 o agregarse a las mismas. El motor clave detrás de todo este desarrollo permanece en el transporte de señales de Ethernet de alta velocidad.

Conclusión

En conclusión, los despliegues 100G están acelerándose en todo el mundo. Comparados con el transporte de 10 y 40G, hay un número de avances, incluyendo planes de modulación, y de diferencias, como nuevas capas físicas. Los principales parámetros de prueba a tener en cuenta, como la dispersión y las interfaces OSNR en línea, la tasa de pérdida de marcos, la latencia, la agitación del paquete (packet jitter), y la transparencia del protocolo en las interfaces del cliente, siguen siendo. Sin embargo, la cantidad total de información y la criticidad de los servicios 100G hacen que las pruebas sean un factor clave de despliegue. Además, la aceleración global hacia el uso de interfaces OTN de clientes hace que la adopción de procedimientos rigurosos de evaluación represente una consideración importante.

Estos elementos contribuyen a la evolución de la industria de las telecomunicaciones y nos llevan hacia el próximo ciclo de innovación basado en backbones con una capacidad aún mayor.



Contáctenos +34 91 383 9801
+1 954 688 5660

Para localizar la oficina Viavi más cercana, por favor visítenos en viavisolutions.com/contactos.

© 2015 Viavi Solutions Inc.
Las especificaciones y descripciones del producto descritas en este documento están sujetas a cambio, sin previo aviso.
test100g-wp-tfs-tm-es
30173454 900 0213

viavisolutions.es
viavisolutions.com.mx