

HOGARES CONECTADOS

HOGARES PASADOS

Redes FTTx/PON

Guía de Aplicación del Analizador de Servicios



Introducción

El servicio de Internet Fiber-to-the-home/premise (FTTH/P) en todo el mundo está entrando en su mayor ciclo de inversión gracias a varios programas gubernamentales e iniciativas de financiación local. Solo en los EE. UU., se prevé que se implementará más fibra en los próximos cinco años, para ayudar a reducir la brecha digital y soportar aplicaciones 5G, que toda la fibra implementada hasta la fecha. La fibra también obtiene una puntuación más alta en términos de ancho de banda, latencia, confiabilidad, incluida la satisfacción del cliente que cualquier otra tecnología de banda ancha; esto no solo impulsa la adopción, sino que contribuye a una intensa competencia entre una nueva generación diversa de proveedores de servicios.

Para asegurar y maximizar una parte de los lucrativos subsidios gubernamentales y los fondos de inversionistas disponibles, los proveedores están anunciando planes ambiciosos para pasar millones de hogares con redes FTTH/P: los "hogares" se clasifican como unidades unifamiliares (SFU) o múltiples. -unidad de vivienda (MDU). En cualquier caso, una red de distribución óptica (ODN) robusta y confiable compuesta por fibras ópticas, conectores, empalmes, divisores, armarios de distribución óptica (ODF) y terminales de acceso de fibra (FAT) que conforman la red óptica pasiva (PON), es requerida para llegar a la premisa de cada suscriptor.

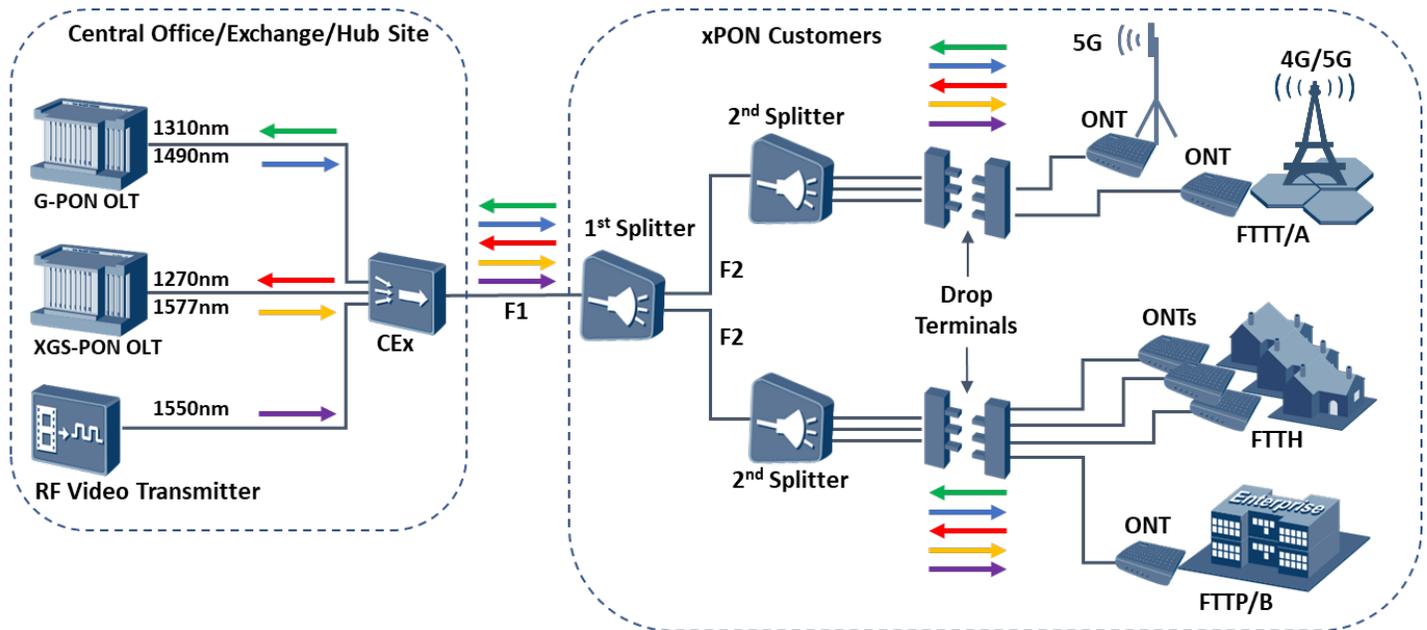
Las cifras de "Penetración" de FTTH publicadas por los proveedores a menudo son engañosas, mal entendidas o interpretadas, lo que lleva a los clientes a creer que el servicio de Internet de alta velocidad ya está habilitado y accesible en su área. Sin embargo, la penetración en el contexto de FTTH es solo la relación entre el total de hogares pasados (HP) y el total de hogares conectados (HC) en la huella del servicio de un proveedor. "HP" básicamente significa que la unidad residencial se encuentra dentro del área de cobertura y, en teoría, es capaz de conectarse a la red del proveedor. "HC", por otro lado, se refiere a un HP que se conectó a la red del proveedor y donde el servicio de Internet comprometido se activó con éxito según lo ordenado.

Para lograr sus agresivos hitos de FTTH/P, los operadores están de acuerdo en que el proceso de instalación de fibra óptica debe ser lo más impecable posible; además, es cada vez más importante convertir las conexiones de fibra en suscriptores de Internet de pago reales sin contratiempos. Esta guía examina los beneficios de los analizadores de servicio PON y cómo los técnicos de campo pueden aprovechar esas capacidades para lograr sus objetivos de HP y HC a fin de brindar servicios de Internet confiables y de alta velocidad de manera rápida y eficiente.

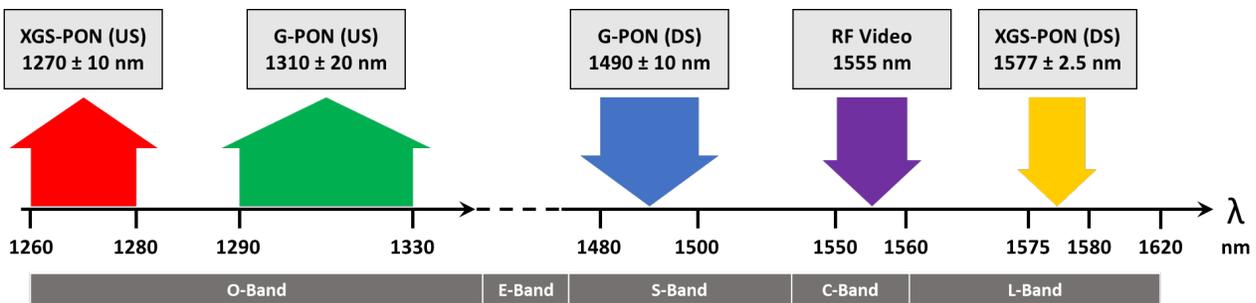
Sistemas híbridos G-PON/XGS-PON

Los proveedores de servicios tienen diferentes opciones para implementar tecnologías G-PON y XGS-PON sobre el mismo ODN. La elección depende de cuándo se instaló originalmente la PON y cómo ha evolucionado con el tiempo para admitir servicios y clientes de mayor ancho de banda.

El siguiente diagrama representa un PON típico con servicios de video G-PON, XGS-PON y RF, incluidas sus correspondientes longitudes de onda. Un elemento de coexistencia (CEX) en la oficina central/conmutador combina todas las longitudes de onda descendentes de los OLT y el transmisor de video RF en una sola fibra. De manera similar, las longitudes de onda ascendentes de los ONT del suscriptor también pasan a través del CEX antes de enrutarse a los OLT respectivos.



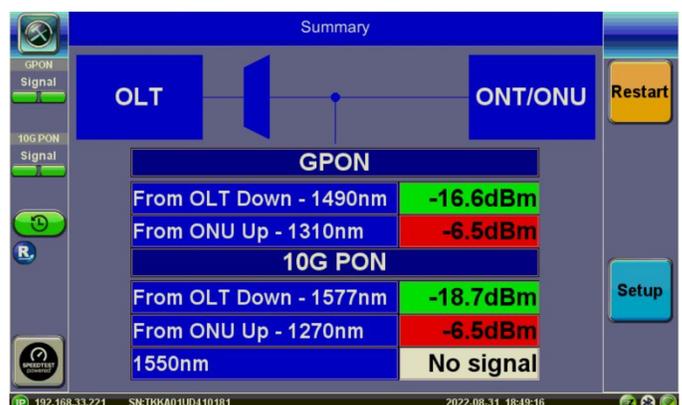
Los OLT separados para G-PON y XGS-PON son comunes en implementaciones brownfield ya que los servicios 10G se agregaron más tarde cuando la tecnología estuvo disponible. Hoy en día, las redes totalmente nuevas cuentan con OLT de próxima generación con tecnologías de velocidad múltiple, G-PON y XGS-PON implementadas en una sola tarjeta de línea; el CEX externo se elimina así y el filtrado de longitud de onda se produce en el propio OLT.



Mediciones de Potencia Óptica PON

Durante la construcción de PON, se pueden usar medidores de potencia óptica de banda ancha (BB-OPM) y fuentes de luz óptica (OLS) para probar la pérdida de ODN. Sin embargo, cuando la PON está en servicio, se requieren OPM filtrados especializados para medir los niveles de las respectivas longitudes de onda G-PON y XGS-PON.

Los analizadores VeEX PON están equipados con un OPM selectivo de lambda que realiza mediciones de potencia en sistemas G-PON y XGS-PON, incluidos los soportan video RF. La unidad se inserta entre el último divisor y el ONT del cliente: un diseño de transferencia de baja pérdida y un procesamiento digital garantizan mediciones precisas en las direcciones ascendente y descendente simultáneamente. Los niveles ópticos también se pueden monitorear a lo largo del tiempo para verificar la señal o la inestabilidad relacionada con ODN.



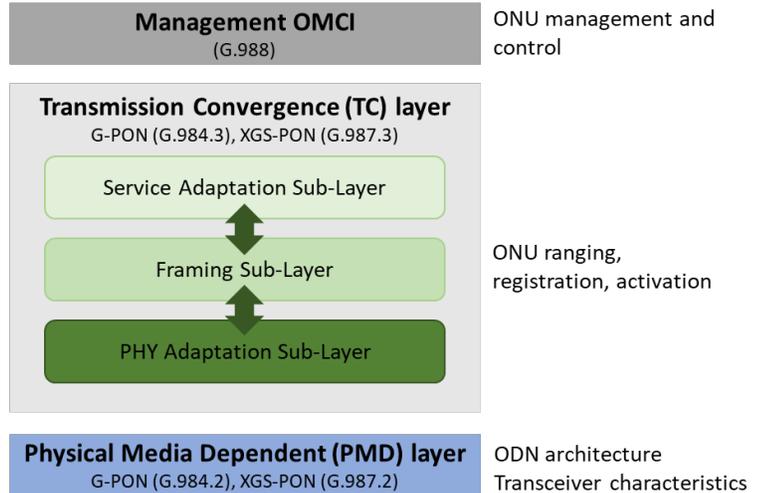
La Importancia de las Capas PMD y TC

Los analizadores PON son herramientas indispensables para realizar pruebas de interoperabilidad o solucionar problemas de activación de ONU con el equipo terminal de línea óptica (OLT) G-PON o XGS-PON de un proveedor de servicios. Sin embargo, para interpretar correctamente los resultados de las pruebas, los técnicos deben tener un conocimiento básico de las subcapas de dependiente de medios físicos (PMD) y de convergencia de transmisión (TC) de PON.

Capa de Convergencia de Transmisión (TC)

La capa de protocolo TC consta de las subcapas de adaptación del servicio, trama y adaptación PHY que permiten el proceso de activación de la ONU y el procedimiento de determinación de rango de potencia. También se admite la gestión de cifrado (AES). La duración de la trama para el flujo descendente y ascendente es siempre de 125 µs y la longitud de la trama (byte) está determinada por las tasas de datos.

- **Descendente** – El modo encapsulado GPON (GEM) y las tramas XGEM se transportan en la carga útil de TC a todas las ONU. El bloque de control físico (PCBd) contiene el entramado que incluye el campo de operaciones, administración y mantenimiento de la capa física (PLOAM). El PCBd también incluye el campo de mapa de ancho de banda que especifica la asignación de transmisión ascendente de una ONU.
- **Ascendente** – El tráfico GEM es transportado aguas arriba por uno o más contenedores de transmisión (T-CONT). Estos marcos administran y optimizan el ancho de banda ascendente en función del tipo de clase de servicio (COS), de los cuales se definen cinco tipos en los estándares. Las asignaciones de BWmap son ejecutadas por el canal de gestión y control de ONU (OMCC) utilizando ID de asignación únicos.



Capa dependiente de medios físicos (PMD)

La capa PMD garantiza que la red de acceso óptico funcione dentro de un rango específico. El rendimiento de los componentes ópticos se basa en las especificaciones de sensibilidad y potencia de salida donde las pérdidas del "peor caso" de conectores, empalmes, dispositivos ópticos pasivos y atenuación de fibra se tienen en cuenta para la pérdida de ODN.

La capa PMD juega un papel fundamental en un sistema PON: sin una capa PMD que funcione correctamente, la capa TC no puede operar. Para G-PON y XGS-PON, las especificaciones PMD están definidas por las respectivas recomendaciones ITU-T G.984.2 y G.987.2.

PMD Parameter per ITU-T	GPON (G.984.2_2019)	XGS-PON (G.987.2 Amd.2)
Optical Power Budget (dB)	Class A: 5-20 Class B: 10-25 Class B+: 13-28 Class C: 15-30 Class C+: 17-32 Class D: 20-35	Class N1: 14-29 Class N2: 16-31 Class E1: 18-33 Class E2: 20-35
Max Logical Distance (km)	60	> 60
Split Ratio	1:64 standard 1:128 maximum	> 1:64 standard 1:256 maximum

Medidas relacionadas con PMD

El analizador FX120 PON extrae/decodifica la clase ODN y la información del nivel óptico de transmisión (TOL) integrada en el mensaje PON-ID. Para XGS-PON, esto lo proporciona el proveedor de servicios en el campo de tipo de PON-ID (PIT). Para G-PON, se ha definido un nuevo mensaje PON-ID PLOAM en un documento G.984.3 enmendado.

La pérdida de ODN (dB) se deriva del TOL de la OLT y el nivel óptico medido por el analizador en el punto de prueba. El resultado de pérdida se compara con los umbrales de ODN predefinidos por servicio G-PON o XGS-PON y están codificados por colores para una visualización simplificada de Pasa/Falla.

Los técnicos tienen la capacidad de verificar la pérdida de ODN en el suscriptor o punto de prueba mientras la red está en servicio y sin interrumpir a otros clientes. Para evitar daños en los ojos, especialmente si la fibra se termina dentro de la casa/establecimiento, también se pueden verificar los niveles ópticos seguros.

TX	5.4dBm
PON ID	64656465
PON Type	RE
ODN class	Class N2

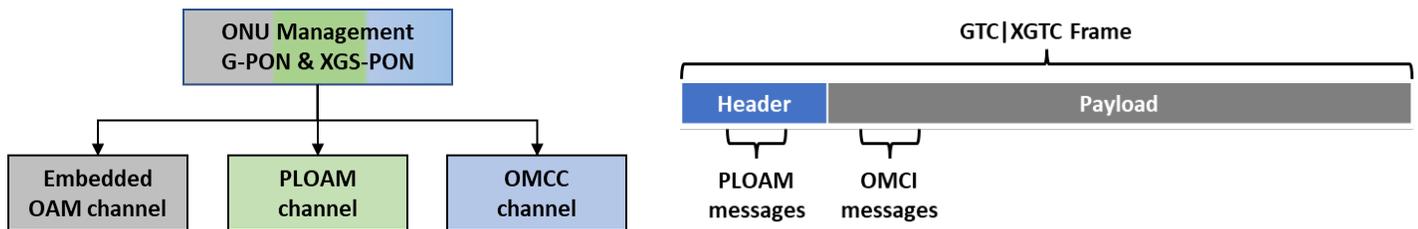
1577nm	-19.1dBm
1270nm	-6.0dBm
ODN Loss	24.5dB
1550nm	No signal

Activación de ONT y Problemas en G-PON y XGS-PON

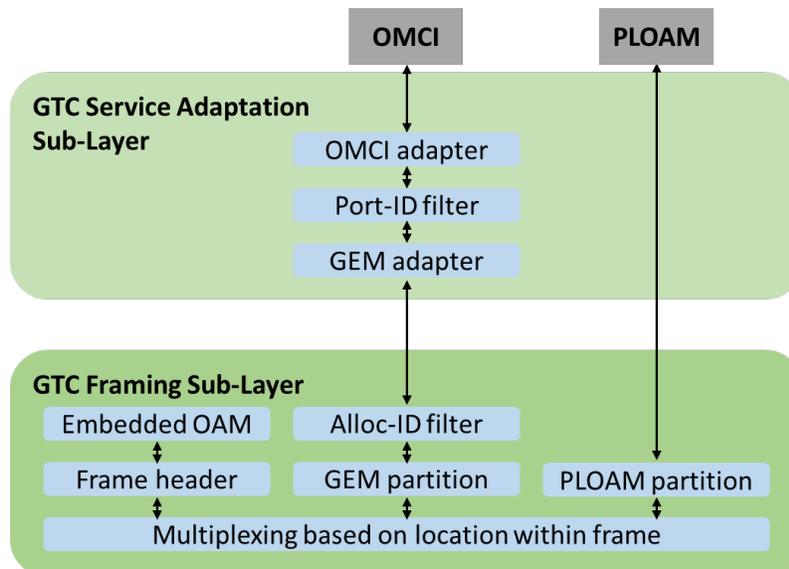
Para reducir los precios de ONT y también la dependencia del equipo de un proveedor específico, los proveedores de servicios de todo el mundo han estado presionando para mejorar la interoperabilidad de OLT y ONT a través de la organización ITU-T y en toda la comunidad de proveedores. A pesar de que la industria está haciendo grandes avances para abordar los problemas de compatibilidad, los problemas de activación de ONT ocurren con bastante frecuencia, ya que muchos problemas de activación están relacionados con un protocolo, mientras que otros son el resultado de condiciones dependientes de medios físicos (PMD).

- **Problemas de medio físico** – principalmente relacionados con la estructura ODN y cómo se divide la potencia óptica en la arquitectura del divisor. Aunque los proveedores de servicios diseñan diligentemente relaciones de división de acuerdo con límites de potencia de ODN estrictos y definidos, las pérdidas ópticas altas debido a la atenuación anormal de la fibra, los conectores sucios, los empalmes de fusión deficientes y las pérdidas por flexión pueden afectar negativamente la potencia óptica recibida por un grupo de ONT o un ONT particular en cualquier parte de la red de fibra. Como resultado, esto provoca una condición de funcionamiento de ONT "estresada".
- **Problemas de protocolo** – a menudo es el resultado de una mala interpretación y/o desviación de un proveedor del estándar de interfaz de control de gestión de ONU (OMCI), especialmente porque la recomendación ITU-T ha sido revisada muchas veces desde 2004 y no todo es compatible con versiones anteriores. En algunos casos, los grandes proveedores de OLT implementan deliberadamente versiones propietarias o no estándar del estándar OMCI, lo que dificulta que los proveedores de servicios busquen productos ONT alternativos a precios más competitivos.

Los problemas de protocolo ocurren en diferentes comunicaciones del plano de control entre la OLT y la ONT. En G-PON y XGS-PON, la información de control, operación y gestión de la ONU se transmite a través de tres canales, y cada canal desempeña un papel vital en el proceso de activación de la ONT.



- **Canal OAM Embebido** – Ruta de baja latencia para información de control urgente. Gestiona las funciones de PMD, como la temporización/perfil de ráfagas PHY aguas arriba, la asignación de ancho de banda, la señalización de asignación de ancho de banda dinámico, la activación forzada y la indicación de jadeo de muerte.
- **Canal OAM de Capa Física (PLOAM)** – se utiliza para toda la información de gestión de PMD y FS que no se envía a través del canal OAM incorporado. Los mensajes PLOAM se transportan en el encabezado de la trama en una partición designada. Se admiten la activación de ONU, el establecimiento del canal de control y gestión de ONU (OMCC), la configuración de cifrado, la gestión de claves y los mensajes de señalización de alarma.
- **Canal de Control y Gestión de ONU (OMCC)** – transporta mensajes de protocolo OMCI que gestionan capas superiores (que definen el servicio). Los mensajes OMCI se transfieren en el área de carga útil, a diferencia de los mensajes PLOAM que se transfieren en el encabezado de la trama.



Los analizadores VeEX PON capturan y decodifican mensajes de canal PLOAM y OMCI para verificar y solucionar problemas de activación de ONT. Las funciones de decodificación y la capacidad de prueba varían según el modelo de analizador.

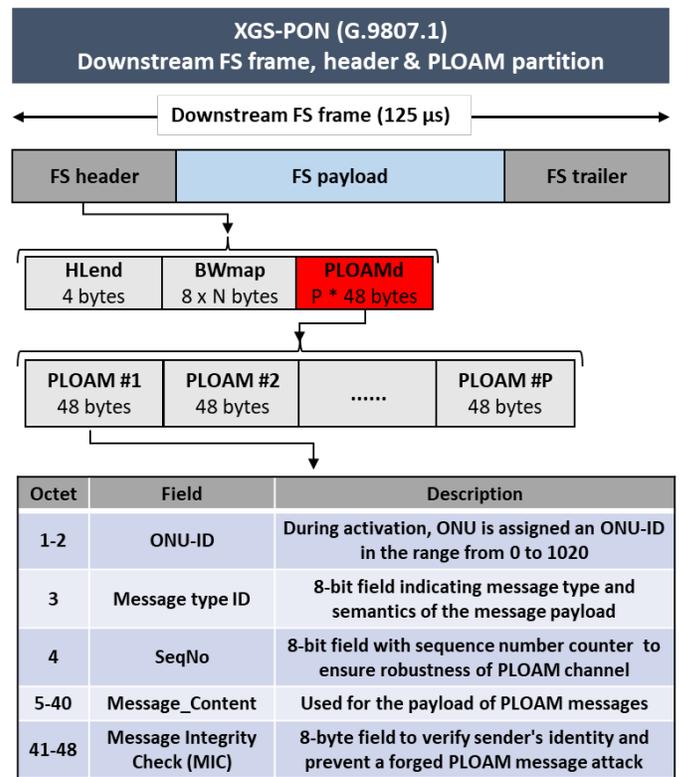
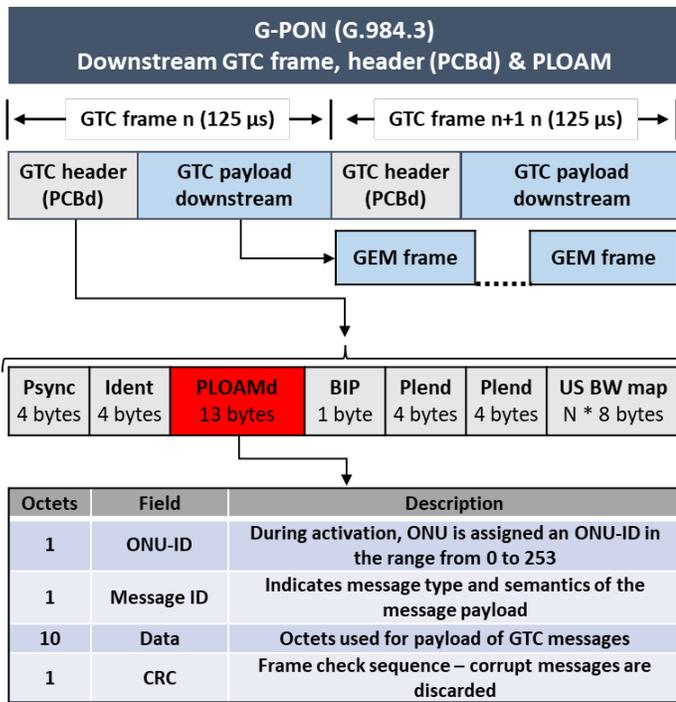
Descripción General del Mensaje PLOAM

La capa física OAM (PLOAM) es un canal de administración y operación basado en mensajes entre la terminación de línea óptica (OLT) y las unidades de red óptica (ONU). Las funciones de gestión de la capa TC incluyen la activación de ONU, el establecimiento de OMCC y la configuración de cifrado de seguridad. Los estándares XGS-PON admiten funciones adicionales, como anuncio de perfil y administración de energía.

G-PON y XGS-PON utilizan mensajes PLOAMd (descendente) y PLOAMu (ascendente) para facilitar las negociaciones de bajo nivel entre la OLT y la ONU que incluyen el descubrimiento de la ONU. Los mensajes PLOAMd descendentes se dividen en dos categorías: los que se transmiten a todas las ONU y los que se transmiten por unidifusión a una ONU específica. Los mensajes PLOAMu ascendentes transmitidos por la ONU son controlados por la OLT.

Las estructuras de mensajes PLOAM para G-PON y XGS-PON se muestran a continuación, incluida una breve descripción de cada campo.

- **G-PON (G.984.3)** – el mensaje PLOAMd (13 bytes) está contenido dentro del Bloque de Control Físico (PCBd) en el encabezado GTC. El campo de mensaje define 19 mensajes de control diferentes, incluidos ONU-ID, número de serie de ONU, Port-ID y un nuevo PON-ID en la última revisión del estándar. Un OLT compatible solo genera el mensaje PON-ID cuando lo proporciona el operador.
- **XG-PON (G.987.3) / XGS-PON (G.9807.1)** – el mensaje PLOAMd (48 bytes) está contenido en una partición PLOAM designada de la trama FS descendente en el encabezamiento XGTC. Es más complejo y rico en características que la implementación de G-PON.



Mediciones PLOAM

Los analizadores de servicio VeEX PON decodifican en tiempo real los mensajes PLOAM en los respectivos encabezados GTC y FS para G-PON y XGS-PON. Las unidades muestran la siguiente información que ayuda en la solución de problemas de campo.

- **ONU-ID:** # de ONU asignado durante el proceso de rango
- **Message ID:** Tipo de Mensaje (19 tipos definidos incl.)
 - #1 - Upstream_Overhead
 - #2 - Assign_ONU-ID
 - #3 - Ranging Time
 - #8 - Assign_Alloc-ID
 - #10 - POPUP
 - #12 - Configure Port-ID
 - #19 - PON-ID



Descripción General de OMCI

El estándar ITU-T G.988 define la sintaxis de la interfaz de configuración y administración de ONU (OMCI) para G-PON y XGS-PON. El mecanismo de transporte OMCI se describe en las respectivas recomendaciones ITU-T G.984.3/G987.3/G.9807.1/G.989.3.

Los estándares especifican una base de información de gestión (MIB) para todas las funciones controladas en la ONU, incluido el canal de comunicación de gestión de la ONU (OMCC) que proporciona un mecanismo para que la OLT admita la funcionalidad de fallo, configuración, contabilidad, rendimiento y seguridad (FCAPS) para la ONU. En términos simples, la OLT controla la ONT utilizando la OMCI para realizar las siguientes funciones:

- Establecer y liberar conexiones con la ONT
- Administrar las interfaces de red de usuario (UNI) en la ONT
- Solicitar información de configuración y estadísticas de rendimiento
- Informar de manera autónoma al administrador del sistema sobre eventos, como fallas en los enlaces

El protocolo OMCI es asimétrico: controlador OLT (maestro), controlador ONT (esclavo). Utilizando OMCI, la OLT gestiona la ONT de la siguiente manera:

- Gestión de la configuración: Controla/identifica la ONT, recopila datos desde/hacia la ONT
- Gestión de fallos: admite la gestión de fallos limitada (solo indicación de fallos)
- Gestión del rendimiento: recopila y consulta estadísticas de rendimiento
- Gestión de seguridad: activa/desactiva el cifrado descendente



Formato de Mensaje OMCI

Los sistemas PON basados en ITU-T GTC pueden usar formatos de mensaje OMCI extendidos o básicos. Los mensajes de referencia usan PDU de 48 bytes, mientras que los mensajes extendidos tienen PDU de longitud variable hasta 1980 bytes. Las ONU x-PON y las OLT son necesarias para admitir el formato de referencia.

Durante la inicialización, o cada vez que se cambia el rango de una ONU, la OLT y la ONU utilizan mensajes de referencia para establecer comunicación con el fin de negociar sus capacidades. A continuación se describen los mensajes de referencia más importantes para la resolución de problemas de campo.

- **Identificador de correlación de transacciones (TCI)** – indica la prioridad de un mensaje OMCI. El valor 0 indica bajo, mientras que el valor 1 indica alto
- **Tipo de Mensaje (MT)** – El campo se divide en cuatro partes:
 - DB: bit de destino, reservado para uso futuro (establecido en 0)
 - AR: Solicitud de reconocimiento, que indica si el mensaje OMCI requiere una respuesta (AK) del extremo del par.
 - AK: Reconocimiento, indica si el mensaje OMCI es una respuesta. El valor 0 indica que no y el valor 1 indica que sí.
 - MT: admite hasta 32 tipos de mensajes (Crear, Eliminar, Establecer, Obtener y Cargar MIB).

Byte #	Byte size	Description
1-2	2	Transaction correlation identifier
3	1	Message type
4	1	Device identifier
5-8	4	Managed entity identifier
9-40	32	Message contents
41-48	8	OMCI trailer

Mediciones OMCI

El decodificador OMCI (solo MTTplus-420) captura los mensajes ascendentes y descendentes entre la OLT y la ONT en tiempo real para analizar el proceso de negociación y configuración.

Se muestran detalles de procesos/mensajes comunes:

- Atributos relacionados con el restablecimiento de MIB y la carga de MIB
- Creación de ME y configuración de atributos
- Descarga, activación y confirmación de la imagen del software

Se pueden identificar problemas de interoperabilidad que surgen de clases de entidades administradas (ME) no admitidas implementadas por varios proveedores de ONT.

Dir.	TCI	Type	ME Class	ME Inst.
Down	0	MIB reset AR	ONT data	0x0
Up	0	MIB reset AK	ONT data	0x0
Down	1	MIB reset AR	ONT data	0x0
Up	1	MIB reset AK	ONT data	0x0
Down	2	MIB reset AR	ONT data	0x0

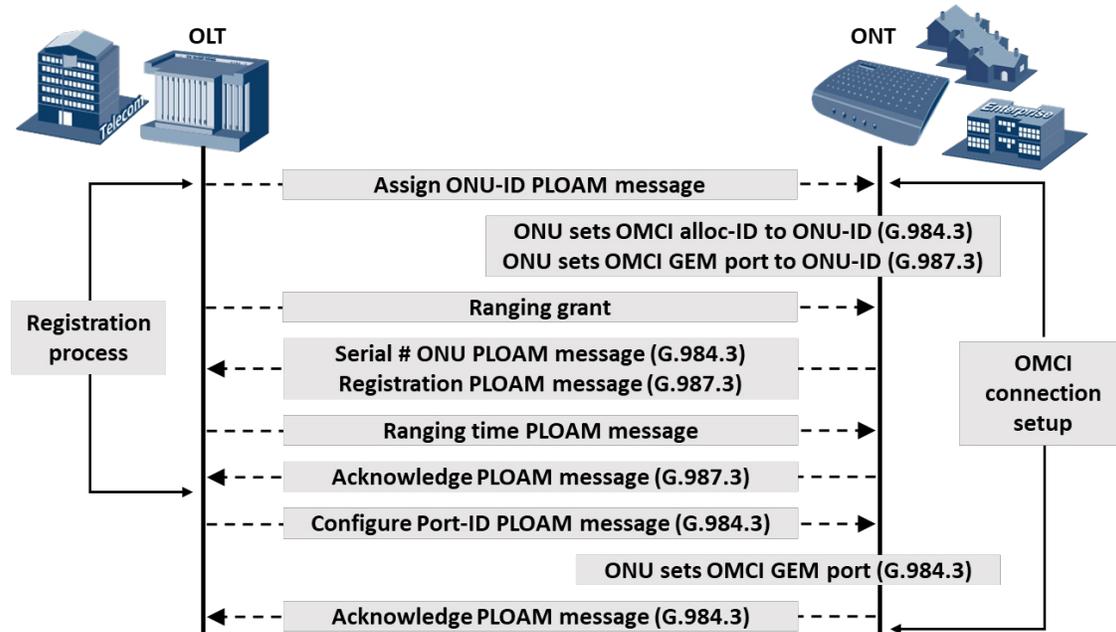
Message Details

Dir: Up
 Transaction correlation identifier: 63193 (High priority)
 Message Type: Get DB: 0 AR: 0 AK: 1
 Device identifier: 0x0a
 Managed entity: ONT2-G
 Managed entity instance: 0x4000
 Reason: command processed successfully
 Omci version: Unknown value b0

Descripción General de OMCC

El establecimiento del canal de gestión y control de la ONU (OMCC) se describe brevemente a continuación:

- **Fase de Inicialización de ONT** – Los mensajes OMCI se transportan sobre tramas GEM o XGEM entre la OLT y la ONT. La ONU crea un OMCI T-CONT virtual (marcador de posición para un atributo alloc-ID).
- **Fase de Activación de ONT** – La ONU recibe un mensaje PLOAM de la OLT que indica la asignación de la ONU-ID. Una vez completado, el proceso del mensaje de activación es ligeramente diferente para G-PON y XGS-PON:
 - Sistemas G.984 G-PON: OLT asigna un ID de puerto GEM a la ONU para mensajes OMCI (usando el mensaje PLOAM configure_port-ID). La ONU completa el atributo ID de puerto OMCI y responde a la OLT estableciendo el OMCC.
 - Sistemas G.987 XG-PON y XGS-PON: el puerto GEM para el funcionamiento de OMCI se asigna automáticamente y es igual al ONU-ID. Una vez reconocido, la ruta OMCC se establece con éxito.



Registro y Activación ONT

El proceso de activación de la ONT se puede dividir en tres fases:

- **Aprendizaje de Parámetros** – ONU adquiere los parámetros operativos necesarios para la transmisión ascendente. Para XG-PON y XGS-PON, esta fase también se conoce como sincronización descendente
- **Adquisición de Número Serial** – OLT descubre la nueva ONU (por número de serie) y asigna un identificador de ONU único (ONU-ID)
- **Rango** – retardo de equalización (EqD) derivado del retardo de ida y vuelta (RTD) de la trama descendente de la ONU y su ráfaga de transmisión ascendente correspondiente a lo largo de la longitud de la fibra (garantiza que las ráfagas de transmisión de diferentes ONU se pongan en cola correctamente)

Estados de activación de ONU

Siete estados de activación de ONU están definidos para G-PON y XG-PON por las respectivas especificaciones de capa TC ITU-T G.984.3 y G.987.3. XG(S)-PON, al que se hace referencia a continuación, sigue la recomendación XG-PON.

GPON versus XG(S)-PON

Los detalles de cada estado operativo están más allá del alcance de esta guía. En principio, los estados de activación de G-PON y XG(S)-PON son casi idénticos excepto por:

G-PON (G.984.3)		XG-PON (G.987.3)	
State O1	Initial state	State O1	Initial state
State O2	Standby state	State O2	Serial number state
State O3	Serial number state	State O3	
State O4	Ranging state	State O4	Ranging state
State O5	Operation state	State O5	Operation state
State O6	Pop-up state	State O6	Intermittent LODS state
State O7	Emergency Stop state	State O7	Emergency Stop state

1. Para XG(S)-PON, los estados O2 y O3 se fusionaron en un solo estado (estado de número de serie)
2. Para XG(S)-PON, los mensajes PLOAM descendentes solo se envían una vez y algunos mensajes se han modificado (G.987.3)
3. La "ventana silenciosa" está determinada por la distancia de fibra diferencial; este valor se deriva de la diferencia de longitud de fibra entre la ONU más cercana y la más alejada de la OLT.

Aprovechamiento de PON-ID para Identificación de Fibra

Los paneles de distribución de fibra y los gabinetes de calle en las implementaciones de PON a menudo están equipados con cientos, si no miles, de conexiones de fibra, según la huella del servicio. La gestión deficiente del cable de fibra y las prácticas de etiquetado por debajo del estándar presentan desafíos importantes para los técnicos de campo de telecomunicaciones que tienen que administrar o solucionar problemas de las conexiones PON del cliente. En primer lugar, los técnicos deben identificar que cada fibra esté conectada al puerto OLT correcto además de verificar los niveles de señal. En segundo lugar, la identificación incorrecta puede provocar la interrupción del servicio a otros clientes que están conectados a diferentes puertos de fibra.

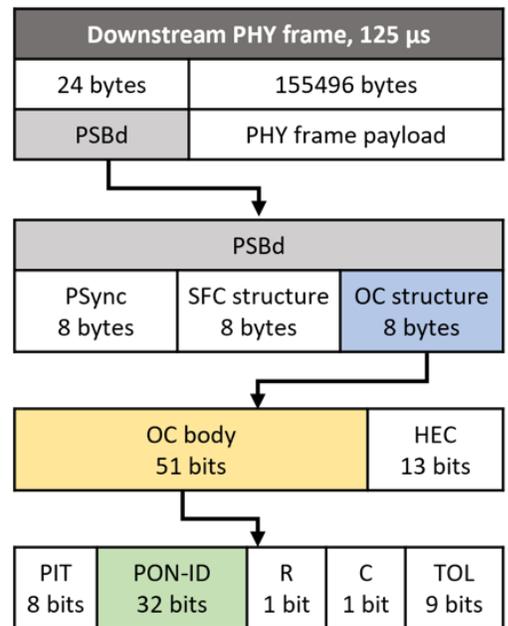
Un etiquetado claro y estructurado junto con una gestión adecuada de la fibra es indicativo de una instalación profesional. Los sitios de fibra complejos exigen una aplicación más estricta de las prácticas de fibra aceptadas por la industria y los estándares de etiquetado, porque en cierto punto, serán necesarias adiciones y cambios en las conexiones de fibra. Desafortunadamente, la disciplina de fibra deficiente es bastante común en la industria, ya sea porque los nuevos técnicos de fibra no tienen las habilidades o la experiencia adecuadas, o porque la instalación se convirtió en un "trabajo urgente" para que los clientes se pusieran en marcha rápidamente. Además, a pesar de los mejores esfuerzos, las etiquetas de fibra tienden a "envejecer" y se caen por completo o el texto tiende a desvanecerse con el tiempo -el etiquetado también está sujeto a errores humanos, ya que esta tarea suele realizarse manualmente. Todos estos factores afectan la capacidad de un técnico para realizar pruebas adecuadas, lo que genera errores que le cuestan mucho al operador en términos de tiempo y dinero.

La organización ITU-T reconoció el problema de identificación del puerto OLT que enfrentaban los operadores y definió una función PON-ID en los estándares PON más nuevos. Comenzando con XG-PON1, seguido de NG-PON2 y más tarde con XGS-PON, el PON-ID identifica de forma única una entidad OLT dentro de un determinado dominio. Para identificar un XGS-PON OLT específico, el operador configura un valor PON-ID que se transmite continuamente dentro de la estructura de control de operación (OC) del bloque de sincronización física (PSBd) integrado en cada trama descendente. Para XGS-PON, la sintaxis de 32 bits permite configurar el Operador, la Oficina central, incluida la información del puerto, la tarjeta y el chasis de la OLT. La clase ODN (3 bits) se establece en el campo tipo PON-ID (PIT) y el nivel óptico de transmisión en el campo TOL (9 bits).

El concepto se aplicó posteriormente a GPON a través de la modificación del estándar G.984.3. Para garantizar la compatibilidad con versiones anteriores, PON-ID en GPON funciona de forma ligeramente diferente; es parte de un nuevo mensaje PLOAMd enviado por la OLT en lugar de encapsularse en la trama PSBd como XGS-PON. En cualquier caso, una OLT compatible solo genera el mensaje PON-ID cuando está aprovisionado para hacerlo. El mensaje PLOAMd en GPON también proporciona información adicional que es útil para realizar pruebas y solucionar problemas.

Los proveedores de servicios que se enfrentan a actualizaciones de 10G brownfield, conexiones cruzadas, "reconstrucciones" de gabinetes de calle y otras quejas de servicios están recurriendo a la funcionalidad PON-ID para superar varios desafíos de prueba. La identificación de fibra se logra fácilmente ya que la mayoría de los proveedores de OLT admiten PON-ID como parte del estándar XGS-PON y están poniendo a disposición actualizaciones de software para incluir compatibilidad con GPON.

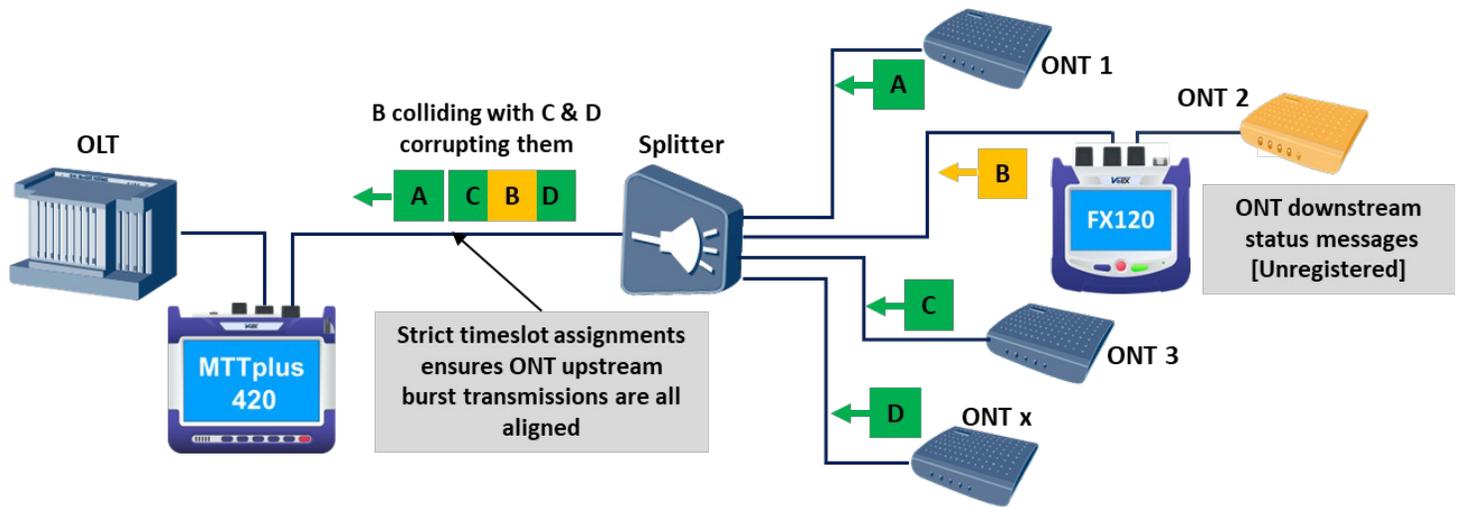
PON-ID per ITU-T G.9807.1 (06/2016)



El FX120 decodifica automáticamente la información PON-ID en tiempo real donde los técnicos pueden comparar inmediatamente el valor con el informe de aprovisionamiento del operador para garantizar que el puerto OLT esté conectado a la fibra correcta. Una función Super PM opcional ayuda a los técnicos con cualquier divisor o distribución de fibra de gabinete mediante el seguimiento de todos los ONT activos en un mapa de panel basado en una plantilla definida por el usuario. Todo esto ayuda a garantizar que el servicio correcto se active con éxito la primera vez.

ONU Alien o Pirata

Los sistemas PON emplean tecnología de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para la transmisión ascendente. La principal ventaja de TDMA es que todas las ONU pueden operar en la misma longitud de onda, coexistir en la ODN y que la OLT solo necesita un receptor. La tecnología TDMA garantiza que cada ONT solo transmita datos en una ventana de envío asignada llamada intervalo de tiempo, lo que evita que se produzcan colisiones de señales.



Una ONU deshonesto o ajena es un módem que no obedece la asignación de intervalos de tiempo asignados, sino que ocupa intervalos de tiempo de otras ONU durante períodos de tiempo cortos o largos. Como resultado, otras ONU conectadas al mismo puerto PON no pueden funcionar normalmente. Otros ejemplos de comportamiento deshonesto son cuando una ONU transmite continuamente, "interfiriendo" la red e impidiendo que otras ONU se conecten. Si una ONU no autorizada transmite irregularmente, otras ONU conectadas al mismo puerto PON pueden conectarse y desconectarse de manera intermitente.

El Suplemento 49 (09/2020) de ITU-T a las recomendaciones de la Serie G define una ONU no autorizada como un dispositivo que emite energía por encima del nivel de "apagado" fuera de su intervalo de tiempo asignado. El documento también identifica las siguientes causas de condiciones de comportamiento no autorizado:

- **Errores de transmisión no autorizados** – resultado de que la ONU reciba transmisiones con errores, es decir, es posible que las asignaciones de mapas de ancho de banda de la OLT contengan errores. En la mayoría de los casos, estos errores serán corregidos o al menos detectados por el procesamiento HEC y FEC.
- **Errores de Software** – El software integrado en la ONU puede tener casos de falla ocultos (errores) que solo pueden surgir años después del lanzamiento. En otras palabras, el software de la ONU podría volverse inestable en algún momento de su vida útil. Aunque es poco probable que una falla del software configure incorrectamente el dispositivo MAC de la ONU, algunos MAC tienen modos de depuración que activan el láser en onda continua (CW) para permitir mediciones de potencia. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de que un software fallido establezca involuntariamente el láser en modo CW.
- **Errores de Control de Acceso a Medios (MAC)** – el dispositivo MAC controla el transceptor óptico de la ONT. Si el MAC se vuelve defectuoso por algún motivo, la ONT puede exhibir un comportamiento deshonesto como se explicó anteriormente.
- **Error de Hardware Transmisor** – el láser del transceptor óptico continuará emitiendo si falla el circuito de soporte.

Los OLT de manera predeterminada solo verifican las ONU no autorizadas que transmiten continuamente, pero no las detectan ni las aíslan. La OLT puede administrar una ONU no autorizada en "modo continuo" a través de un proceso de verificación, detección y aislamiento, pero esto implica deshabilitar todas las ONU, lo que es muy perjudicial para toda la red y se desaconseja a los proveedores de servicios que hagan esto con la OLT. A veces, una ONU no autorizada no se puede desactivar incluso después de que la OLT emita una instrucción para desactivar la fuente de alimentación de transmisión del módulo óptico de la ONU.

Detectar una ONU no autorizada que transmite de manera intermitente es aún más desafiante: la solución de problemas especializada con un analizador PON ayudará a detectar una ONT no autorizada en el campo sin involucrar al personal del centro de operaciones de la red (NOC) ni interrumpir todo el sistema PON.

Detección de ONU Pirata (Rogue)

Los analizadores VeEX PON identifican ONT/ONU no autorizados de diferentes maneras. El FX120 verifica el estado de registro en los mensajes descendentes G-PON y XGS-PON; MTTplus-420 monitorea los datos que ocurren fuera de los intervalos de tiempo asignados en el flujo ascendente (solo G-PON). La potencia óptica dentro de los intervalos de silencio, la corrección de errores de reenvío anormal (FEC) y los errores de bit (BER) generalmente indican la presencia o el comportamiento de una ONT no autorizada.

ONU ID	0
ONU S/N	HWTC-42800E9A
ONU Status	Registered

Las nuevas técnicas de aislamiento, identificación y mitigación de ONT maliciosos se están discutiendo dentro del UIT-T. Algunas propuestas que se están considerando son utilizar nuevos mensajes PLOAM y modificaciones del mapa de ancho de banda para mejorar la detección.

Activación de Servicios Gigabit – QoS y QoE

La demanda de servicios de Internet de fibra gigabit para aplicaciones residenciales y comerciales está creciendo rápidamente en todo el mundo. En comparación con los planes de tarifas básicas que ofrecen velocidades más bajas para aplicaciones domésticas típicas, las conexiones de fibra gigabit para clientes comerciales y premium generalmente cuestan mucho más. Como tal, los clientes de gigabits de "gama alta" no dan por sentado que están obteniendo la velocidad de Internet o el rendimiento por el que están pagando, sino que insisten en tener pruebas de que se está entregando el servicio de alta velocidad.

El analizador FX120 PON cuenta con potentes modos de servicio de Internet V-PERF y V-TEST para probar velocidades de 10 Mbps a 10 Gbps. Las pruebas avanzadas de velocidad de Internet de capa 4-7 se pueden realizar a través del puerto RJ45 o la interfaz SFP+ opcional, lo que permite a los técnicos calificar la calidad de la experiencia (QoE) y la calidad del servicio (QoS) a la velocidad de línea completa en el momento de la activación del servicio xPON.

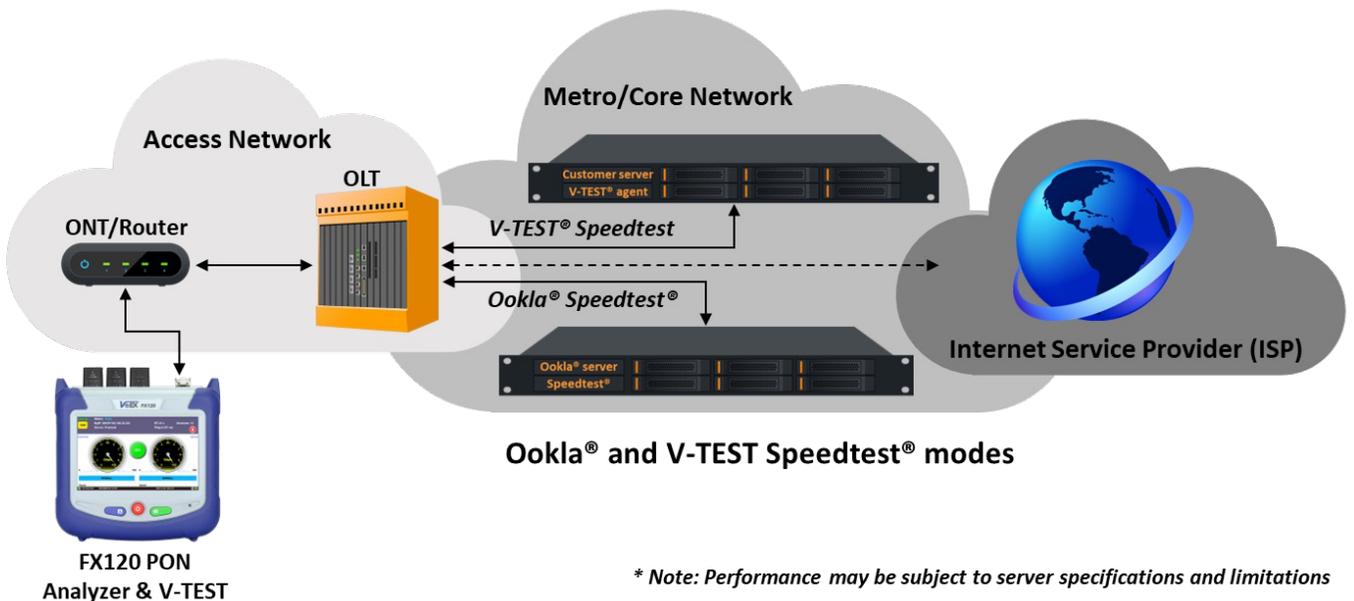
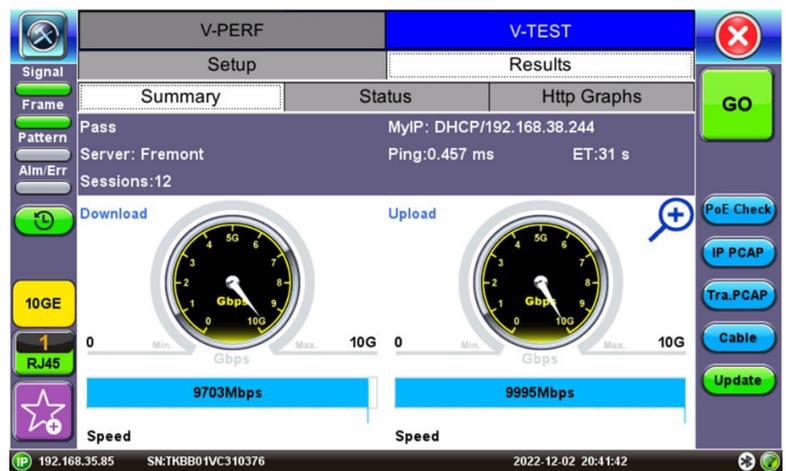
Desempeño TCP/HTTP

Las disputas por el ancho de banda con los proveedores de servicios van en aumento, especialmente cuando los clientes "expertos en tecnología" intentan verificar su conexión de alta velocidad por sí mismos utilizando equipos disponibles en el mercado, como dispositivos inteligentes o computadoras portátiles. Desafortunadamente, estos esfuerzos no son precisos ya que la mayoría de los dispositivos basados en CPU no pueden probar velocidades de gigabits a la velocidad de línea completa. Las pruebas de velocidad realizadas con portátiles de calidad comercial a velocidades de línea >500 Mbps son muy poco fiables, y las velocidades superiores a 1 Gbps y hasta 10 Gbps son aún más difíciles de verificar.

V-TEST

Califica el rendimiento de la red TCP/HTTP hasta la tasa de línea completa mediante la prueba con una red de servidor Ookla® SpeedTest® o un servidor habilitado para V-TEST del cliente. Se informan el tiempo de conexión del servidor, la latencia de transferencia de datos y las tasas de rendimiento de línea y protocolo.

- **Modo Ookla Speedtest** – el analizador prueba la red del servidor Speedtest de Ookla. La unidad escanea y se conecta al servidor con la respuesta más rápida (latencia más baja), antes de la prueba.
- **Modo Administrado VeEX** – la aplicación funciona con el servidor del cliente. Una lista de direcciones IP/URL del servidor (proporcionadas por el cliente) se carga previamente en el analizador; el usuario selecciona el servidor de la lista antes de iniciar una prueba. La lista de IP/URL es administrada por VeEX, lo que simplifica la facilidad de uso y la comodidad del cliente.
- **Modo Usuario** – el usuario ingresa y guarda la IP/URL del servidor en el menú de prueba del analizador. La lista de IP/URL es administrada y mantenida por el usuario.

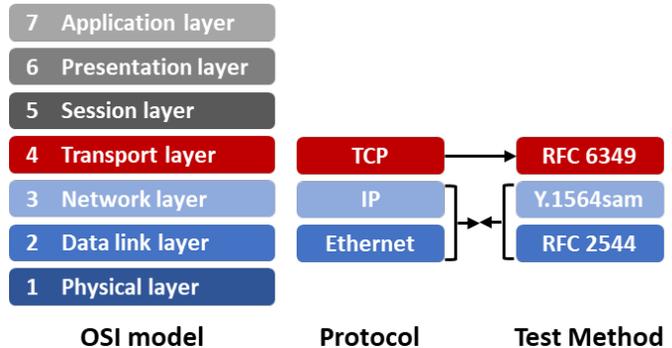


Desempeño TCP/UDP

Las tecnologías 10G PON permiten a los proveedores de servicios brindar servicios a clientes empresariales comerciales que utilizan la infraestructura PON. Si bien 10G PON puede brindar una mayor capacidad de ancho de banda, los proveedores de servicios aún deben brindar/mantener los parámetros de calidad de servicio (QoS) definidos en los acuerdos de nivel de servicio (SLA). Las configuraciones de conmutadores/enrutadores Ethernet, incluida la interoperabilidad PON OLT, pueden impedir una comunicación confiable a través de una red, lo que genera tiempos de respuesta prolongados de las aplicaciones del usuario o una degradación del rendimiento del ancho de banda.

Los proveedores de servicios suelen realizar pruebas RFC2544 y/o Y.1564 para verificar los requisitos de SLA. Sin embargo, las pruebas de capa 2/3 no abordan la configuración óptima del Protocolo de control de transmisión (TCP), que suele ser la causa principal de la congestión de la red y las quejas asociadas a los clientes.

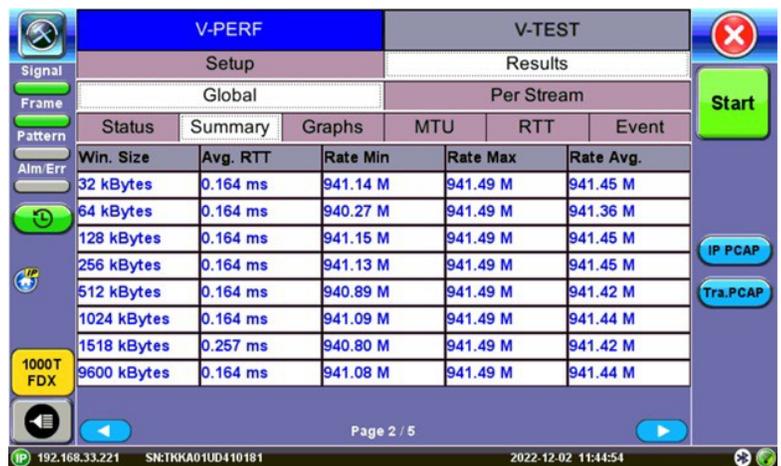
Para abordar este problema, el Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF) definió la metodología de prueba RFC6349 que evalúa el rendimiento de TCP en las conexiones de red.



V-PERF

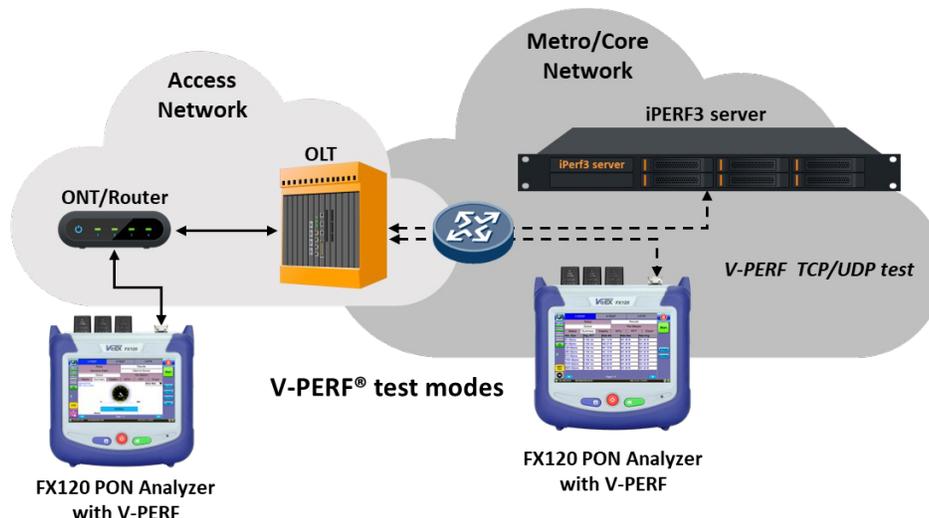
El analizador FX120 PON emplea la metodología de prueba y las métricas RFC6349 para verificar el rendimiento de TCP o UDP de la red. Se admite la velocidad de línea completa, la prueba de estado de TCP con tamaños de ventana configurables, los modos de cliente y servidor, así como la compatibilidad con servidores iPerf/iPerf3 de terceros.

- Prueba de estado de TCP hasta una velocidad de línea completa de 10 GE
- Modos TCP Cliente/Servidor y Bidireccional
- Compatible con iPerf Cliente/Servidor
- Búsqueda de MTU por RFC4821
- Medición del tiempo de ida y vuelta (RTT)
- Tamaño de ventana TCP configurable
- Pruebas de tamaño de múltiples ventanas
- Medidas: tasa de rendimiento de TCP, tamaño y duración del archivo de transferencia, relación de tiempo de transferencia, % de eficiencia de TCP y % de retraso del búfer



Metodología de prueba bidireccional

Dos pruebas separadas pueden ejecutarse simultáneamente sobre el mismo enlace en direcciones opuestas. Los dos analizadores FX120 (o MTX150x Lite) se configuran como Cliente y Servidor, lo que ahorra tiempo al tener que probar cada dirección por separado.



Validación de Fibra Óptica

Los técnicos encargados de probar los sistemas PON seguramente tendrán que verificar las conexiones de fibra óptica en las instalaciones del cliente y otros puntos de prueba dentro de la red. Las pruebas adecuadas realizadas durante las fases de instalación, activación del servicio y resolución de problemas garantizarán que la red cumpla con las especificaciones y admitirá la transmisión de datos de alta velocidad y sin errores.

Inspección de Fibra

Los conectores sucios o dañados son la principal causa de fallas en los enlaces de fibra. Los conectores contaminados no solo contribuyen a la pérdida de inserción y la mala reflectancia, sino que también pueden dañar otros conectores durante el proceso de acoplamiento. Siempre se recomienda inspeccionar y limpiar los latiguillos, incluidas las interfaces ópticas enchufables SFP+, antes de conectarlos y evitará una solución de problemas que consume mucho tiempo después.

VeEX ofrece microscopios de fibra para comprobar la contaminación en conectores ópticos de una y varias fibras (MPO/MTP). Estos dispositivos de inspección opcionales se pueden conectar directamente al equipo de prueba a través del puerto micro-USB o la conexión WiFi (según soporte).

Los extremos de los conectores se pueden ver con gran detalle en la gran pantalla a color del equipo de prueba -El software incorporado captura y congela automáticamente la imagen enfocada antes de realizar el análisis. También se admiten resultados gráficos y tabulares de aprobación/rechazo según el último estándar IEC 61300-3-35. Las características clave incluyen:

- Opción de análisis y detección de enfoque automático
- Análisis según normas IEC 61300-3-3
- Plantillas SMF (núcleo, revestimiento, adhesivo y áreas de contacto)
- Puntos o cuadrados para resaltar áreas de contaminación y rayones
- La generación del informe



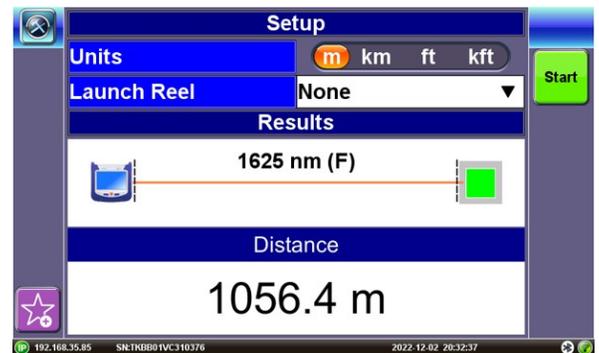
Ubicación de Falla en Fibra

Las fibras defectuosas a menudo impiden la activación exitosa del servicio. Usando la opción de localizador de fallas incorporada, la verificación de roturas de fibra se puede realizar en cuestión de segundos. Con un rango de distancia de hasta > 20 km, los técnicos pueden solucionar fácilmente la mayoría de los cables FTTx de última milla.

No-Intrusiva – el localizador de fallas opera a 1625 nm diseñado para no interrumpir el tráfico ni a otros suscriptores en la red. El puerto de prueba filtrado evita que el tráfico de la red interfiera con el proceso de medición.

Desfase Fibra Lanzamiento – Las fibras de lanzamiento, a veces llamadas supresores de pulsos, permiten que el localizador de fallas pruebe fibras de caída corta (< 60 m de longitud). La longitud del carrete de lanzamiento se puede compensar en la medición de la distancia total para que solo se muestre la longitud de la fibra bajo prueba.

Mapa Unifilar Intuitivo – Representación icónica simple de la fibra que es fácil de interpretar tanto para principiantes como para expertos en fibra.



Caracterización de Enlace de Fibra

Las fallas esquivas de la fibra requieren un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR), que es más capaz de realizar una caracterización avanzada o solucionar problemas.

El VeEX OPX-BOXe es un OTDR ultracompacto que puede ser controlado de forma remota por el analizador FX120 PON a través de una conexión USB, Bluetooth o WiFi. El análisis inteligente de la atenuación de la fibra, las pérdidas del empalme y del divisor, incluidas la reflectancia y la pérdida de retorno óptico de acuerdo con umbrales predefinidos, acelera la resolución de problemas. Los mapas de enlaces intuitivos y una interfaz de usuario familiar aumentan la productividad.

Tener un OTDR complementario reduce los desplazamientos de camiones, ya que reduce la dependencia de equipos de construcción de fibra especializados para verificar o solucionar problemas.



Soluciones de Análisis PON de VeEX

Los proveedores de servicios construyen redes FTTH/P en etapas debido a limitaciones de recursos, consideraciones financieras y muchos otros factores. La penetración y la "tasa de aceptación" de los servicios determinan qué tipo de prueba de activación del servicio se debe realizar, lo que afecta qué herramientas de prueba de fibra están a la altura de la tarea.

Hogares Pasados versus Hogares Conectados

La Alianza Global del Consejo FTTH (FCGA) tiene definiciones específicas para "Hogares Pasados" y "Hogares Conectados" que se describen a continuación:

- **Hogares Pasados** – número de locales que un proveedor de servicios puede conectar a una red FTTH/P en un área de servicio. El alcance del trabajo incluye la instalación/conexión de un cable de acometida desde el punto de paso de los hogares hasta las instalaciones, además de la instalación del equipo de las instalaciones del suscriptor. El trabajo asume que la ODN se ha construido y verificado correctamente utilizando equipos de prueba de fibra óptica adecuados.
- **Hogares Conectados** – número de locales conectados a una red que ya tienen abonados, o aquellos locales que pueden convertirse en abonados sin más trabajos de instalación. Hoy en día, muchos proveedores de servicios consideran un "hogar conectado" solo cuando el servicio de Internet solicitado se activa con éxito.

El galardonado analizador de servicios FX120 xPON se adapta perfectamente para abordar las fases "Hogares pasados" y "Hogares conectados" de la implementación de G-PON y XGS-PON que abordan los objetivos de calidad de servicio (QoS) y calidad de experiencia (QoE).

La plataforma MTTplus equipada con el galardonado módulo analizador MTTplus-420 G-PON está optimizada para ingenieros de campo que tienen que depurar comunicaciones PLOAM y OMCI para identificar y corregir problemas de interoperabilidad ONT de nivel superior.



Referencias

- ITU-T G.984.2 – Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification (08/19)
- ITU-T G.984.3 – Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification (01/14)
 - ITU-T G.984.3 (2014) Amendment 1 (03/20)
- ITU-T G.984.4 – Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): ONT management and control interface specification (02/08)
- ITU-T G.987.2 – 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification
 - ITU-T G.987.2 (2016) Amendment 2 (10/20)
- ITU-T G.987.3 – 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification
 - ITU-T G.987.3 (2014) Amendment 2 (05/21)
- ITU-T G.988 – ONU management and control interface (OMCI) specification
 - ITU-T G.988 (2017) Amendment 5 (06/22)
- ITU-T G.9807.1 – 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)
 - ITU-T G.9807.1 (2016) Amendment 2 (10/20)
- ITU-T Series G, Supplement 49 (09/2020) Rogue optical network unit (ONU) considerations
- BBF TR-280 – ITU-T PON in the context of TR-178
- BBF TR-287 – PON Optical-Layer Management
- FCGA – Definition of Terms (Version 5.0, July 2016)

Comparación de Analizador PON de VeEX

Las soluciones de prueba VeEX PON abordan la construcción, la activación del servicio y la resolución de problemas de las redes FTTx. Ofrecemos tres configuraciones de analizador, optimizadas para diferentes aplicaciones:

- **FX120:** probador todo en uno para técnicos encargados de la activación de servicios GPON, EPON y XGS-PON y la resolución de quejas. Comprueba los niveles de potencia descendente/ascendente, la identificación de ONT y el estado de sincronización, y admite la prueba de velocidad opcional y V-PERF para verificar la conectividad a Internet, QoE y velocidad de hasta 10 Gbps.
- **FX120 Lite:** para técnicos que no realizan pruebas de servicio de varios gigabits, pero que aún necesitan verificar los niveles de señal y las conexiones ONT necesarias para admitir el servicio GPON, EPON y/o XGS-PON. Localizador de extremos de fibra integrado opcional para comprobar la longitud de los cables de acometida antes de la prueba.
- **MTTplus-420:** módulo de prueba para la plataforma VeEX® MTTplus, diseñado para la activación del servicio GPON y la resolución de problemas de activación del módem en el canal OMCI. Verifica los niveles de energía y decodifica los mensajes ascendentes entre la OLT y la ONT, lo que permite a los técnicos realizar una solución de problemas avanzada.

Funciones de Análisis / Parámetros de Prueba PON	FX120	FX120 Lite	MTTplus-420
Pruebas de capa física			
Medidor de potencia PON filtrado y de paso	✓	✓	✓
E-PON 1490 nm Nivel descendente con umbrales	✓	✓	Sólo Potencia
E-PON 1310 nm Nivel ascendente con umbrales	✓	✓	Sólo Potencia
G-PON 1490 nm Nivel descendente con umbrales	✓	✓	✓
G-PON 1310 nm Nivel ascendente con umbrales	✓	✓	✓
XGS-PON 1577 nm Nivel descendente con umbrales	✓	✓	X
XGS-PON 1270 nm Nivel ascendente con umbrales	✓	✓	X
Atenuación de Enlace ODN	✓	✓	✓
Opción de Nivel 1550 nm RF Video (RVO)	✓	✓	X
Opción de Localizador de Falla en Fibra (embebido)	✓	✓	X
Opción OTDR	OPX-BOXe vía BT/WiFi/USB		MTTplus-410+
Opción de Fibroscopio & Análisis IEC	DI-1000, DI-3000 vía WiFi/USB		DI-1000/3000
Pruebas de Capa de Protocolo			
G-PON PON-ID	✓	✓	✓
XGS-PON PON-ID	✓	✓	X
G-PON PLOAM Captura/Decod. Descendente	✓	✓	✓
G-PON PLOAM Captura/Decod. Ascendente	X	X	✓
XGS-PON PLOAM Captura/Decod. Descendente	✓	✓	Sin XGS-PON
XGS-PON PLOAM Captura/Decod. Ascendente	X	X	Sin XGS-PON
Lista de G-PON ONU Activas	✓	✓	✓
Lista de XGS-PON ONU Activas	✓	✓	Sin XGS-PON
Protocolo (Alarmas/Errores)	X	X	✓
Indicadores de Estado de Señal/Trama	✓	✓	✓
Detección/Reporte de ONT/ONU Pirata (Rogue)	✓	✓	✓
Captura/Decodificación G-PON OMCI	X	X	✓
Reporte Comisionamiento G-PON Wizard	X	X	✓
Análisis G-PON Splitter	✓	✓	✓
Análisis de Distribución G-PON	✓	✓	✓
Pruebas de Activación de Servicio			
Prueba de Rendimiento V-PERF TCP/UDP	✓	X	X
V-Test SpeedTest	✓	X	X

D08-00-114 Rev. A00 ESP