

了解GPON技术

目录

[简介](#)

[先决条件](#)

[要求](#)

[使用的组件](#)

[背景信息](#)

[术语](#)

[网络图](#)

[技术概述](#)

[GPON 的限制](#)

[功率预算](#)

[数据包传输](#)

[下游数据包传输](#)

[上游数据包传输](#)

[功能块](#)

[协议栈](#)

[重要技术](#)

[测距](#)

[突发技术](#)

[动态带宽分配 \(DBA\)](#)

[前向纠错 \(FEC\)](#)

[线速加密](#)

[网络保护模式](#)

[相关信息](#)

简介

本文档介绍千兆无源光网络 (GPON) 技术及其工作原理。

先决条件

无。

要求

本文档没有任何特定的要求。

使用的组件

本文档不限于特定的软件和硬件版本。

本文档中的信息都是基于特定实验室环境中的设备编写的。本文档中使用的所有设备最初均采用原始（默认）配置。如果您的网络处于活动状态，请确保您了解所有命令的潜在影响。

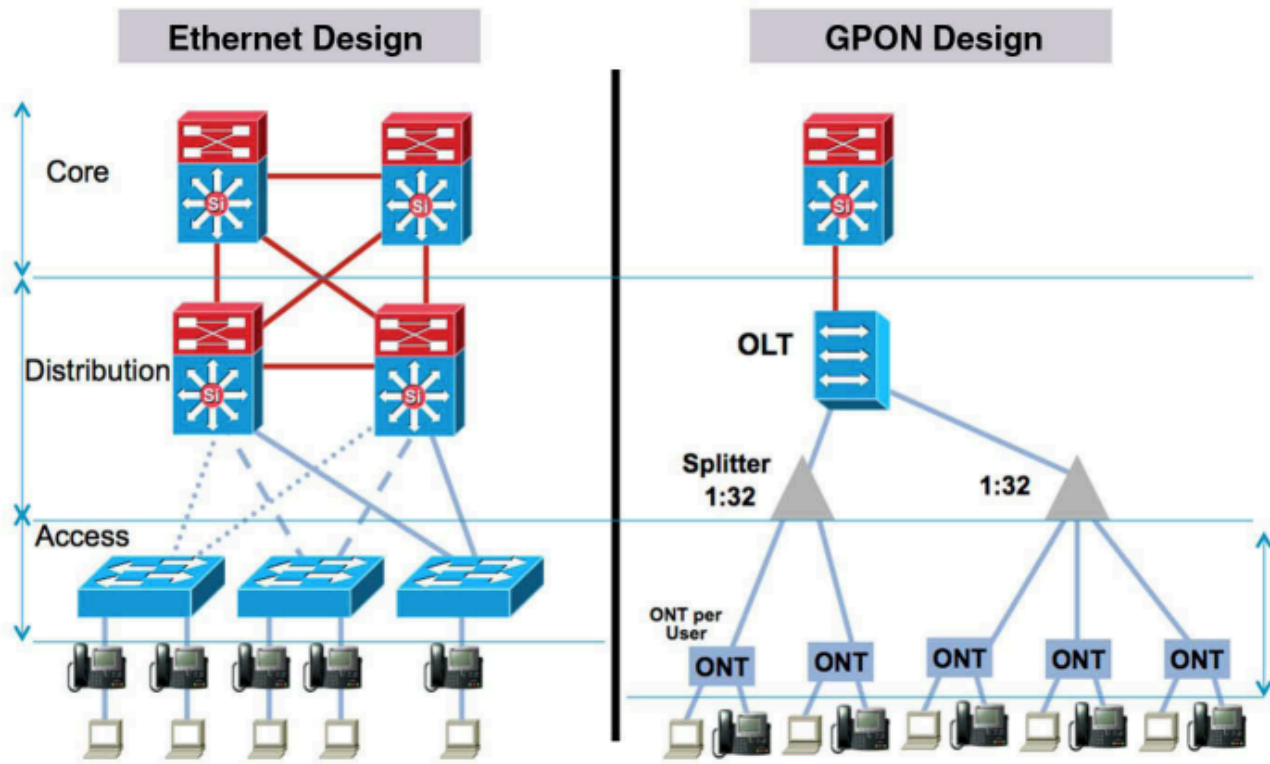
背景信息

GPON 是园区网络中以太网交换的替代方案。GPON用两层光网络取代了传统的三层以太网设计，从而消除了使用无源光设备的接入和分布以太网交换机。思科通过Catalyst GPON平台推出GPON。

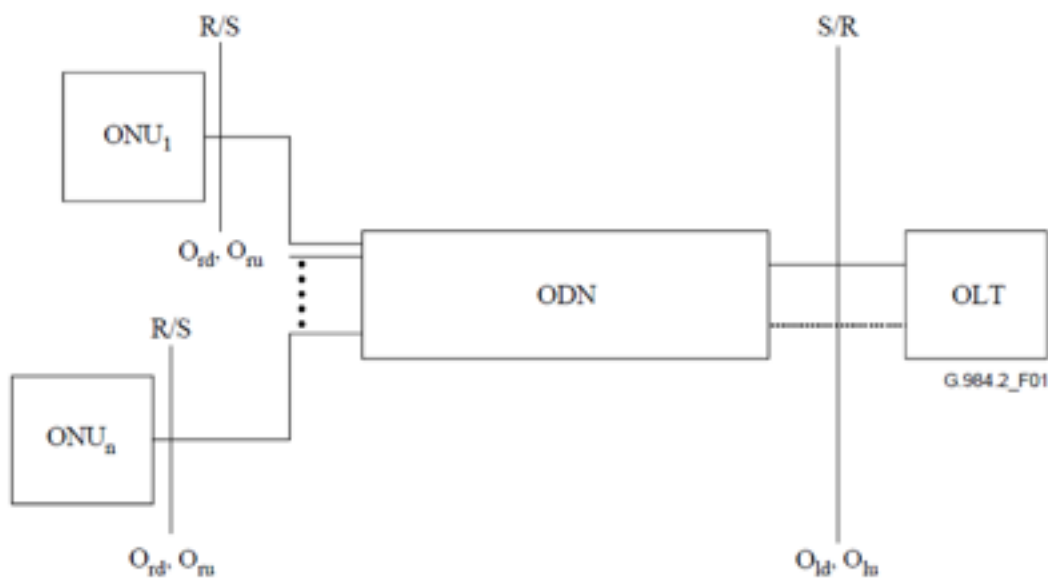
术语

- 支持千兆位的无源光纤网络(GPON) — 由ITU-T发布的无源光纤网络(PON)标准。
- 光分配网络 (ODN) - 在电信网络中向用户分发信号的物理光纤和光纤设备。ODN 由无源光组件（例如光纤）以及和一个或多个无源光分路器组成。
- 光纤网络终端(ONT)/光纤网络单元(ONU) — 将最终用户设备（台式机、电话等）连接到GPON网络。此设备提供光到电信号的转换。ONT 还通过 ONT 密钥提供 AES 加密。
- 分路器 — 用于将光纤信号汇聚或复用到单个上游光缆。分光比通常为 1:32。
- 光线路终端(OLT) — 将来自ONT的所有光信号汇聚为单个多路复用光束，然后将其转换为电信号，格式化为以太网数据包类型标准以实现第2层或第3层转发。
- 波分复用(WDM) — 波分复用(WDM)是将许多光载波信号复用到使用不同波长（即颜色）激光的单个光纤上的技术。
- GEM GPON封装方法(GEM) — 一种数据帧传输方案，用于支持千兆位连接的无源光网络(GPON)系统，支持将用户数据帧分段为可变大小传输分段
- 光纤到X(FTTX)- FTTX是几种光纤部署配置的通用技术，分为两组：FTTP/FTTH/FTTB（光纤一直铺到住宅/住宅/建筑）和FTTC/N（光纤铺到机柜/节点，铜线完成连接）。
- T-CONT/ CONT - 传输容器
- OMCC - 光网络单元管理和控制信道
- OMCI - 光网络单元管理和控制接口
- PCBd - 下游物理控制块
- TDM - 时分复用
- TDMA - 时分多址

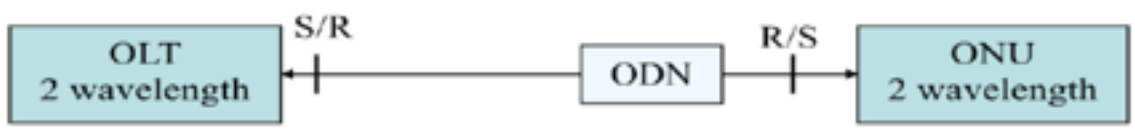
网络图



技术概述



R and S Reference points
 O_{rd}, O_{ru}, O_{ld}, O_{la} Optical interfaces
 ———— Represent one or more fibre
 - - - - - Represent optional protection fibres



- OLT 通过单根光纤连接到光分路器，然后光分路器连接到 ONU/ONT。

- GPON 采用 WDM 技术在同一 ODN 上传输上游/下游波长不同的数据。波长在上游方向为 1290 nm - 1330 nm，在下游方向为 1480 nm - 1500 nm。
- 数据在下行方向广播，而在上行方向的数据在 TDMA 模式下突发（基于时隙）。
- 支持点对多点 (P2MP) 组播传输。

GPON 的限制

- 最大逻辑覆盖范围：60千米(这是系统更高层(MAC、TC、Ranging)管理的最大距离，鉴于未来物理介质相关(PMD)规范)。
- 发送/接收(S/R)点和接收/发送(R/S)点之间的最大光纤距离：20千米
- 最大差分光纤距离：20km
- 分割比率：受路径损耗限制，带有无源分割器（16、32或64路分割）的PON
- 速率：1.24416千兆/秒上升，2.48832千兆/秒下降

功率预算

光功率作为 GPON 的一部分，其损耗必须加以考虑。这种损耗可能由多种原因造成，例如：

- 分路器的内部损耗
- 光纤每千米损耗（1310 nm 和 1490 nm 的每千米损耗约为 0.35 dB）
- 熔接损耗 (> 0.2 dB)
- 连接器损耗 (0.6 dB)
- 光纤弯曲损耗

如图所示，使用各类分路器造成了不同程度的损耗：

Optical Splitters	Loss [dB]
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

如图所示，各等级的最小和最大光程损耗：

Table G.984.2 – Classes for optical path loss

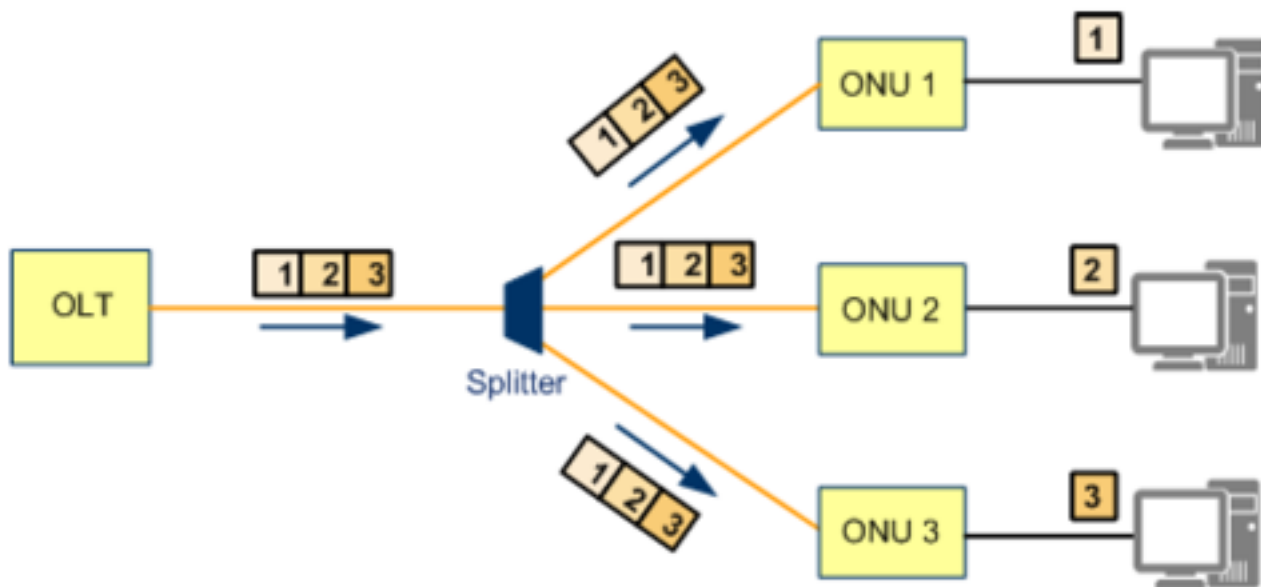
	Class A	Class B	Class B+	Class C
Minimum loss	5 dB	10 dB	13 dB	15 dB
Maximum loss	20 dB	25 dB	28 dB	30 dB

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.

数据包传输

下游数据包传输

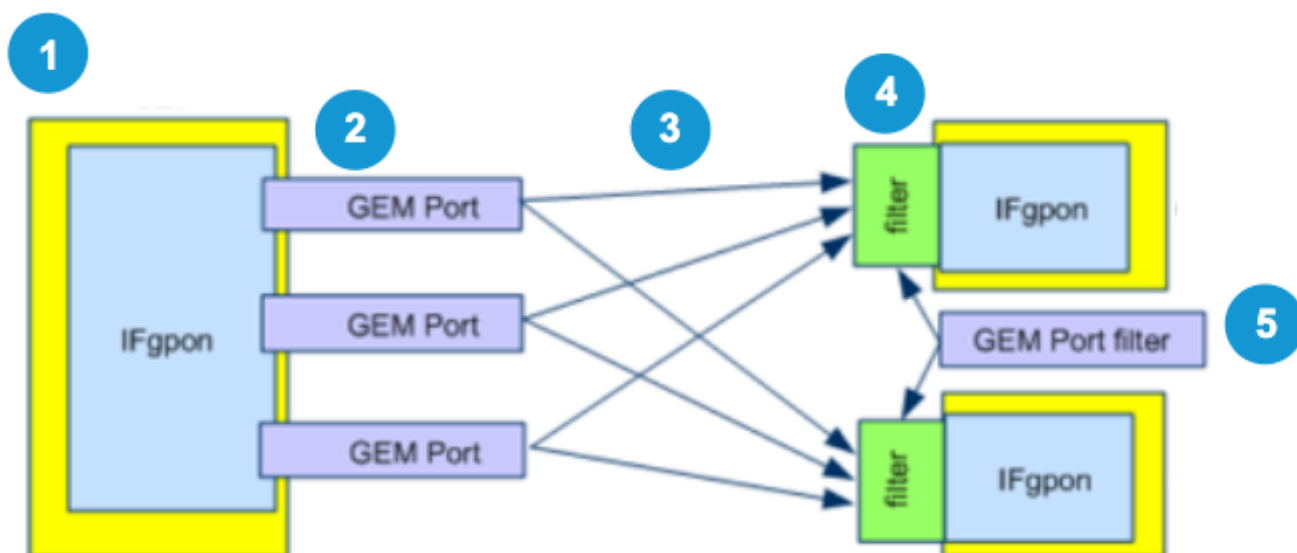
如图所示，数据包从 OLT 下游传输到各种 ONU。



提示：从分离器的角度来看下行链路。您可以将其视为指向ONU/ONT或最终用户的流量。

- 下游数据包作为广播数据包转发，也就是说，相同的广播数据包内含以 GEM 端口 ID 为标识的不同数据，发送给所有同样的 ONU/ONT。
- ONU/ONT 可根据 ONU ID 接收自身应接收的数据。
- 下游波长范围为 1480 nm - 1500 nm。
- 下游连续操作模式 - 即使在没有用户流量通过 GPON 的情况下，光纤上也会传输一个持续的信号，除非激光被管理性关闭。

如图所示，下游数据包转发的过程。



1. OLT 根据 PON 端口配置的规则，将以太网帧从上行链路端口发送到 GPON 服务处理模块。
2. 然后，GPON 服务处理模块将以太网帧封装到 GEM 端口数据包中，以进行下游传输。

3. 系统把包含 GEM PDU 的 GPON 传输收敛 (GTC) 帧广播到连接 GPON 端口的所有 ONT/ONU。
4. ONT/ONU 根据 GEM PDU 信头中包含的 GEM 端口 ID 过滤接收的数据，并仅保留对此 ONT/ONU 上的 GEM 端口有意义的的数据。
5. ONT 解封数据并通过服务端口将以太网帧发送给最终用户。

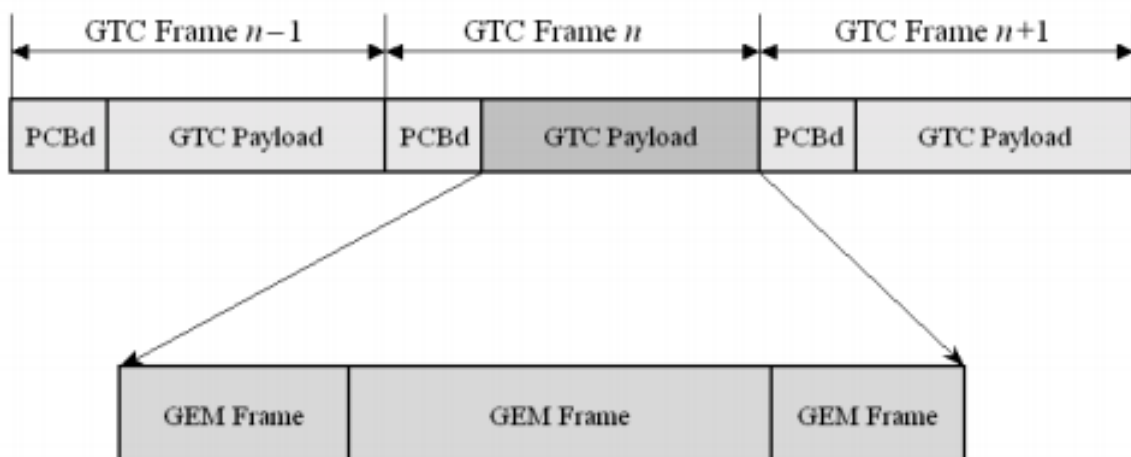
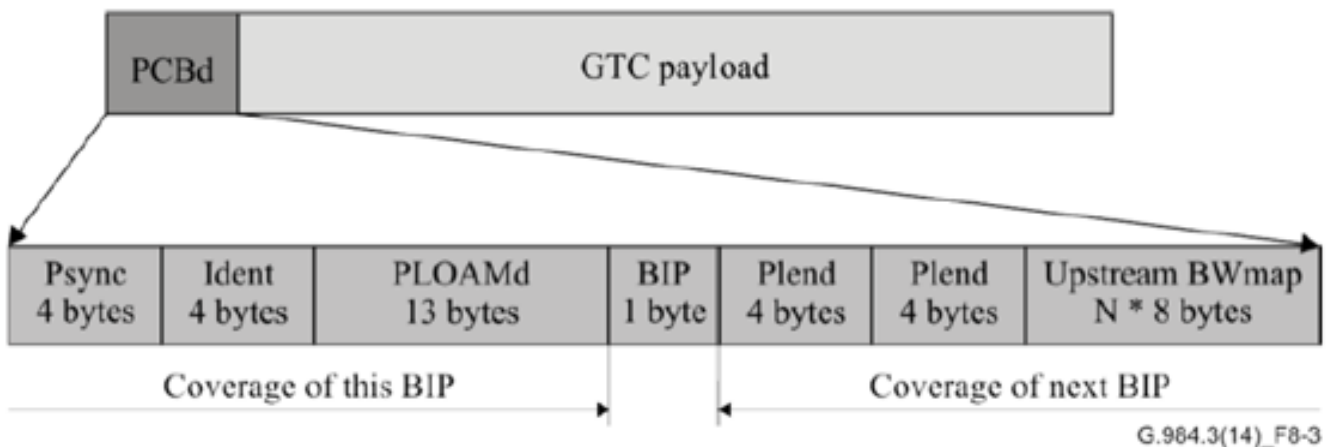
下游数据包帧结构

- 下行GPON帧具有固定长度125μs，由两个组件组成：物理控制块下行(PCBd)和负载。
- OLT 向所有 ONU/ONT 广播 PCBd。ONU/ONT 接收 PCBd 并根据收到的信息执行操作。
- PCBd 由 GTC 信头和 BWmap 组成：

GTC报头 — 用于帧定界、同步和前向纠错(FEC)。

BWmap - 字段通知相应 ONU 上游带宽分配。为每个ONU的T-CONT指定开始和结束上游时隙。这可确保所有ONU根据OLT指定的时隙发送数据，以防止数据冲突。

如图所示，PCBd 以及 GTC 负载中包含内容的扩展视图。

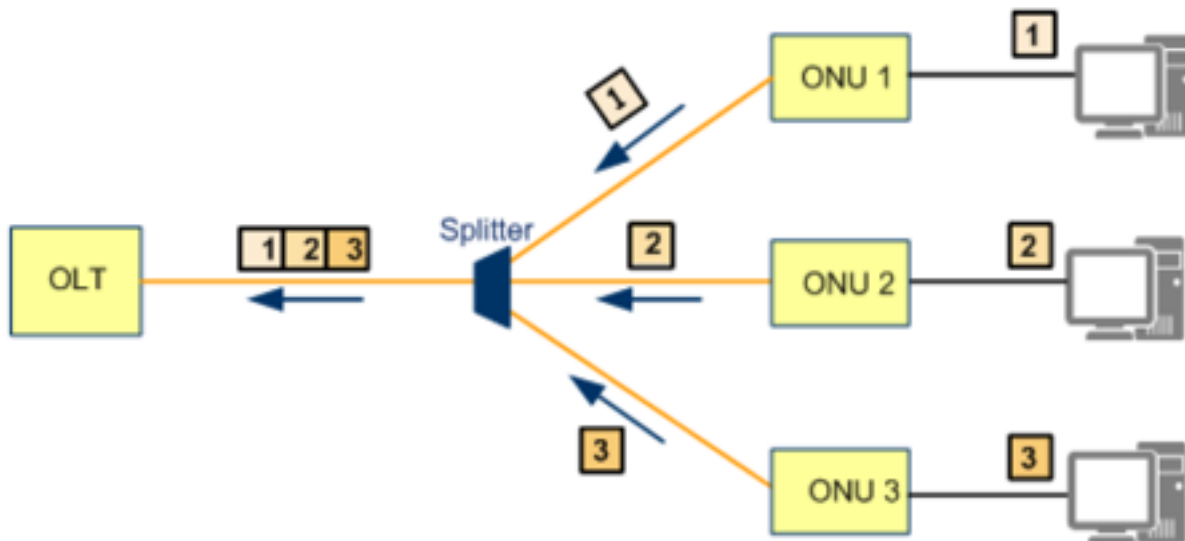


关键术语:

- Psync (4字节长度) — 物理同步字段。表示每个PCBd的开始。
- Ident (4字节长度) — 用于表示较大的帧结构。包含加密系统使用的超帧计数器。
- PLOAMd (13字节长度) — 物理层OAM(PLOAM)下游字段。可以将其视为 TLS 和 ONU/ONT 之间基于消息的操作和管理通道。
- BIP (1字节长度) — 接收方通过位交错奇偶校验来测量链路上的错误数。
- Plend (4字节长度) — 负载长度下游字段。

上游数据包传输

如图所示，上游数据包从各个 ONU 传输到 TLS。



提示：从分离器的角度或从ONU/UNT向OLT发送的流量可以考虑上游。

- 上游数据包通过 TDMA (时分多址) 传输

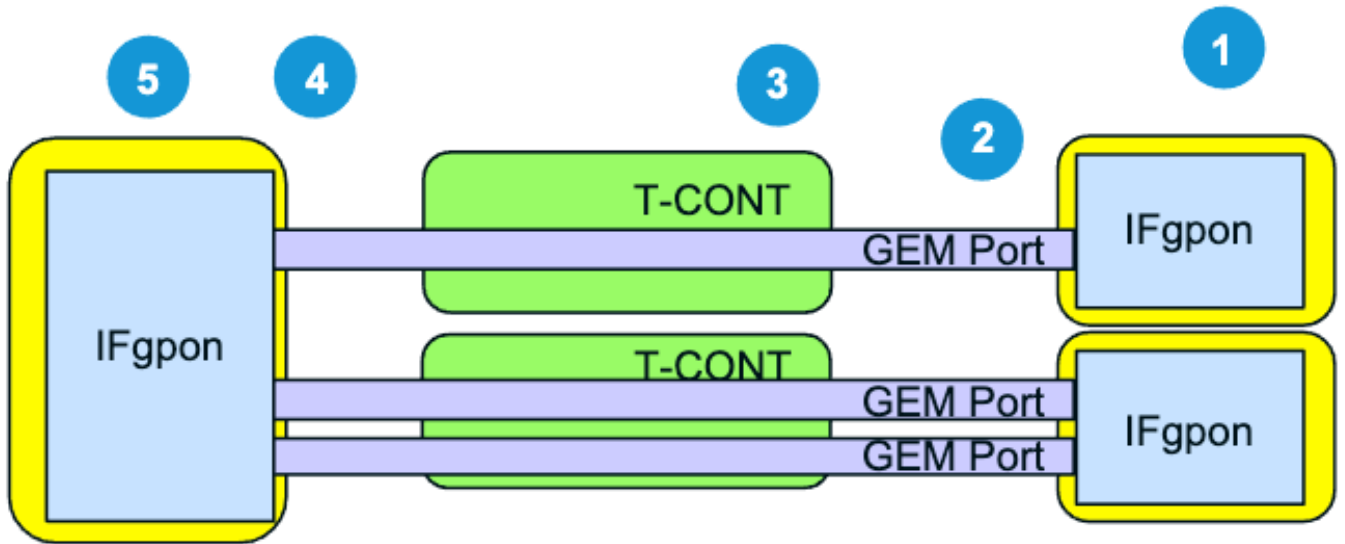
测量 OLT 与 ONT/ONU 之间的距离.

根据距离分配时隙.

ONT/ONU 基于授权时隙向上游发送流量.

- 动态带宽分配 (DBA) 帮助 OLT 实时监控拥塞、带宽使用情况和配置。
- 通过测距检测防止冲突.
- 上游波长范围为 1290 nm - 1330 nm.

如图所示，上游数据包转发的过程。



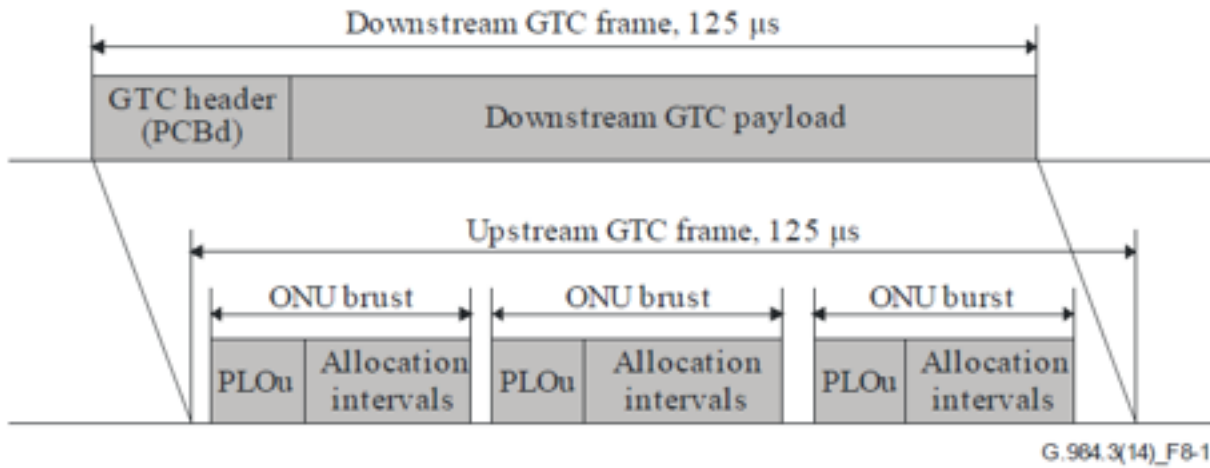
1. ONT/ONU根据映射服务端口和GEM端口的已配置规则将以太网帧发送到GEM端口。
2. GEM 端口将以太网帧封装到 GEM PDU 中，并根据 GEM 端口和 TCONT 队列之间的映射规则，将这些 PDU 添加到 TCONT 队列中。
3. TCONT 队列使用基于 DBA 的时隙，然后将上游 GEM PDU 传输到 OLT。
4. OLT 解封 GEM PDU，从而看到原始的以太网帧。
5. OLT 根据服务端口和上行链路端口之间的映射规则，从指定的上行链路端口发送以太网帧。

上游数据包帧结构

- 每个上游 GPON 帧的固定长度为125 微秒。
- 每个上游帧包含由一个或多个T-CONT/TCONT承载的内容。
- 连接到GPON端口的所有ONU共享上行带宽。
- 所有 ONU 根据带宽映射 (BWmap) 要求在自己的时隙向上游发送数据。
- 每个 ONU 使用上游帧报告要发送到 TLS 的数据的状态。OLT使用DBA进行分配 上行时隙发送到ONU，并在每个帧中发送更新。

注意：上游帧作为突发发送，由上游物理层开销(PLOu)和与特定分配ID关联的一个或多个带宽分配间隔组成。

下游帧和上游帧之间的差异如图所示。

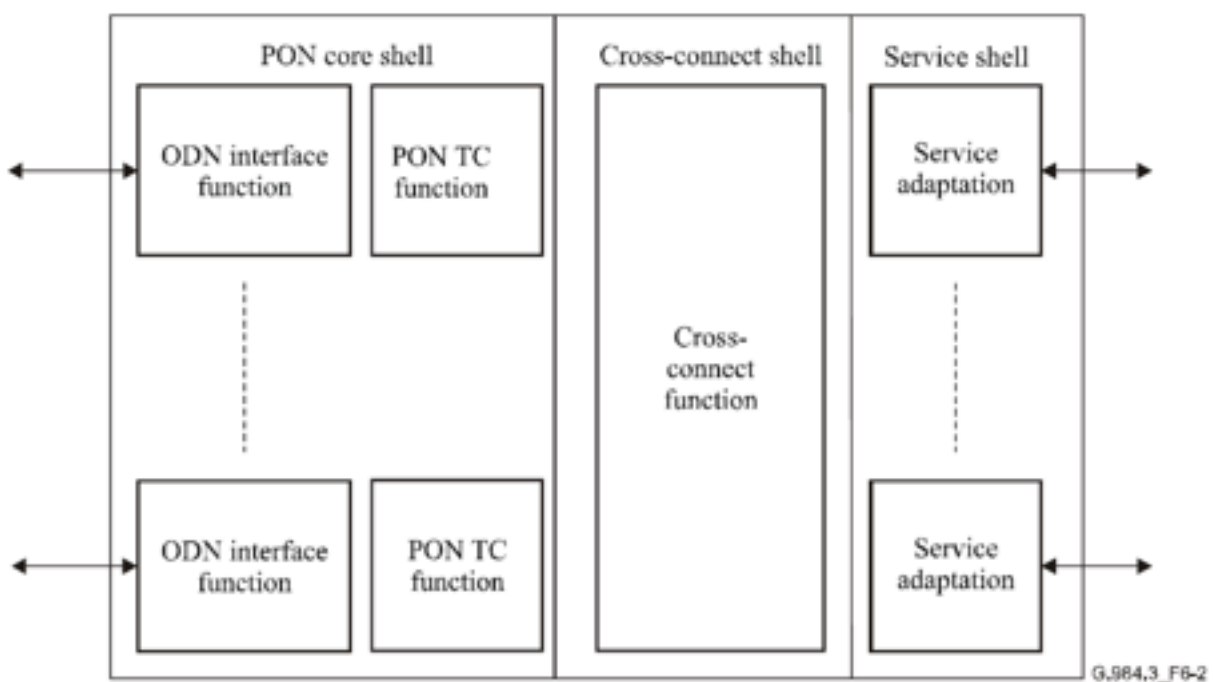


关键术语:

- 上游物理层开销 (PLOu) - 上游物理层的开销.
- 上游物理层 OAM (PLOAMu) - 上游数据的 PLOAM 消息。可以将其视为 TLS 和 ONU/ONT 之间基于消息的操作和管理通道。
- 上游功率电平序列 (PLSu) - 上游功率电平序列
- 上游动态带宽报告 (DBRu) - 上游动态带宽报告
- 负载 - 用户数据

功能块

OLT 功能块



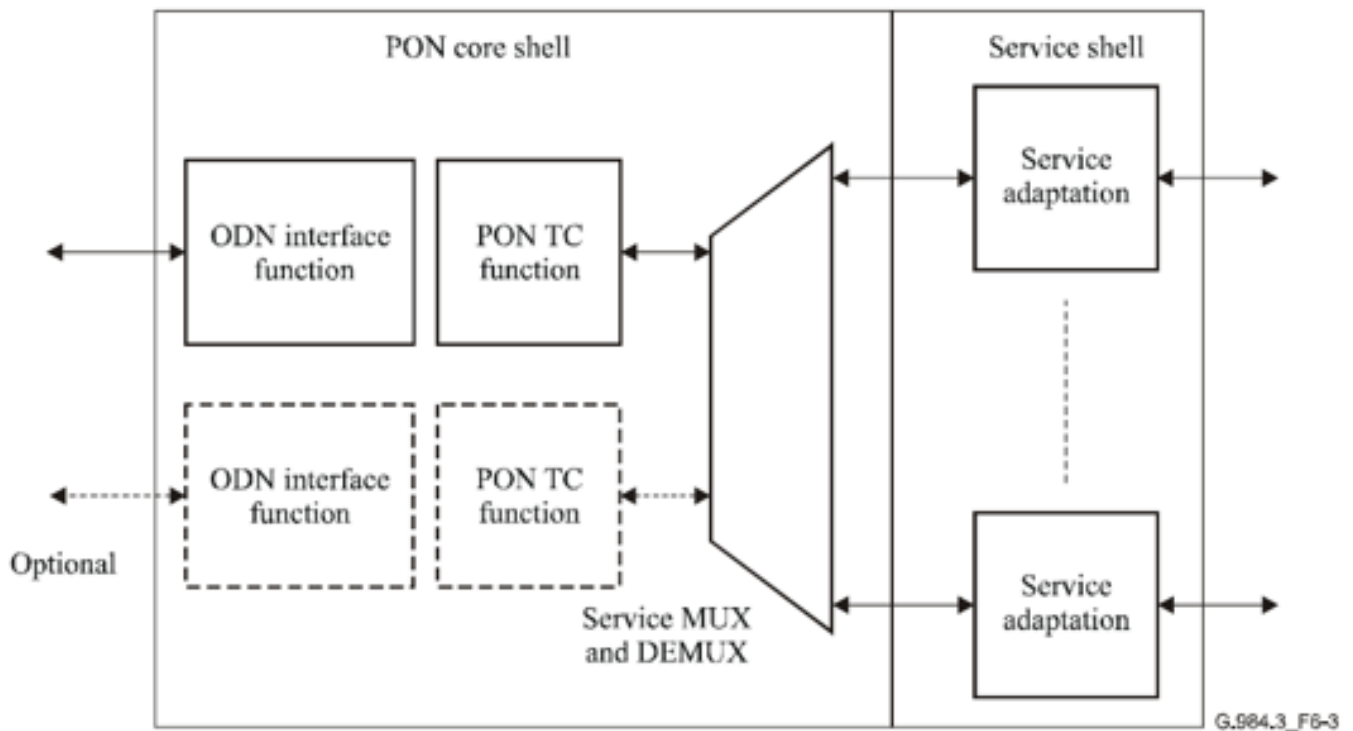
OLT 由 3 个主要部分组成：

1. 服务端口接口功能 - 在服务接口和 PON 部分的 TC 帧接口之间提供转换功能。
2. 交叉连接功能 - 提供 PON 外壳和服务外壳之间的通信路径，以及交叉连接功能。
3. 光分配网络 (ODN) 接口 - 进一步细分为两个部分：

- PON 接口功能

- PON TC 功能 - 负责成帧、媒体访问控制、OAM、DBA，以及用于交叉连接功能的协议数据单元 (PDU) 和 ONU 管理。

ONU/OLT 功能块

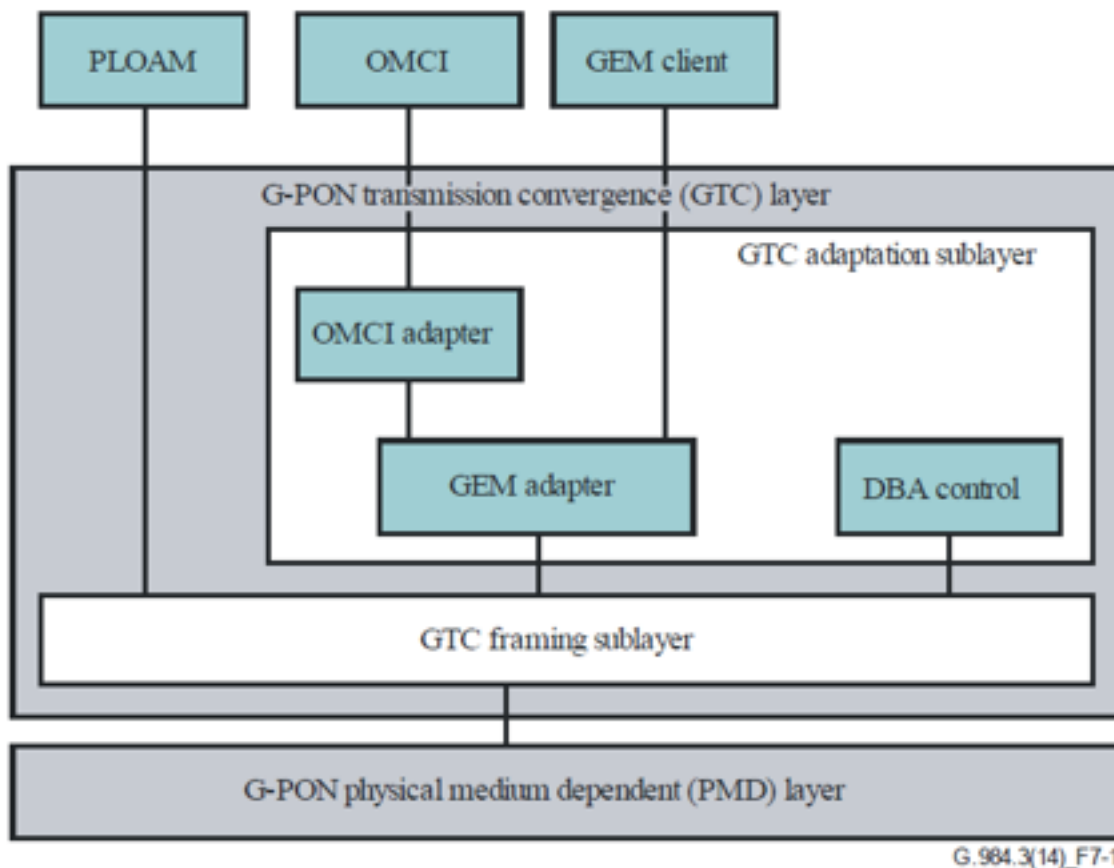


功能块类似于 OLT。在 ONU/OLT 使用单个 PON 接口（出于保护目的最多 2 个）操作的场景中，省略交叉连接功能。服务 MUX 和 DEMUX 将负责流量，而不是此功能。

协议栈

GPON 协议有自己的栈，只包括以太网或 IP。

如图所示，GPON 的协议栈：



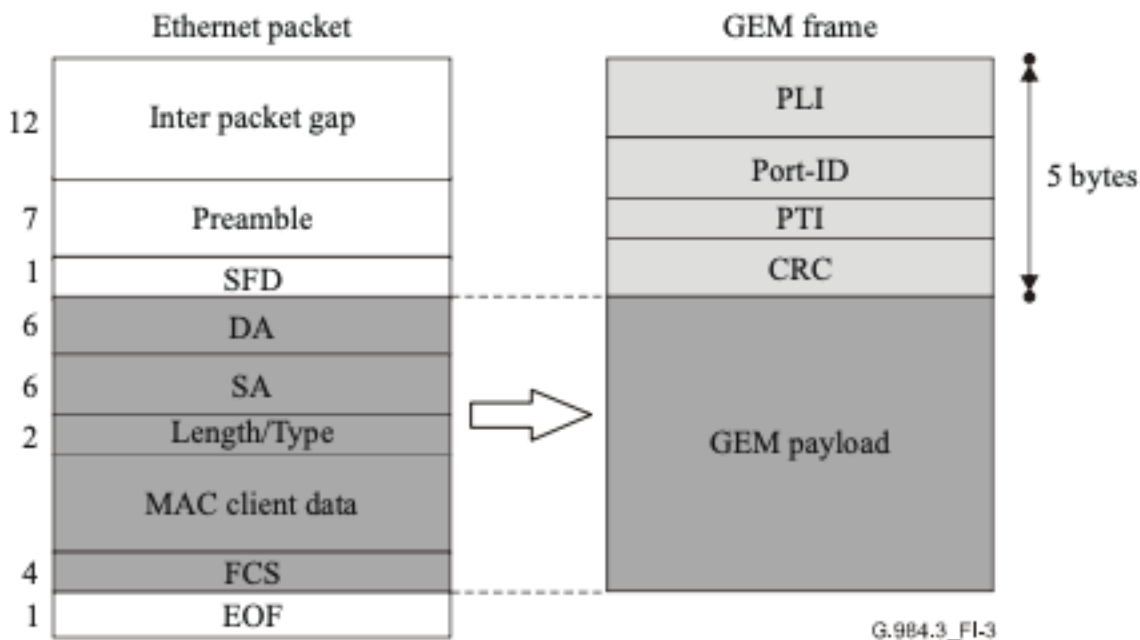
关键术语:

- PMD 层 - 相当于位于 OLT 和 ONU 之间的 GPON 接口。
- GTC 层 - 负责使用 ATM 信元或 GEM 帧封装负载。GEM 帧可以传输以太网、POTS、E1 和 T1 信元。

流量映射 - 以太网

- 解析以太网帧，并将以太网帧的数据直接映射到 GEM 负载。
- GEM 帧自动封装信头信息。
- 以太网帧和 GEM 帧之间 1:1 对应。

如图所示，以太网帧如何映射到 GEM 帧：



OMCI

- ONU 管理和控制接口 (OMCI) 消息用于发现负责管理和控制的 ONT/ONU。
- 这些专用消息在 OLT 和 ONT/ONU 之间建立的专用 GEM 端口上发送。
- OMCI 协议允许 OLT 执行以下操作：

与 ONT 建立以及释放连接。

管理 ONT 上的 UNI。

请求配置信息和性能统计信息。

发出自主提醒事件，例如链路故障。

要点：

- 协议通过 OLT 和 ONT 之间的 GEM 连接运行。
- ONT 初始化时建立 GEM 连接。
- 协议操作是异步的 - OLT 控制器用作主控制器，ONT 控制器用作辅助控制器。

重要技术

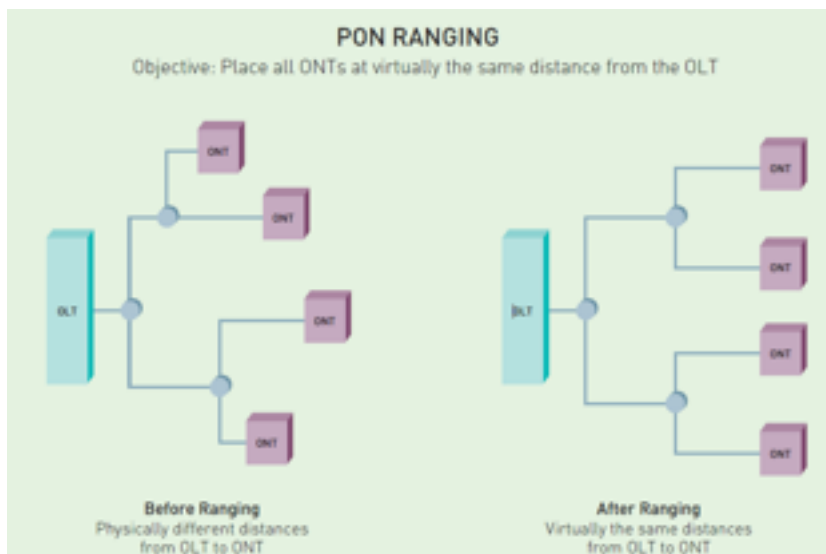
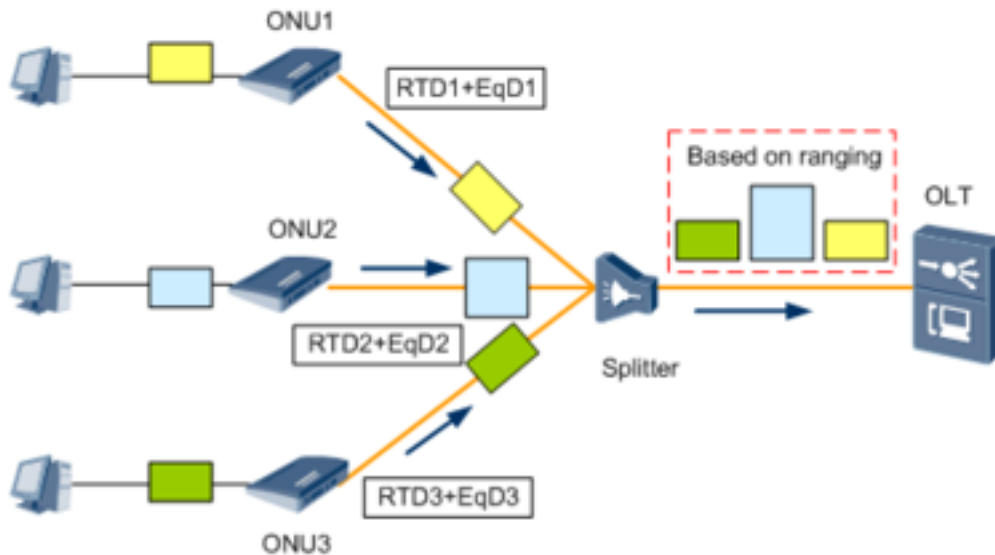
测距

为了防止数据冲突（冲突），OLT 必须能够精确测量其自身和每个 ONU 之间的距离，以提供合适的时隙来方便上行数据。因此 ONU 能在指定的时隙发送数据，以防止出现上游问题。此过程通过名为测距的技术实现。

测距过程：

- 当 ONU 首次向 OLT 注册并获得 ONU 的往返延迟 (RTD) 值时，OLT 开始在 ONU 上启动此过程。根据 RTD，确定其他关键组件：
- 计算该特定 ONU 的物理覆盖范围，这是因为此 OLT 需要根据物理覆盖范围为每个 ONU 设置适当的均衡延迟 (EqD)。
- RTC 和 EqD 同步所有 ONU 发送的数据帧

下图演示了如何将所有 ONU/OLT 放置在距 OLT 相同的虚拟距离上。



突发技术

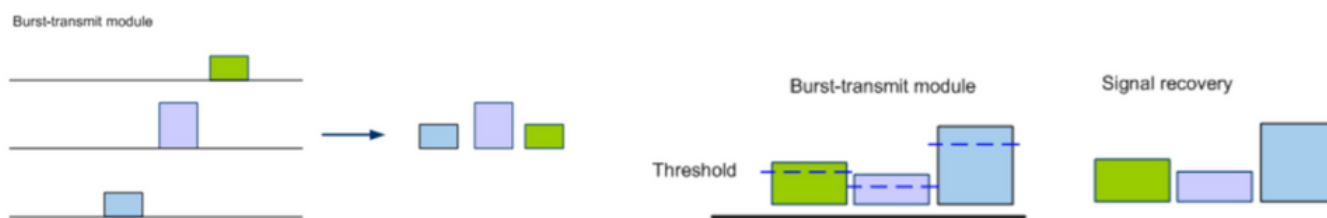
上游数据包流通过突发传输实现，每个 ONU/ONT 负责在其分配时隙内传输数据。当 ONU/ONT 不在相应时隙内时，设备会禁用其光收发器的传输，以防受到其他 ONU/ONT 的影响。

- ONU/ONT 模块支持突发传输功能。
- OLT 模块支持突发接收功能。
- 每个 ONU/ONT 和 OLT 之间的不同距离会导致光信号衰减。因此，在不同的时隙中，OLT 接

收的数据包的功率和级别会有所不同。

- 动态阈值调整帮助 OLT 动态调整光功率级别的阈值。这确保所有 ONU 信号都可以得到恢复。

如图所示，不同数据发生突发传输，然后还原：



动态带宽分配 (DBA)

DBA 启动 OLT 模块以实时监控 PON 网络上的拥塞情况。这允许 OLT 能够根据各种因素 (包括拥塞、带宽使用和配置) 调整带宽。

DBA 要点：

- 嵌入式 DBA 模块在 OLT 中不断收集 DBA 报告，执行计算，并通过下游帧内的 BWMap 字段通知 ONU。
- 基于 BWMap 信息，ONU 在分配时隙中向上游发送数据，并占用上游带宽。
- 也可以以静态/固定模式分配带宽。
- 使用 DBA 能够：

改进 PON 端口的上游带宽使用率。

为用户提供更高的带宽，并在 PON 端口上支持更多用户。

前向纠错 (FEC)

传输数字信号会引入误码和抖动，从而降低信号传输质量。GPON 可以利用 FEC 启用 RX 端以检查传输中的错误位。

注意：FEC 是单向机制，不支持错误信息反馈。

FEC 要点：

- 不需要数据重新传输。
- 仅支持下游方向的 FEC。
- 提高了 PCBd 和负载处理的传输质量。

线速加密

所有下游数据都广播到所有 ONU。一个风险是未授权ONU接收用于授权ONU的下行数据。为了解决这一问题，GPON使用AES128算法加密数据包。

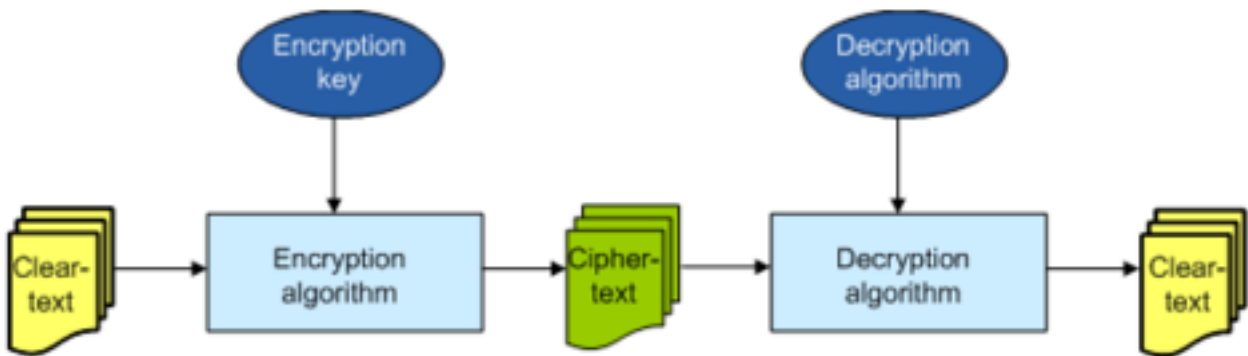
线速加密要点：

- 使用线速加密不会增加开销或降低带宽使用率。
- 使用线速加密不会增加传输延迟

密钥交换和切换

- OLT 向 ONU 发起密钥交换请求。ONU 提供新密钥以响应请求。
- 收到密钥后，OLT 使用新密钥加密数据。
- OLT 向 ONU 发送用户新密钥的帧编号。
- ONU 接收帧编号并交换入站数据帧的验证密钥。

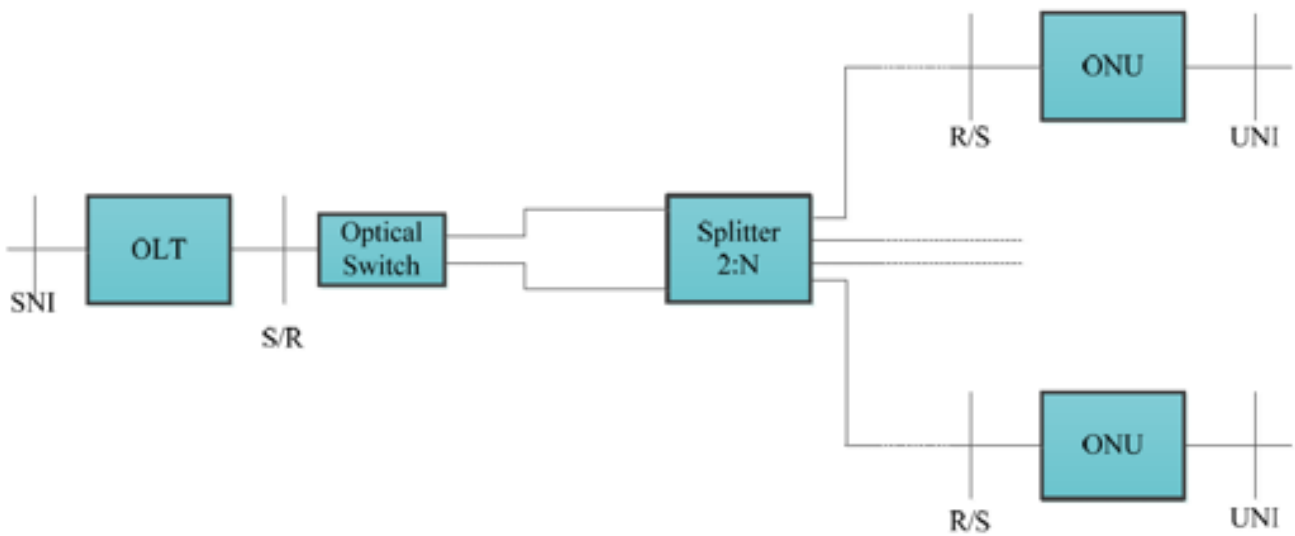
密钥交换过程如图所示：



网络保护模式

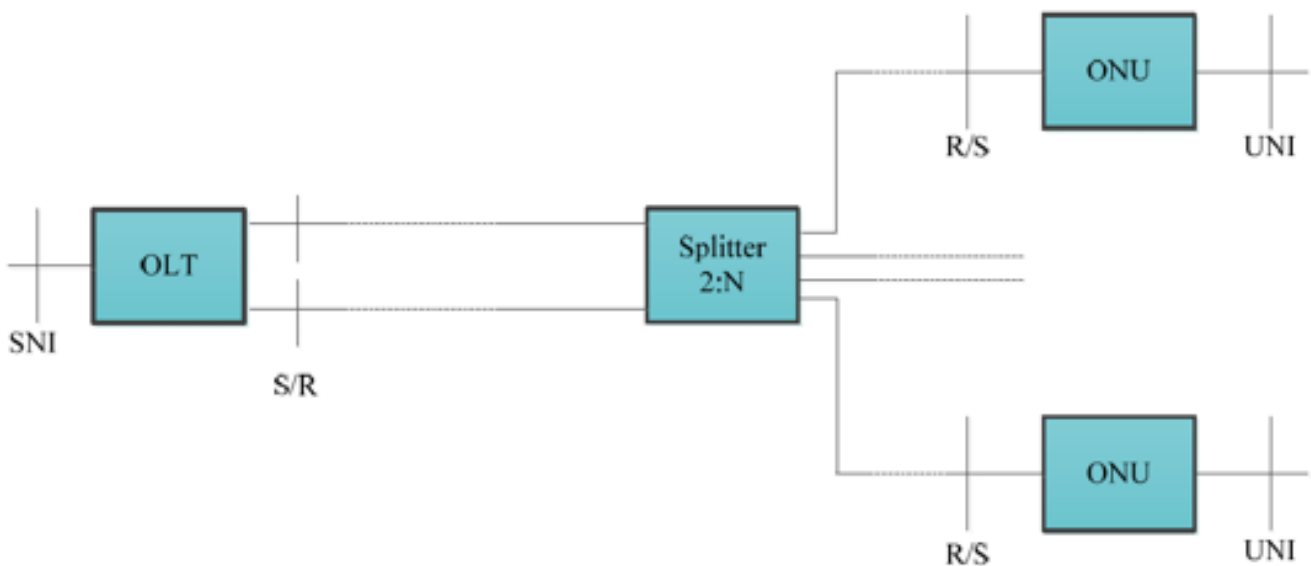
GPON可以利用多种不同类型的网络保护模式，查看不同类型的映像。

A 型



- 不需要额外的 OLT PON 端口.
- 当主光纤发生故障时，服务会转移到辅助光纤.
- 中断持续时间取决于线路恢复时间.
- 如果从分路器到 ONU 的线路发生故障，则没有备份.

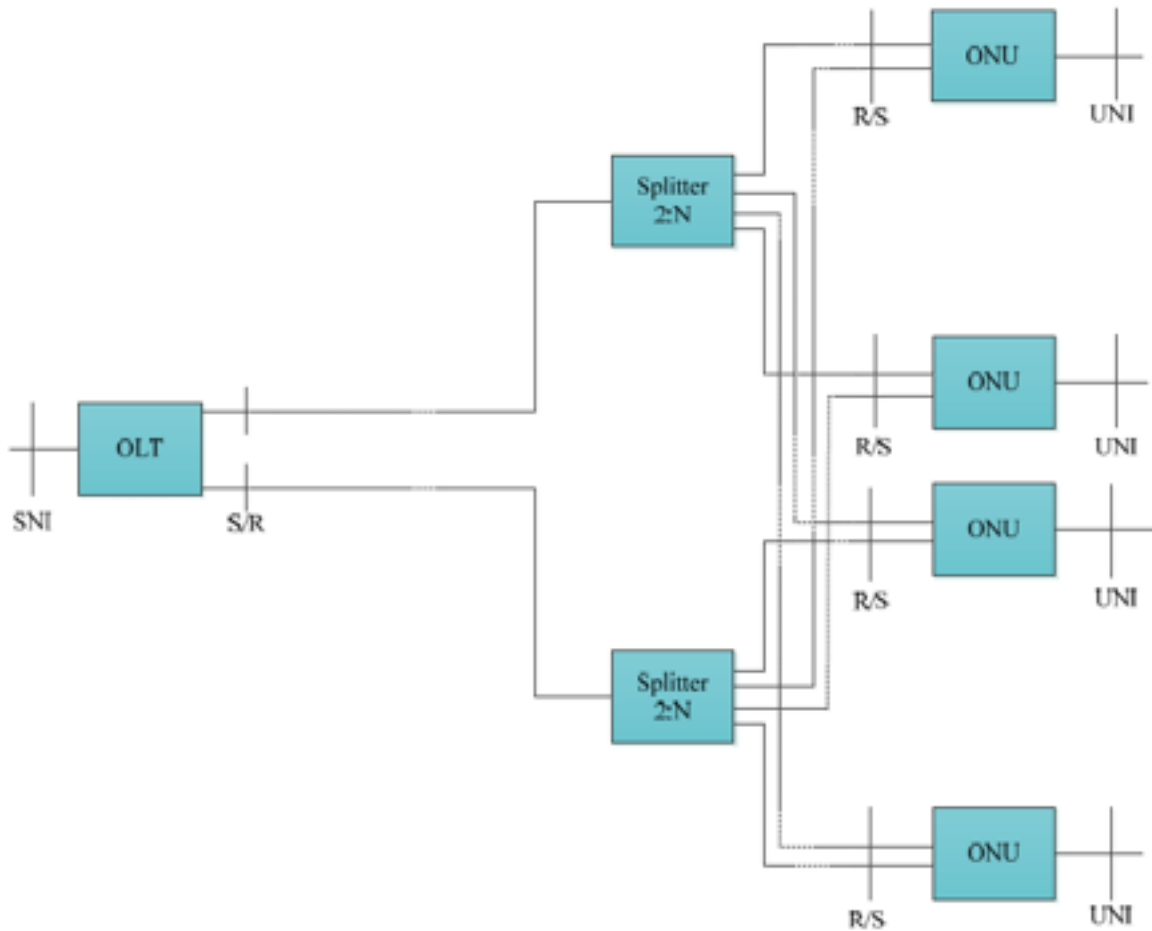
类型 B



- OLT 提供两个 GPON 端口作为有效的 OLT 保护单元.
- 仅限于保护从 OLT 到分路器和电路板的光纤.
- ONU 或馈线光纤中未提供设备冗余.
- 无 ONU 或完全 ODN 保护.

- 使用2 x N分路器，没有任何额外的光损耗。

类型 C



- OLT、ODN和ONU的冗余。
- 提供 2 条全冗余链路，直通用户本地。
- 两个选项：线性1 + 1和线性1:1保护

1 + 1 保护：

- PON 保护单元专用于有效的 PON.
- 复制正常流量并将其发送到两个 PON，两个 OLT 之间有一个永久网桥。
- 将流量发送到ONU 同时，基于预定标准在两个信号之间进行选择。

1:1 保护：

- 正常流量在有效或用作保护的 PON 上传输。

- PON之间的自动保护开关。
- 成本最高，但提供最大可用性。

相关信息

关于此翻译

思科采用人工翻译与机器翻译相结合的方式将此文档翻译成不同语言，希望全球的用户都能通过各自的语言得到支持性的内容。

请注意：即使是最好的机器翻译，其准确度也不及专业翻译人员的水平。

Cisco Systems, Inc. 对于翻译的准确性不承担任何责任，并建议您总是参考英文原始文档（已提供链接）。