

# Entender a tecnologia GPON

## Contents

---

[Introdução](#)

[Pré-requisitos](#)

[Requisitos](#)

[Componentes Utilizados](#)

[Informações de Apoio](#)

[Terminologia](#)

[Diagrama de Rede](#)

[Resumo da tecnologia](#)

[Limites de GPON](#)

[Orçamento de energia](#)

[Packet Walk](#)

[Downstream Packet Walk](#)

[Estrutura de quadro de pacotes downstream](#)

[Upstream Packet Walk](#)

[Estrutura de quadro de pacotes upstream](#)

[Blocos funcionais](#)

[Blocos funcionais do OLT](#)

[Blocos funcionais da ONU/OLT](#)

[Pilhas de protocolo](#)

[Mapeamento de tráfego – Ethernet](#)

[OMCI](#)

[Técnicas importantes](#)

[Intervalo](#)

[Tecnologia de burst](#)

[Alocação dinâmica de largura de banda \(DBA\)](#)

[Correção de erros antecipada \(FEC\)](#)

[Criptografia de linha](#)

[Modos de proteção de rede](#)

[Tipo A](#)

[Tipo B](#)

[Tipo C](#)

---

## Introdução

Este documento descreve a tecnologia de rede óptica passiva gigabit (GPON) e como ela funciona.

## Pré-requisitos

## Requisitos

Não existem requisitos específicos para este documento.

## Componentes Utilizados

Este documento não se restringe a versões de software e hardware específicas.

As informações neste documento foram criadas a partir de dispositivos em um ambiente de laboratório específico. Todos os dispositivos utilizados neste documento foram iniciados com uma configuração (padrão) inicial. Se a rede estiver ativa, certifique-se de que você entenda o impacto potencial de qualquer comando.

## Informações de Apoio

A GPON é uma alternativa ao switching Ethernet nas redes de campus. O GPON substitui o projeto Ethernet tradicional de três camadas por uma rede óptica de duas camadas que elimina os switches Ethernet de acesso e distribuição com dispositivos ópticos passivos. A Cisco apresenta o GPON com a plataforma Catalyst GPON.

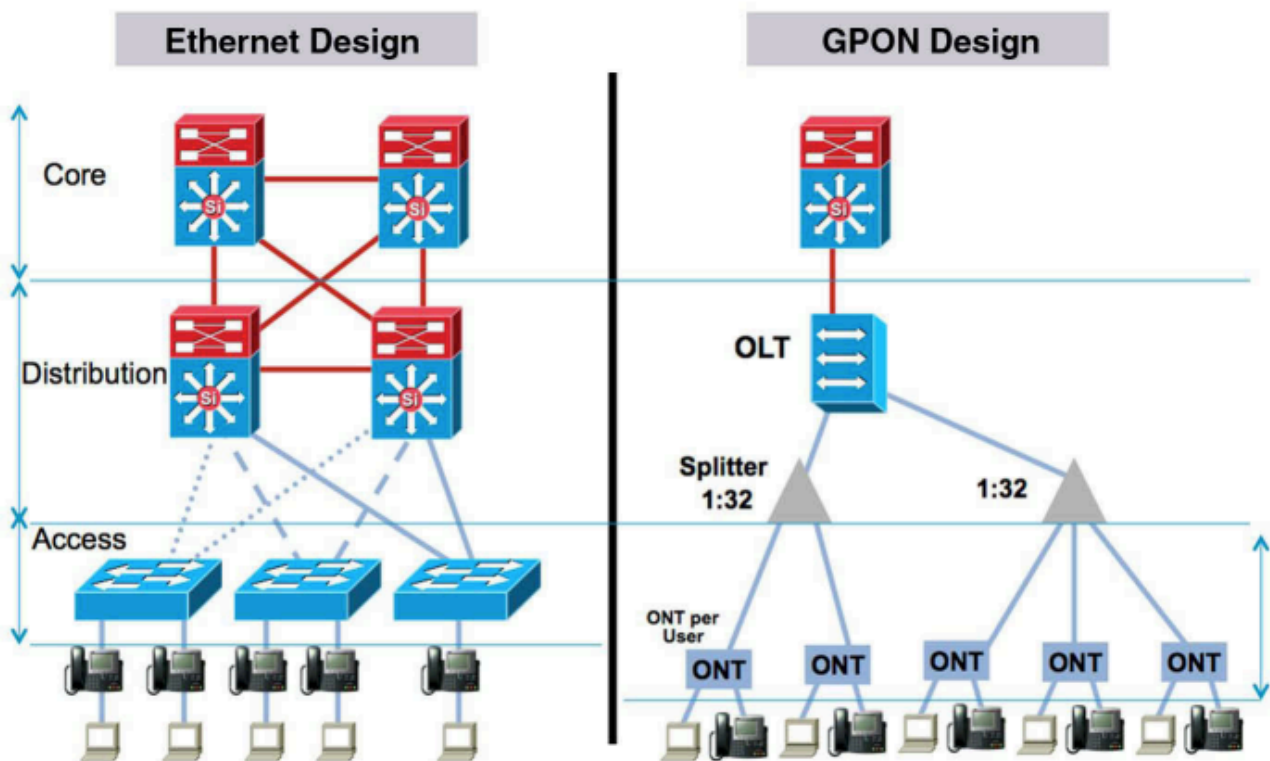
## Terminologia

- Rede óptica passiva (GPON - Passive Optical Network) com capacidade para Gigabit - Padrão para redes ópticas passivas (PON - Passive Optical Network) publicado pela ITU-T.
- Rede de distribuição óptica (ODN) – A fibra física e os dispositivos ópticos que distribuem sinais aos usuários em uma rede de telecomunicações. A ODN consiste em componentes ópticos passivos (POS), como fibras ópticas, e um ou mais divisores ópticos passivos.
- Terminação de Rede Óptica (ONT - Optical Network Units) / Unidades de Rede Óptica (ONU - ONU) - Conecta dispositivos de usuário final (desktop, telefones, e assim por diante) na rede GPON. Fornece a conversão de sinal óptico em elétrico. Os ONTs também fornecem criptografia AES usando a chave de ONT.
- Divisores - Usados para agregar ou multiplexar sinais de fibra óptica em um único cabo de fibra óptica upstream. Geralmente, na proporção de 1:32.
- Terminal de Linha Óptica (OLT - Optical Line Terminal) - Dispositivo que agrega todos os sinais ópticos das ONTs em um único feixe de luz multiplexado que é convertido em um sinal elétrico, formatado para padrões de tipo de pacote Ethernet para encaminhamento de Camada 2 ou Camada 3.
- Wavelength-Division Multiplexing (WDM) - A Wavelength-division multiplexing (WDM) é uma tecnologia que multiplexa vários sinais de portadora óptica em uma única fibra óptica que usa diferentes comprimentos de onda (ou seja, cores) de luz laser.
- GEM GPON encapsulation method (GEM) - Um esquema de transporte de quadro de dados usado em sistemas de rede óptica passiva (GPON) com capacidade de gigabit que é orientado a conexão e suporta a fragmentação dos quadros de dados do usuário em fragmentos de transmissão de tamanho variável
- Fibra até o X (FTTX) - O FTTX é uma generalização para várias configurações de

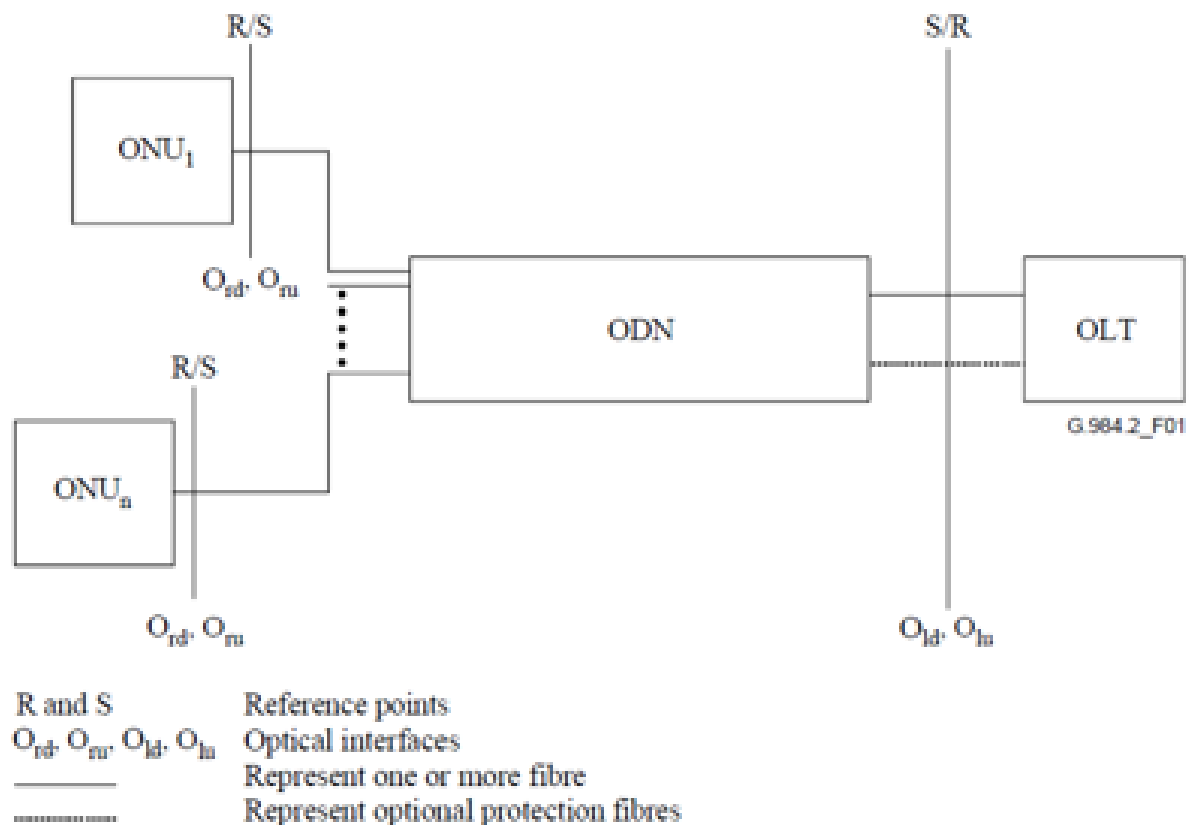
implantação de fibra, organizadas em dois grupos: FTTP/FTTH/FTTB (Fibra até as instalações/casa/prédio) e FTTC/N (fibra até o gabinete/nó, com fios de cobre para completar a conexão).

- T-CONT/TCONT – Contêiner de transmissão
- OMCC – Canal de controle e gerenciamento da unidade de rede óptica
- OMCI – Interface de controle e gerenciamento da unidade de rede óptica
- PCBd – Bloco de controle físico downstream
- TDM – Multiplexação por divisão de tempo
- TDMA – Acesso múltiplo por divisão de tempo

## Diagrama de Rede



## Resumo da tecnologia



- O OLT é conectado ao divisor óptico através de uma única fibra óptica e o divisor óptico é conectado a ONUs/ONTs.
- A GPON adota o WDM para transmitir dados de diferentes comprimentos de onda upstream/downstream na mesma ODN. Os comprimentos de onda variam de 1.290 a 1.330 nm na direção upstream e de 1.480 a 1.500 nm na direção downstream.
- Os dados são transmitidos na direção downstream e na direção upstream os dados são intermitentes no modo TDMA (com base em timeslots).
- Compatível com a transmissão multicast de ponto a multiponto (P2MP).

## Limites de GPON

- Alcance lógico máximo: 60 km (Esta é a distância máxima gerenciada pelas camadas superiores do sistema (MAC, TC, Ranging), tendo em vista uma futura especificação dependente de meio físico (PMD).
- Distância máxima da fibra entre os pontos de envio/recebimento (S/R) e de recebimento/envio (R/S): 20 km
- Distância máxima da fibra diferencial: 20km
- Taxa de divisão: restrita por perda de caminho, PON com divisores passivos (divisão de 16,32 ou 64 vias)

- Taxa: 1,24416 Gigabits/s para cima, 2,48832 Gigabits/s para baixo

## Orçamento de energia

Como parte da GPON, a perda de energia óptica deve ser considerada. Essa perda pode ser apresentada de várias maneiras, como:

- Perda nos divisores
- Perda por km de fibra (cerca de 0,35 dB por km para 1.310, 1.490 nm)
- Perda em emendas ( > 0,2 dB)
- Perda de conector (0,6 dB)
- Curvatura da fibra

Conforme mostrado na imagem, a quantidade de perda incorrida pelo uso de vários divisores:

<b>Optical Splitters</b>	<b>Loss [dB]</b>
Splitter 1 x 64	20.1
Splitter 1 x 32	17.4
Splitter 1 x 16	13.8
Splitter 1 x 8	10.5
Splitter 1 x 4	7.0

Conforme mostrado na imagem, a perda mínima e máxima de caminho óptico por classe:

Table G.984.2 – Classes for optical path loss


	Class A	Class B	Class B+	Class C
<b>Minimum loss</b>	<b>5 dB</b>	<b>10 dB</b>	<b>13 dB</b>	<b>15 dB</b>
<b>Maximum loss</b>	<b>20 dB</b>	<b>25 dB</b>	<b>28 dB</b>	<b>30 dB</b>

**NOTE** – The requirements of a particular class may be more stringent for one system type than for another, e.g. the class C attenuation range is inherently more stringent for TCM systems due to the use of a 1:2 splitter/combiner at each side of the ODN, each having a loss of about 3 dB.

## Packet Walk

### Downstream Packet Walk

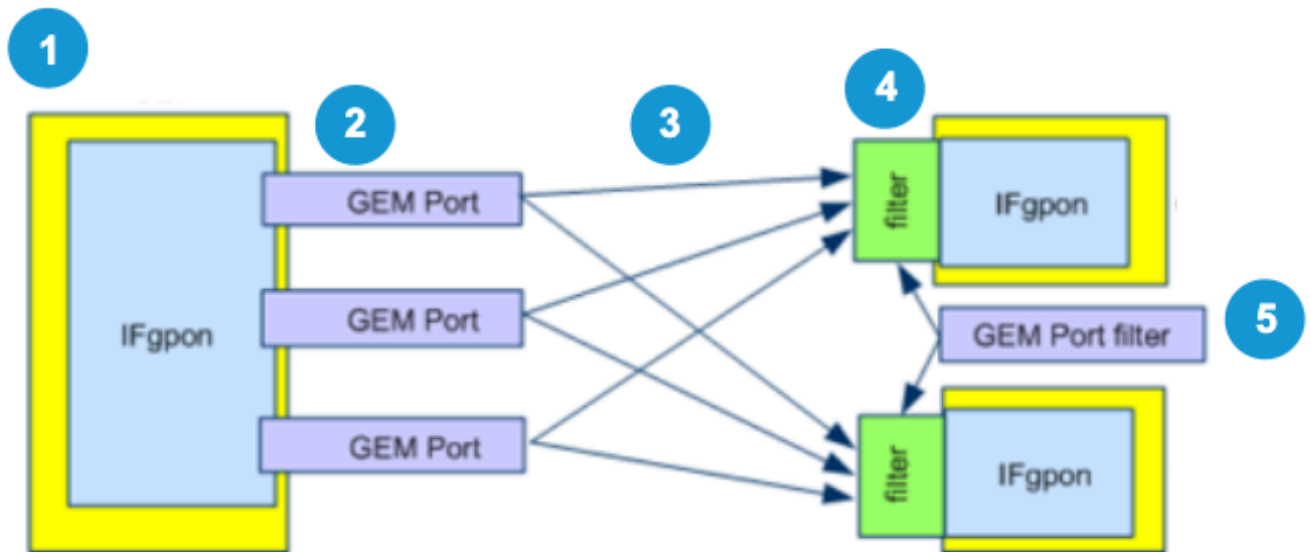
Conforme mostrado na imagem, os pacotes percorrem downstream da OLT para várias ONUs. 

 Dica: o downstream é da perspectiva do divisor. Você pode pensar nele como um tráfego que segue em direção ao ONU/ONT, ou usuários finais.

- Os pacotes downstream são encaminhados como transmissões, os mesmos dados são enviados para a mesma ONU/ONT e os dados diferentes são identificados pela ID da porta do GEM.
- Permite que uma ONU/ONT receba os dados desejados pela ID da ONU.
- O intervalo de comprimento de onda downstream é de 1.480 a 1.500 nm.
- Operação de modo contínuo downstream – Mesmo quando não há tráfego de usuário

passado pela GPON, há um sinal constante , exceto quando o laser é desligado administrativamente.

Conforme mostrado na imagem, o procedimento de encaminhamento de pacotes downstream.



1. O OLT envia quadros Ethernet das portas de uplink para o módulo de processamento de serviço GPON com base nas regras configuradas para as portas PON.
2. O módulo de processamento de serviços GPON encapsula os quadros Ethernet nos pacotes de dados da porta GEM para transmissão downstream.
3. Os quadros de convergência de transmissão GPON (GTC) que contêm as PDUs GEM são transmitidos para todos os ONT/ONUs conectados à porta GPON.
4. O ONT/ONU filtra os dados recebidos com base na ID da porta GEM presente no cabeçalho da PDU GEM e retém somente os dados importantes para as portas GEM neste ONT/ONU.
5. O ONT desencapsula os dados e envia os quadros Ethernet aos usuários finais através das portas de serviço.

### Estrutura de quadro de pacotes downstream

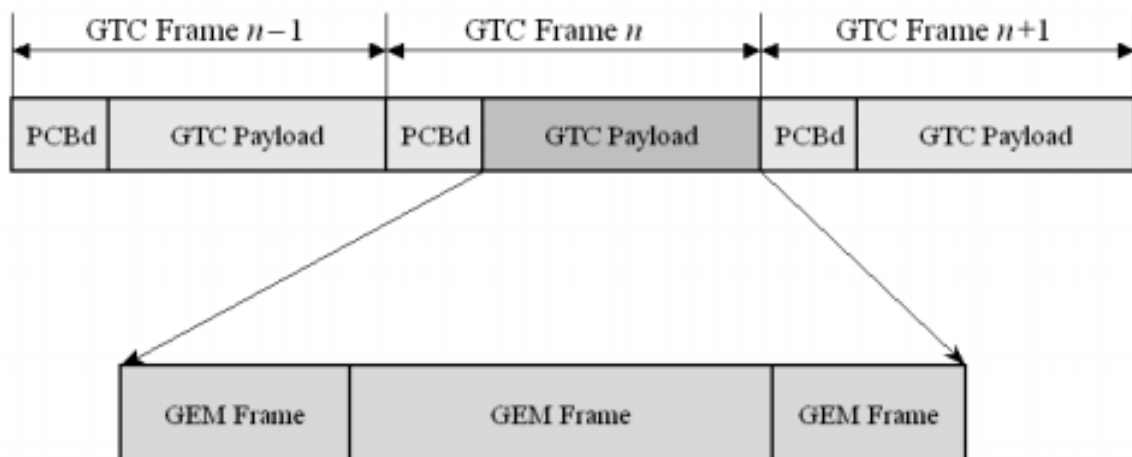
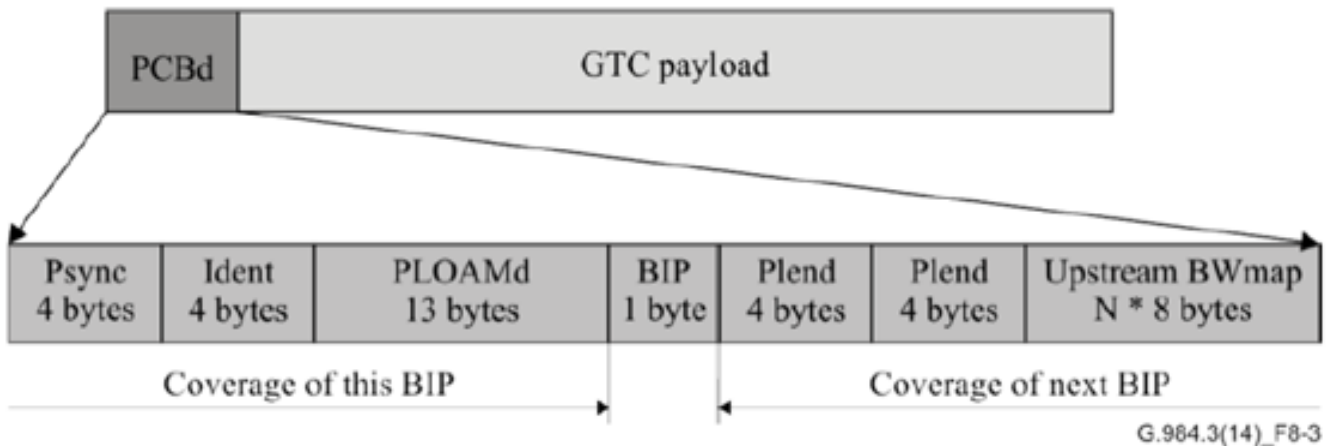
- Um quadro GPON downstream tem um comprimento fixo de 125  $\mu$ s, composto de dois componentes: bloco de controle físico downstream (PCBd) e payload.
- O OLT transmite o PCBd para todas as ONU/ONTs. As ONU/ONTs recebem o PCBd e realizam operações com base nas informações recebidas.
- O PCBd consiste no cabeçalho GTC e no BWmap:
  - Cabeçalho GTC - Usado para delimitação de quadro, sincronização e correção de erro



de encaminhamento (FEC).

- BWmap – O campo notifica a ONU da alocação de largura de banda upstream. Especifica os intervalos de tempo inicial e final upstream para os T- CONTs de cada ONU. Isto assegura que todas as ONU enviem dados com base nos intervalos de tempo especificados pelo OLT para evitar conflitos de dados.

Conforme mostrado na imagem, uma visualização expandida do PCBd e do que está presente na carga GTC.



Termos-chave:

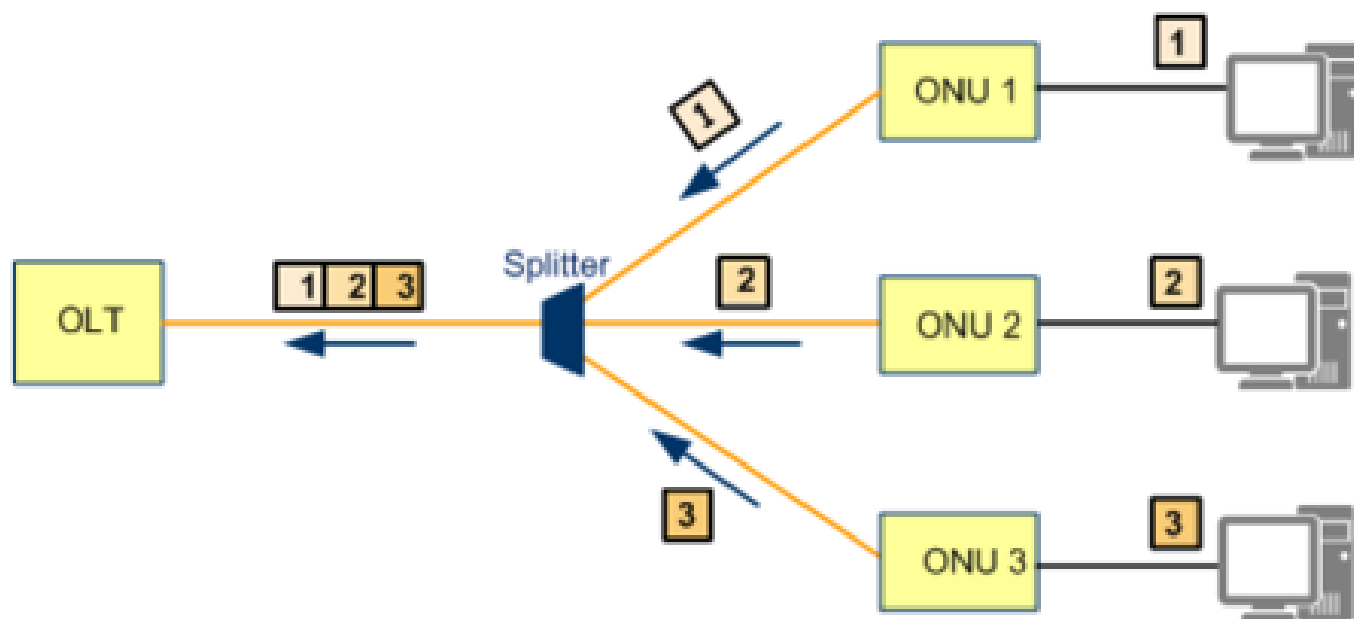
- Psync (comprimento de 4 bytes) - Campo de sincronização física. Indica o início de cada PCBd.
- Ident (comprimento de 4 bytes) - Usado para indicar estruturas de quadros maiores. Contém o contador de superquadro empregado pelo sistema de criptografia.
- PLOAMd (13 bytes de comprimento) - campo downstream de OAM (PLOAM) da camada


física. Pense nisso como canal de operação e gerenciamento baseado em mensagens entre o OLT e as ONU/ONTs.

- BIP (1 byte de comprimento) - Paridade intercalada por bits pelo receptor para medir o número de erros no link.
- Plend (comprimento de 4 bytes) - campo de downstream de comprimento de payload.

## Upstream Packet Walk

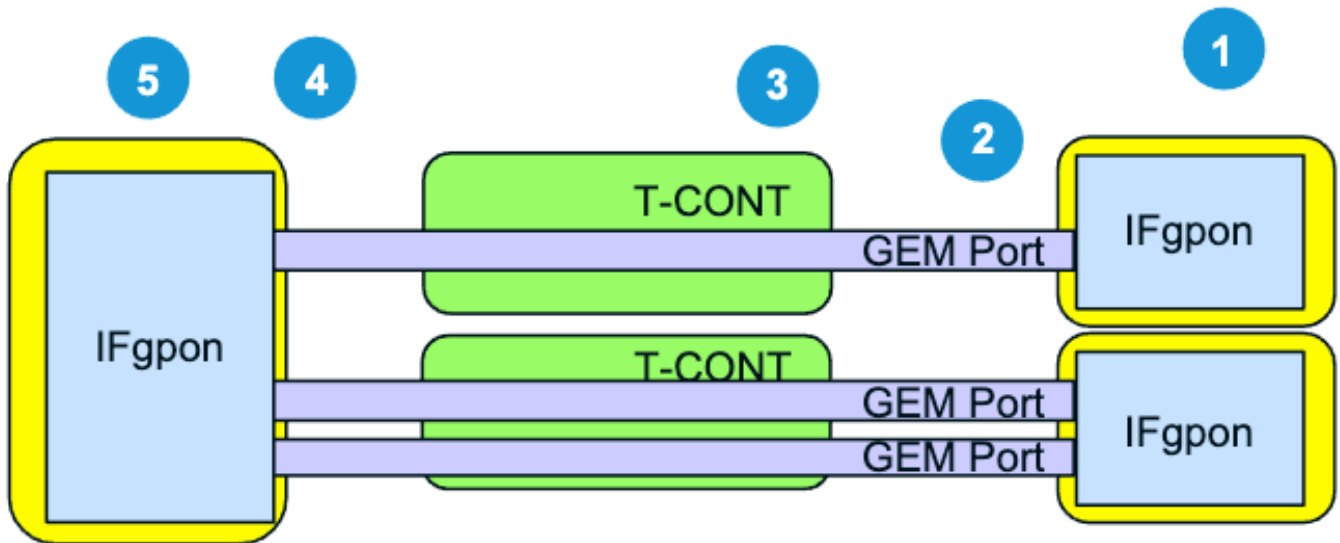
Conforme mostrado na imagem, o fluxo de pacotes upstream de várias ONUs para o OLT.



 Dica: Upstream pode ser pensado a partir da perspectiva do separador, ou tráfego enviado do ONU/UNT, usuários finais para o OLT.

- A transmissão de pacotes upstream ocorre por meio do TDMA (acesso múltiplo por divisão de tempo)
  - A distância entre o OLT e o ONT/ONU é medida.
  - Os intervalos de tempo são alocados com base na distância.
  - O ONT/ONU envia o tráfego upstream com base no intervalo de tempo concedido.
- A alocação dinâmica de largura de banda (DBA) permite que o OLT monitore em tempo real o congestionamento, o uso de largura de banda e a configuração.
- Detecta e evita colisões durante o intervalo.
- O comprimento de onda upstream varia de 1290 a 1330 nm.


Conforme mostrado na imagem, o procedimento de encaminhamento de pacotes upstream.



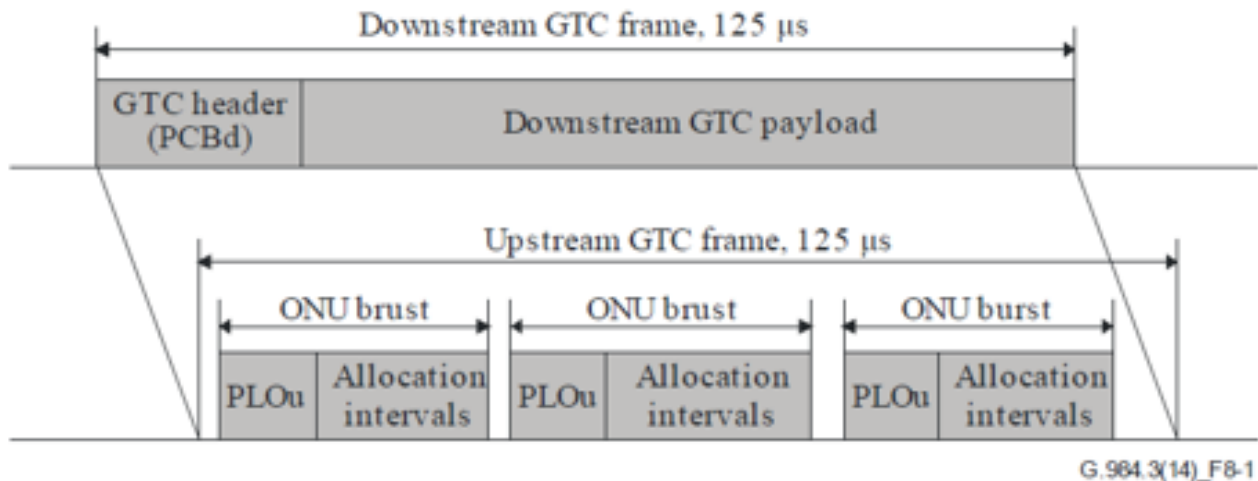
1. ONT/ONU envia quadros Ethernet para portas GEM com base em regras configuradas que mapeiam portas de serviço e portas GEM.
2. As portas GEM encapsulam os quadros Ethernet em PDUs GEM e adicionam essas PDUs às filas de TCONT com base nas regras que mapeiam as portas GEM e as filas de TCONT.
3. As filas de TCONT usam os intervalos de tempo com base na DBA e transmitem as PDUs GEM upstream para o OLT.
4. O OLT desencapsula a PDU GEM. Agora, o quadro Ethernet original é observado.
5. O OLT envia os quadros Ethernet de uma porta de uplink especificada com base nas regras que mapeiam as portas de serviço e as portas de uplink.

### Estrutura de quadro de pacotes upstream

- Cada quadro GPON upstream tem um comprimento fixo de 125  $\mu$ s.
- Cada quadro upstream contém o conteúdo transportado por um ou mais T-CONT/TCONTs.
- Todos os ONUs conectados a uma porta GPON compartilham a largura de banda upstream.
- Todas as ONUs enviam os dados upstream em seus próprios intervalos de tempo com base nos requisitos do mapa de largura de banda (BWmap).
- Cada ONU relata o status dos dados a serem enviados para o OLT usando quadros upstream. OLT usa DBA para alocar intervalos de tempo a montante para ONUs e envia atualizações em cada quadro.

-  Observação: os quadros upstream são enviados como intermitências, que são constituídas da sobrecarga da camada física (PLOu) de upstream e um ou mais intervalos de alocação de largura de banda associados a um Alloc-ID específico.

Conforme mostrado na imagem, a diferença entre um quadro downstream e upstream.

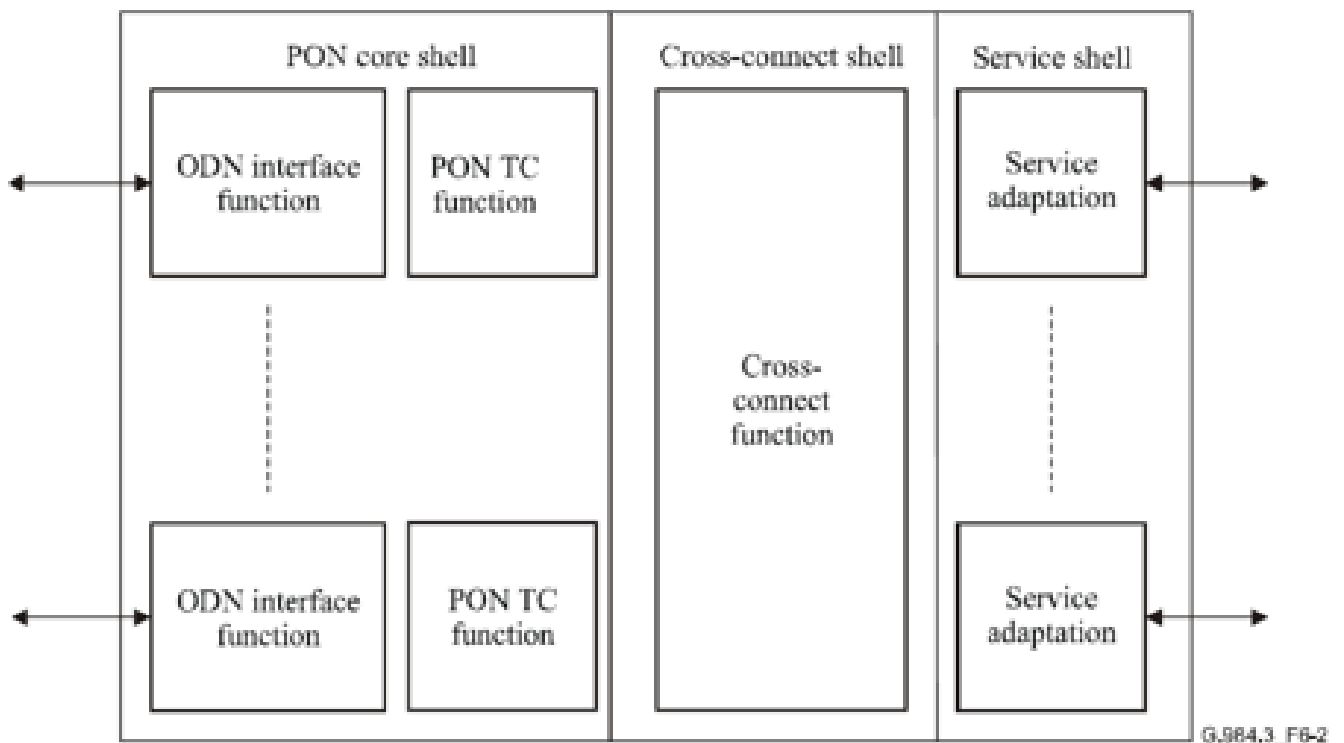


Termos-chave:

- Physical layer overhead upstream (PLOu) – Sobrecarga da camada física de upstream.
- Physical layer OAM upstream (PLOAMu) – Mensagens PLOAM de dados upstream. Pense nisso como canal de operação e gerenciamento baseado em mensagens entre o OLT e as ONU/ONTs.
- Power level sequence upstream (PLSu) – Sequência de nível de energia upstream
- Dynamic bandwidth report upstream (DBRu) – Relatório de largura de banda upstream
- Payload – Dados do usuário

## Blocos funcionais

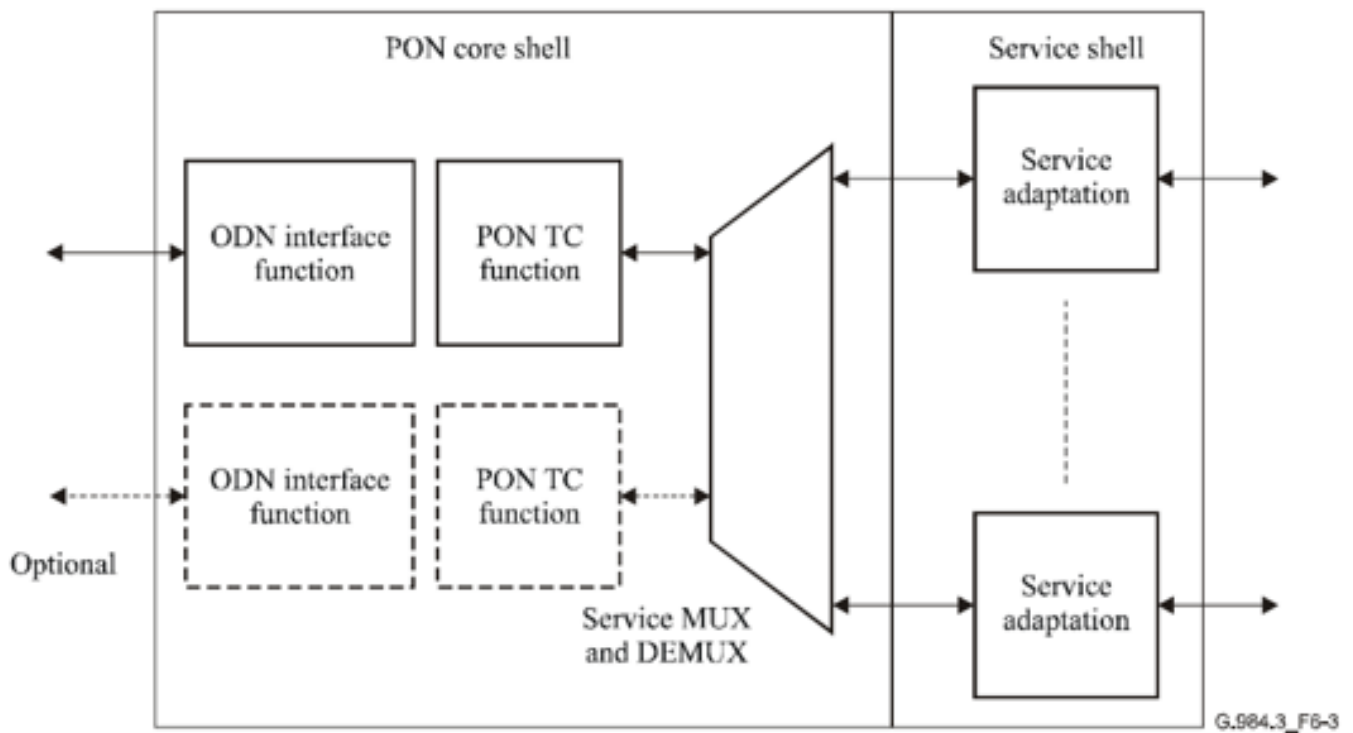
Blocos funcionais do OLT



Um OLT consiste em três partes principais:

1. Função de interface da porta de serviço – Fornece conversão entre as interfaces de serviço e a interface do quadro TC da seção PON.
2. Função de conexão cruzada – Fornece um caminho de comunicação entre o shell PON e o shell de serviço, bem como a funcionalidade de conexão cruzada.
3. Interface de rede de distribuição óptica (ODN) – Subdividida em duas partes:
  - Função de interface PON
  - Função PON TC – As responsabilidades incluem enquadramento, controle de acesso ao meio, OAM, DBA e delineamento da unidade de dados de protocolo (PDU) para a função de conexão cruzada e gerenciamento de ONU.

Blocos funcionais da ONU/OLT

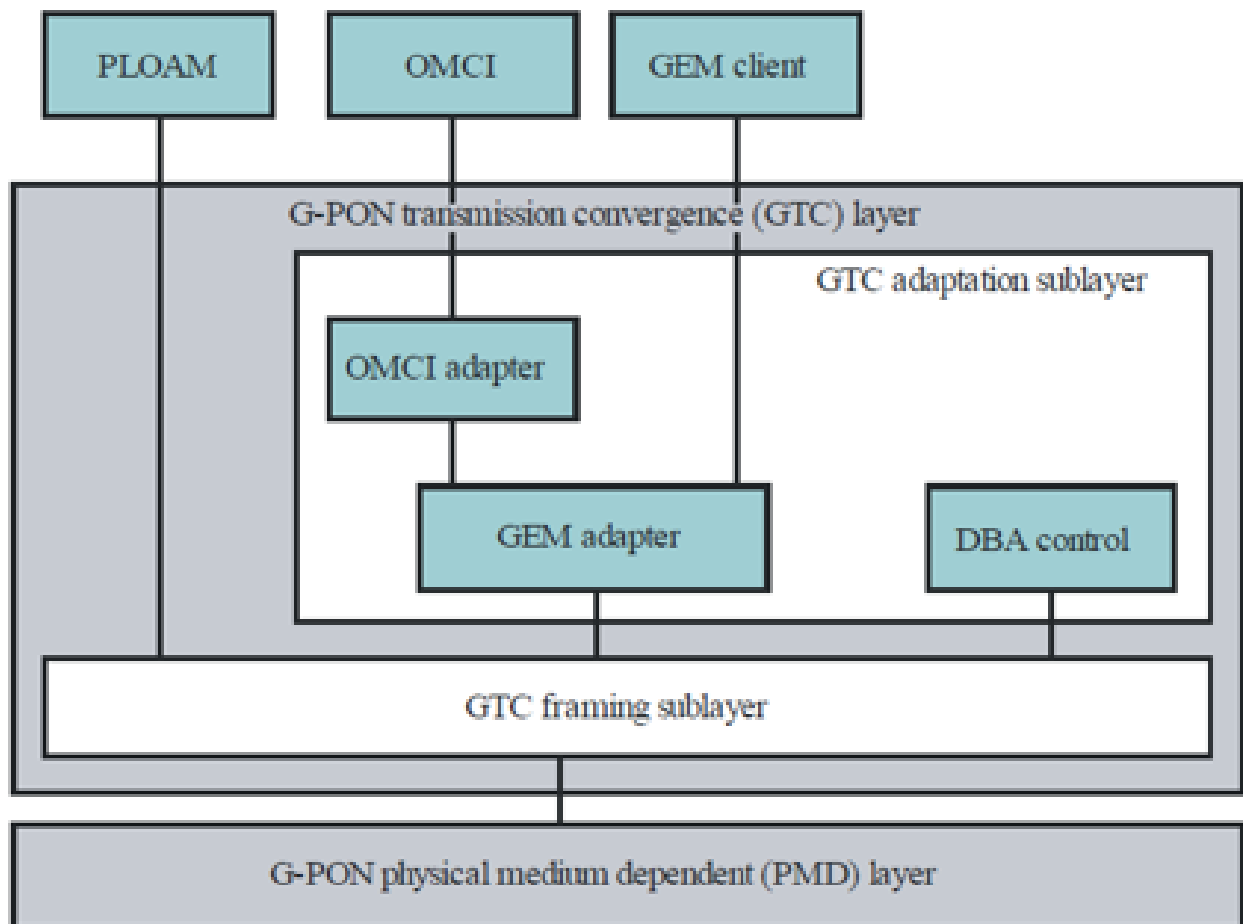


Os blocos funcionais são semelhantes ao OLT. No cenário em que o ONU/OLT opera com uma única interface PON (máx. 2 para fins de proteção), a função de conexão cruzada é omitida. Em vez dessa função, agora os serviços MUX e DEMUX são responsáveis pelo tráfego.

## Pilhas de protocolo

O protocolo GPON tem sua própria pilha, apenas Ethernet ou IP.

Conforme mostrado na imagem, a pilha de protocolos para GPON:



G.984.3(14)\_F7-1

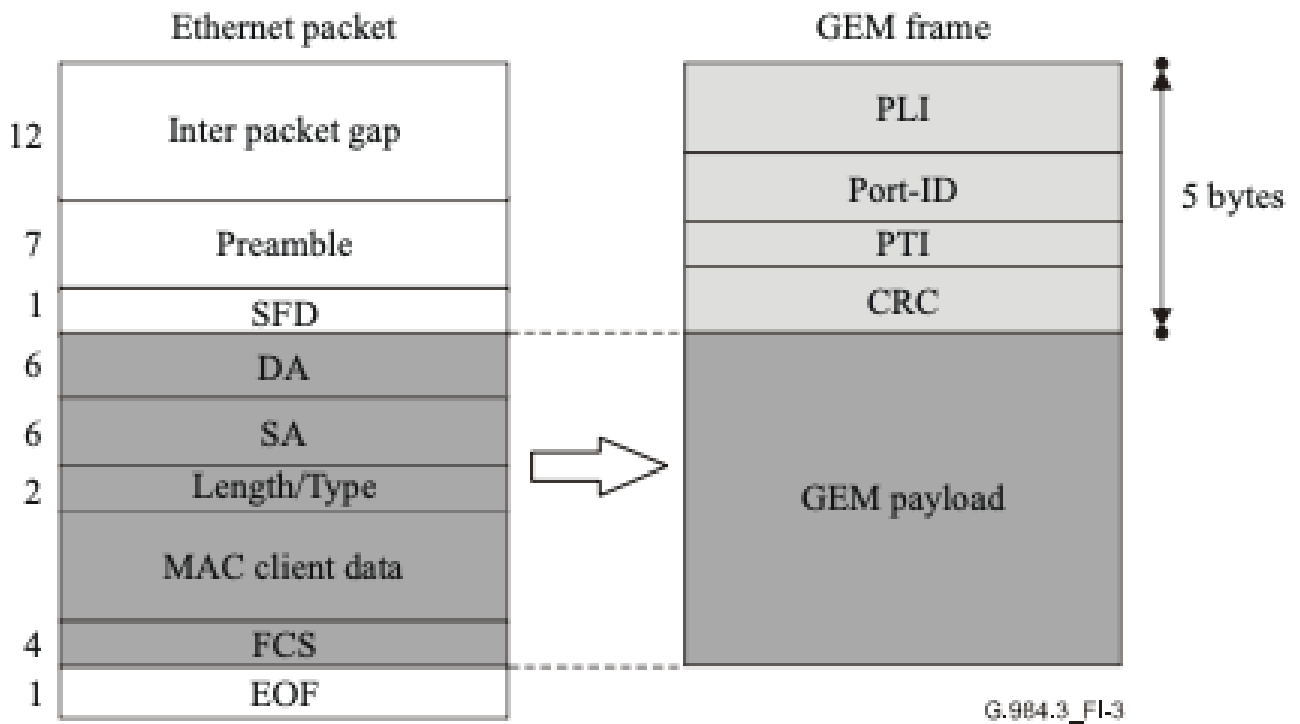
Termos-chave:

- Camada de PMD – Equivalente às interfaces GPON que ficam entre os OLTs e as ONUs.
- Camada GTC – Responsável pelo encapsulamento de payloads pelo uso de células ATM ou quadros GEM. Os quadros GEM podem transportar células Ethernet, POTS, E1 e T1.

Mapeamento de tráfego – Ethernet

- Resolve quadros Ethernet e mapeia diretamente os dados dos quadros Ethernet na carga útil do GEM.
- Os quadros GEM encapsulam automaticamente as informações do cabeçalho.
- Alinhamento 1:1 entre um Quadro Ethernet e um Quadro GEM.

Conforme mostrado na imagem, como um quadro Ethernet é mapeado para um quadro GEM:



## OMCI

- As mensagens da Interface de controle e gerenciamento de ONU (OMCI) são usadas para descobrir ONT/ONUs para gerenciamento e controle.
- Essas mensagens especializadas são enviadas por portas GEM dedicadas estabelecidas entre um OLT e um ONT/ONU.
- O protocolo OMCI permite a um OLT:
  - Estabelecer e liberar conexões com o ONT.
  - Gerenciar as UNIs no ONT.
  - Solicitar informações de configuração e estatísticas de desempenho.
  - Alertar de forma autônoma sobre eventos, como uma falha de link.

## Pontos principais:

- O protocolo é executado em uma conexão GEM entre o OLT e o ONT.
- A conexão GEM é estabelecida enquanto o ONT é inicializado.
- A operação do protocolo é assíncrona - o controlador OLT funciona como primário, o controlador ONT como secundário.



# Técnicas importantes

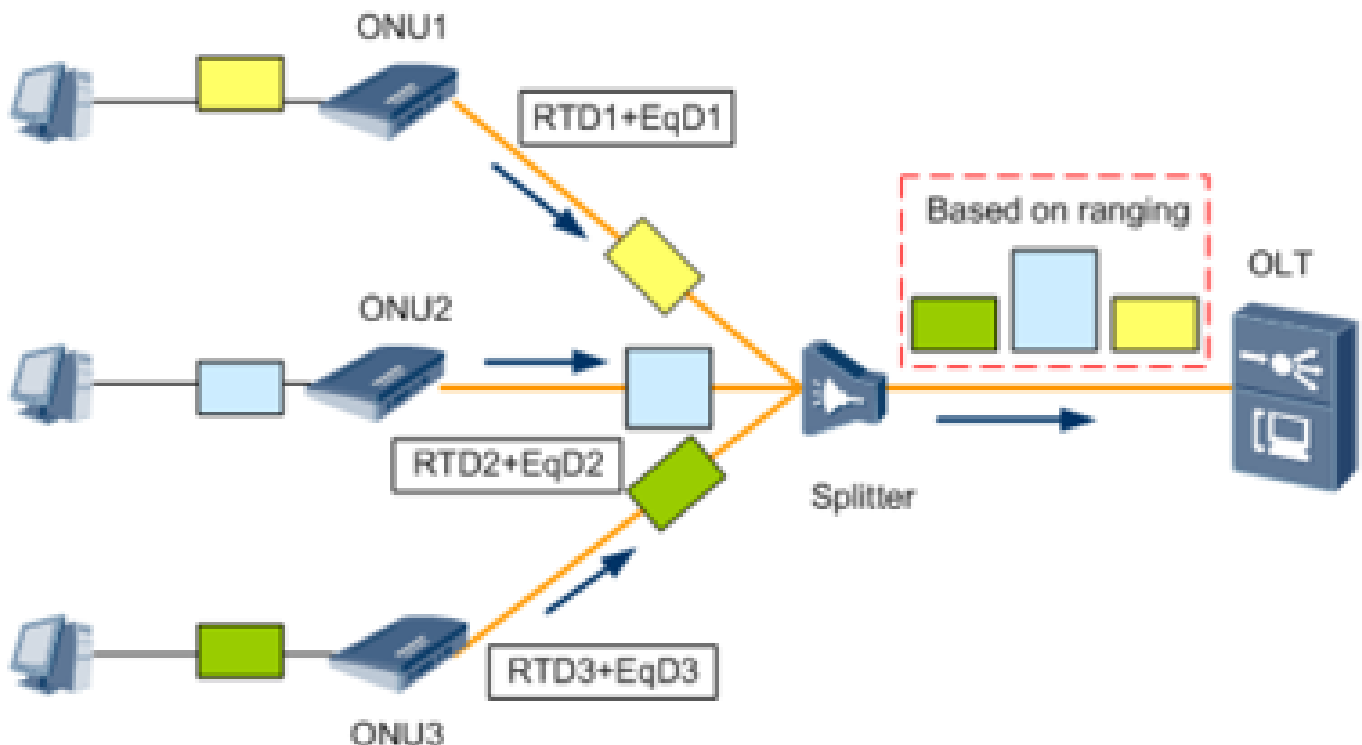
## Intervalo

A fim de evitar conflitos de dados (colisões), o OLT deve ser capaz de medir precisamente a distância entre ele mesmo e cada ONU para fornecer um intervalo de tempo adequado para facilitar os dados a montante. Isso permite que as ONUs enviem dados em intervalos de tempo especificados, para evitar problemas upstream. Esse processo é realizado por meio de uma técnica chamada de intervalo.

Processo de intervalo:

- O OLT inicia o processo em uma ONU, quando a ONU é registrada pela primeira vez no OLT, e obtém o atraso de ida e volta (RTD) da ONU. Com base no RTD, os outros componentes principais são identificados:
- O cálculo do alcance físico dessa ONU específica, pois esse OLT exige um atraso de equalização (EqD) adequado para cada ONU de acordo com o alcance físico.
- O RTC e o EqD sincronizam quadros de dados enviados por todas as ONUs

Conforme mostrado na imagem, uma demonstração do que o processo realiza para colocar todas as ONU/OLTs na mesma distância virtual do OLT.



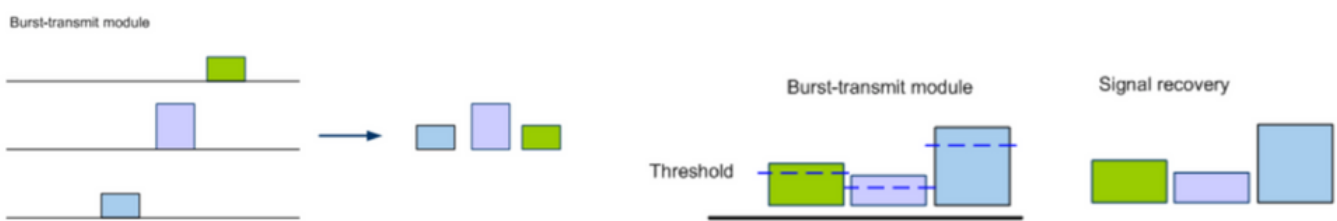
## Tecnologia de burst

O fluxo de pacotes upstream é obtido por meio de bursts e cada ONU/ONT é responsável pela

transmissão de dados nos intervalos de tempo alocados. Quando uma ONU/ONT não está no intervalo de tempo, o dispositivo desativa a transmissão do transceptor óptico, para evitar outro impacto na ONU/ONT.

- A função de transmissão de burst é compatível com os módulos de ONU/ONT.
- A função de recebimento de burst é compatível com os módulos de OLT.
- A distância variada entre cada ONU/ONT e o OLT resulta em atenuação do sinal óptico. Como resultado, a potência e o nível dos pacotes recebidos por um OLT variam em diferentes intervalos de tempo.
- O ajuste dinâmico de limite permite que o OLT ajuste dinamicamente o limite para níveis de energia óptica. Isso garante que todos os sinais da ONU possam ser recuperados.

Conforme mostrado na imagem, uma demonstração de diferentes dados transmitidos por burst e, em seguida, recuperados:



## Alocação dinâmica de largura de banda (DBA)

A DBA permite que um módulo de OLT monitore o congestionamento na rede PON em tempo real. Isso permite que o OLT ajuste a largura de banda com base em vários fatores, que incluem congestionamento, uso de largura de banda e configuração.

Pontos principais de DBA:


- O módulo de DBA integrado no OLT coleta relatórios de DBA constantemente, realiza cálculos e notifica a ONU através do campo BWMap no quadro downstream.
- Como resultado das informações de BWMap, a ONU envia dados upstream nos intervalos de tempo alocados para ocupar a largura de banda upstream.
- A largura de banda também pode ser alocada em modo estático/fixo.
- O uso da DBA permite:
  - Melhor uso da largura de banda upstream em uma porta PON.
  - Maior largura de banda para usuários e suporte para mais usuários em uma porta

PON.

## Correção de erros antecipada (FEC)

A transmissão de sinais digitais pode apresentar erros de bit e instabilidade, o que pode prejudicar a qualidade de transmissão do sinal. A GPON pode aproveitar a FEC, que permite que a extremidade de RX verifique se há bits de erro na transmissão.

---

 Observação: a FEC é unidirecional e não oferece suporte ao feedback de informações de erro.

---

Pontos principais de FEC:

- Não exige retransmissão de dados.
- Compatível com FEC somente na direção downstream.
- Melhor qualidade de transmissão no processamento de payload e PCBd.

## Criptografia de linha

Todos os dados downstream são transmitidos para todas as ONUs. Há o risco de que ONUs não autorizadas recebam dados downstream destinados a ONUs autorizadas. Para combater isso, a GPON utiliza o algoritmo AES128 para criptografar pacotes de dados.

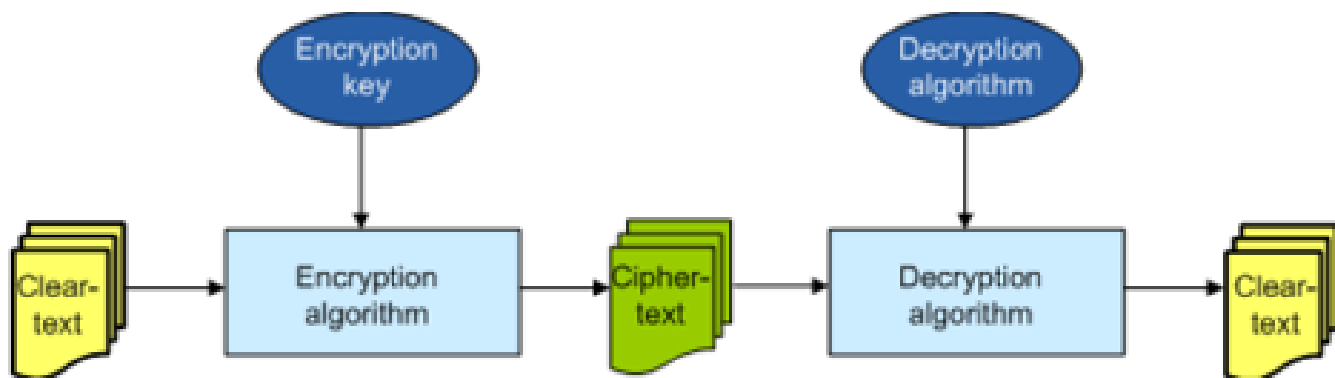
Principais pontos da criptografia de linha:

- O uso da criptografia de linha não aumenta a sobrecarga nem diminui o uso da largura de banda.
- O uso da criptografia de linha não prolonga os atrasos de transmissão

Troca de chaves e switchover

- O OLT inicia uma solicitação de troca de chaves para a ONU. A ONU responde à solicitação com uma nova chave.
- Após o recebimento da chave, o OLT usa a nova chave para criptografar dados.
- O OLT envia o número do quadro que usa a nova chave para a ONU.
- A ONU recebe o número do quadro e alterna a chave de verificação nos quadros de dados de entrada.

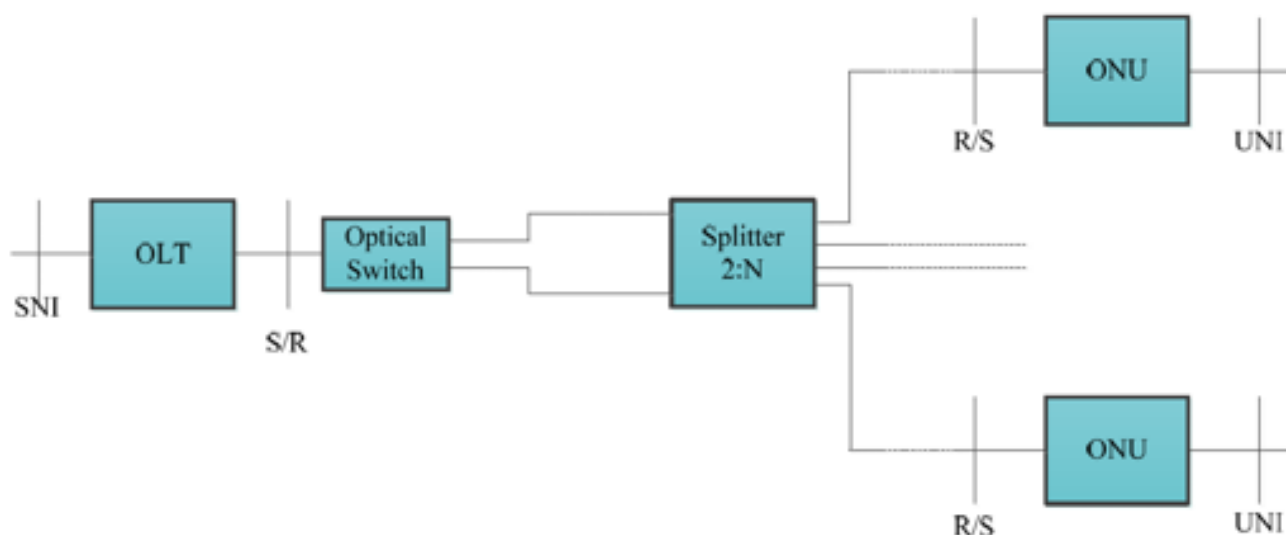
Conforme mostrado na imagem, o processo de troca de chaves:



## Modos de proteção de rede

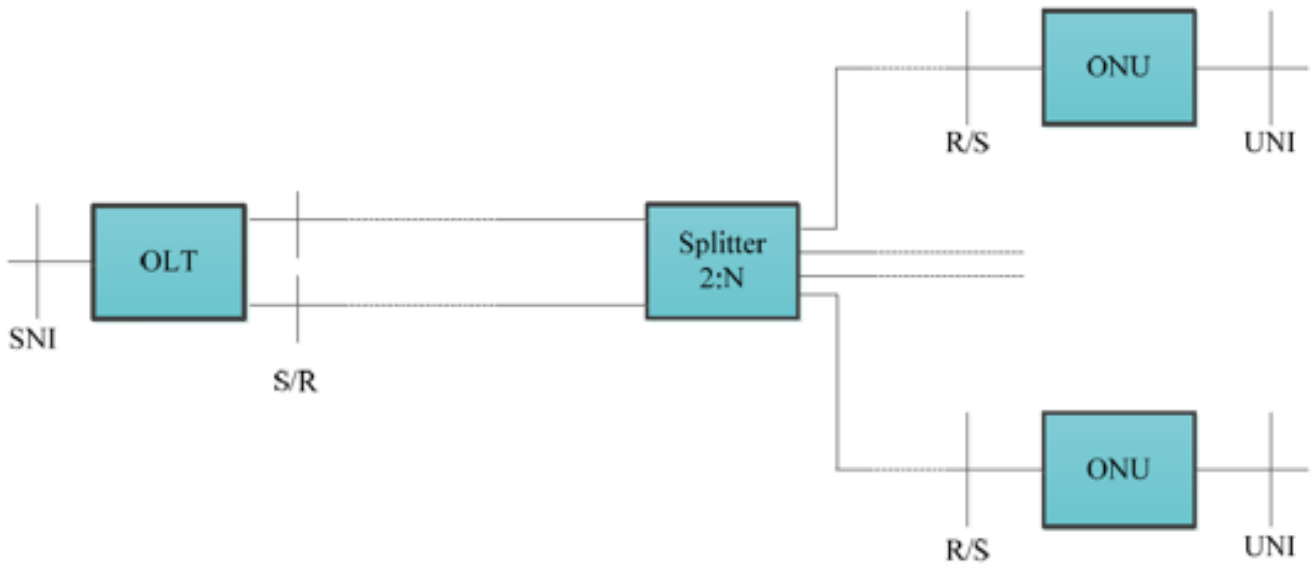
Há vários tipos diferentes de modos de proteção de rede que o GPON pode utilizar. Consulte a imagem para ver os diferentes tipos.

### Tipo A



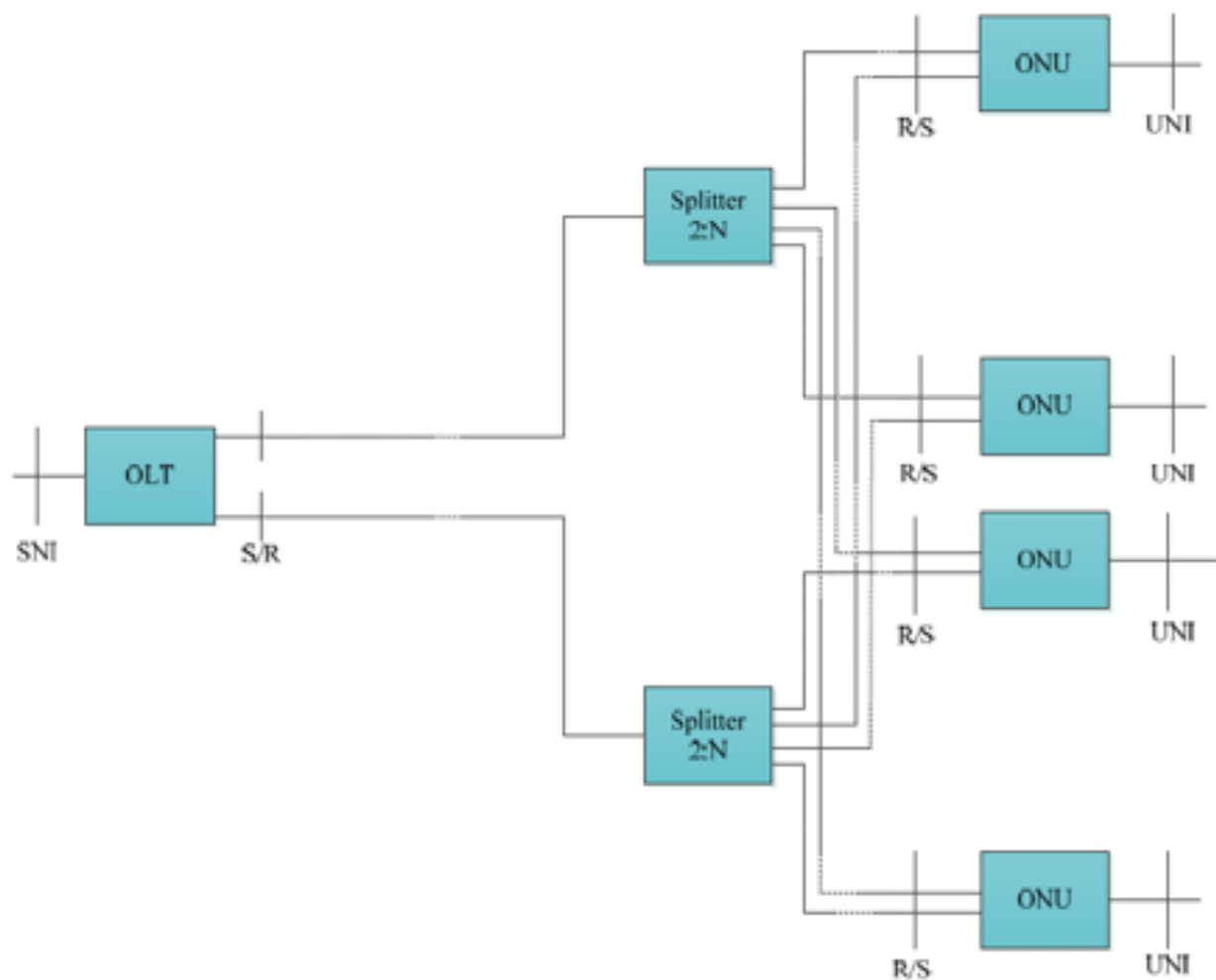
- Não exige uma porta PON OLT adicional.
- Quando a fibra primária falha, os serviços são transferidos para a fibra secundária.
- A duração da interrupção depende do tempo de recuperação da linha.
- Se a falha ocorrer na linha do divisor para a ONU, não haverá backup.

### Tipo B



- O OLT fornece duas portas GPON como OLTs de proteção e válidos.
- A proteção é restrita à fibra do OLT para o divisor e as placas do OLT.
- Nenhuma redundância de equipamento é fornecida na ONU ou nas fibras do alimentador.
- Sem ONU ou proteção total contra ODN.
- Utiliza 2 x divisores N e sem perdas ópticas adicionais.

Tipo C



- Redundância para OLT, ODN e ONU(s).
- Fornece 2 links totalmente redundantes até as instalações do assinante.
- Duas opções: proteção Linear 1 + 1 e Linear 1:1

#### Proteção 1+1:

- A PON de proteção é dedicada à PON válida.
- O tráfego normal é copiado e enviado para as duas PONs, com uma ponte permanente entre os dois OLTs.
- O tráfego é enviado para um ONU simultaneamente, a seleção entre os dois sinais baseia-se em critérios predeterminados.

#### Proteção individual:

- O tráfego normal é transportado na PON de proteção ou válida.
- A proteção automática alterna entre os PONs.
- Mais cara, mas oferece disponibilidade máxima.

## Sobre esta tradução

A Cisco traduziu este documento com a ajuda de tecnologias de tradução automática e humana para oferecer conteúdo de suporte aos seus usuários no seu próprio idioma, independentemente da localização.

Observe que mesmo a melhor tradução automática não será tão precisa quanto as realizadas por um tradutor profissional.

A Cisco Systems, Inc. não se responsabiliza pela precisão destas traduções e recomenda que o documento original em inglês ([link fornecido](#)) seja sempre consultado.