

一种大容量和远接入距离的接入网 Super PON

郭超平, 李维民, 王晓东
(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:介绍了光纤接入网 OAN 的最新进展 Super PON, 首先引入了 Super PON 的系统结构, 给出了 Super PON 的帧结构; 分析了 Super PON 的主要部件 OLT 和 ONU 的工作原理; 最后讨论了 Super PON 的媒质接入控制 MAC 算法, 并给出了一种较为合理的算法及其应用。

关键词: Super PON; OLT; ONU; MAC algorithm; MQ - FIFO

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009 - 3516(2002)05 - 0064 - 05

一种基于高级的无源光网络(PON)接入网称之为 Super PON, 它是一种具有大容量和接入范围、高分离系数、支持多个光网络单元 ONU 的接入网, 可以提供高速率、多业务、多用户的接入。在该接入网中, 由于采用了先进的光组件, 提高了接入网的规模。Super PON 的目标是采用一种类似基于 G. 983 的 APON 的方法, 提高了容量和接入范围, 分离系数, 信息速率以及增加了所支持的 ONU 数量。

1 Super PON 的系统结构

Super PON 的目标是提供长达 100 km 的接入范围和在单个光线路终端 OLT(optical line termination) 上复用大量的光通信终端(大约 2 000 个)。因而要求 Super PON 的光功率预算使用光放大器来补偿光损耗, 这个有效的单元称之为光再生单元 ORN(Optical Repeater Unit)。

1.1 Super PON 的系统结构

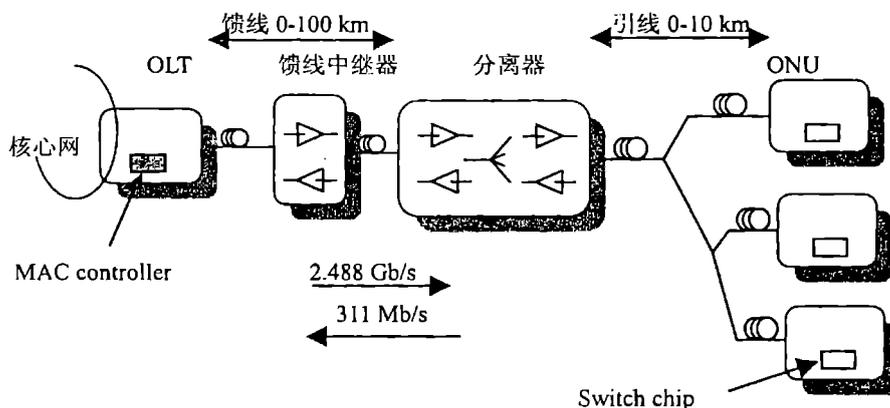


图1 Super PON 的基本结构

如图 1 所示的是 Super PON 系统结构^[1]。Super PON 由 OLT、馈线中继器(光再生单元)、分离器和 ONU 组成。其中馈线段距离可达 100 km, 引线段距离可达 10 km。光放大器位于光中继器(ORU)内, 在馈线部分和引线部分的交接处来补偿光纤和分离系数的损耗。其下行的传输速率为 2.488 Gb/s, 上行的传输速率为 311 Mb/s。

收稿日期: 2002 - 01 - 29

作者简介: 郭超平(1976 -), 男, 河南南阳人, 硕士生, 主要从事光纤通信和光接入网技术研究。

1.2 Super PON 的帧结构

帧结构如图 2 所示,在下行方向,可以看作是 4 个容量为 622.08 Mb/s 的独立比特复用信道,采用时分复用 TDM^[2] (Time Division Multiplex) 方式,在每个下行的传输信道由连续的时隙流组成,每个时隙由 ATM 信元和物理层操作维护信元 PLOAM (Physical Layer Operation And Maintenance cell) 组成。对每个下行信道,每 28 个下行信元插入一个 PLOAM 信元。下行信道帧中包含 4 个 PLOAM 信元且其长度为 112 个时隙。每个 PLOAM 信元在所有下行信道上传输而 ONU 只处理一个信道的 PLOAM 信元^[1]。

在上行方向,采用时分复用接入 TDMA^[2] (Time Division Multiple Access) 方式,传输帧由 53 个时隙组成,每个时隙长度为 56 Byte,是由 3 Byte 的系统开销和 ATM 信元的构成或为一个 56 Byte 长的接入请求单元 RAU (Request Access Unit),其中系统开销由 2 Byte 物理层头 PLP (Physical Layer Preamble) 和 8 bit 媒质接入控制字段 MAC (Medium Access Control) 组成。一个 RAU 由 8 个微时隙组成,每个微时隙长度为 7 Byte,由 3 byte 的系统开销 (overhead)、3 byte 的信息域及 8 bit 的 CRC 组成。PLP 部分由保护时间和特定同步图样组成。保护时间用于校正定时的误差和弥补光放大器接通延时,接通延时由打开光放大器所需的时间决定。同步校准部分用作 OLT 的同步校准。媒质接入控制 MAC (Medium Access Control) 域,即所谓的捎带确认,作为 ONU 的状态信息反馈到 MAC 控制器部分。

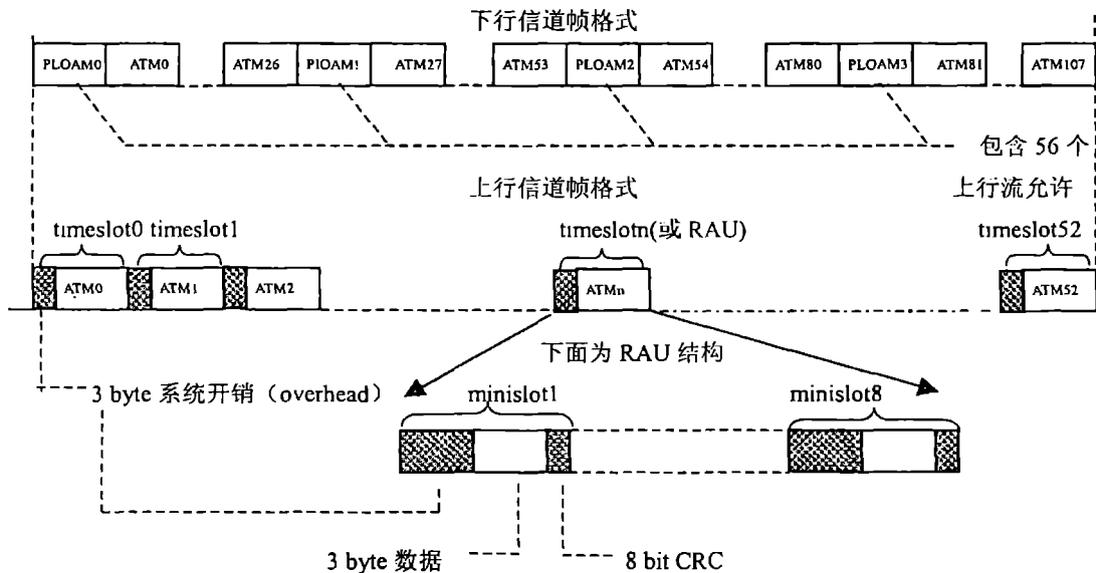


图 2 Super PON 的帧结构

2 Super PON 的 OLT 和 ONU

Super PON 的芯片主要由位于 OLT 内的 MAC 控制芯片和位于 ONU 的交换芯片组成。它们分别是 OLT 和 ONU 的核心部件,允许通过 Super PON 接入不同 QoS 的业务。

2.1 Super PON 的 OLT

如图 3 所示,在 OLT 内,有一 Super PON 传输网线路终端专用集成电路 SPELT (Super PON Transport Network Line Termination ASIC),它提供了 4 条下行方向的接口,通过这些接口,SPELT 接收来自接入节点的 4 条 622.08 Mb/s 下行数据流,同时也向接入节点传送 311.04 Mb/s 的数据。SPELT 处理下行的 ATM 业务,完成 ATM 层、传输汇聚层 TC (transmission convergence) 及物理媒质相关层 PMD (Physical Medium Dependent) 的功能。4 条 622.08 Mb/s 的信道在被转换为光信号之前经复用器复用成 2.488 Gb/s 的信号。在上行方向,业务流经突发模式接收器 BMRx (Burst Mode Receiver)、Super PON 传输网线路终端专用集成电路再传送到接入节点。媒质接入控制芯片通过专用的接口和 Super PON 传输网线路终端专用集成电路相连,在此接口上发送请求和允许信号^[1]。

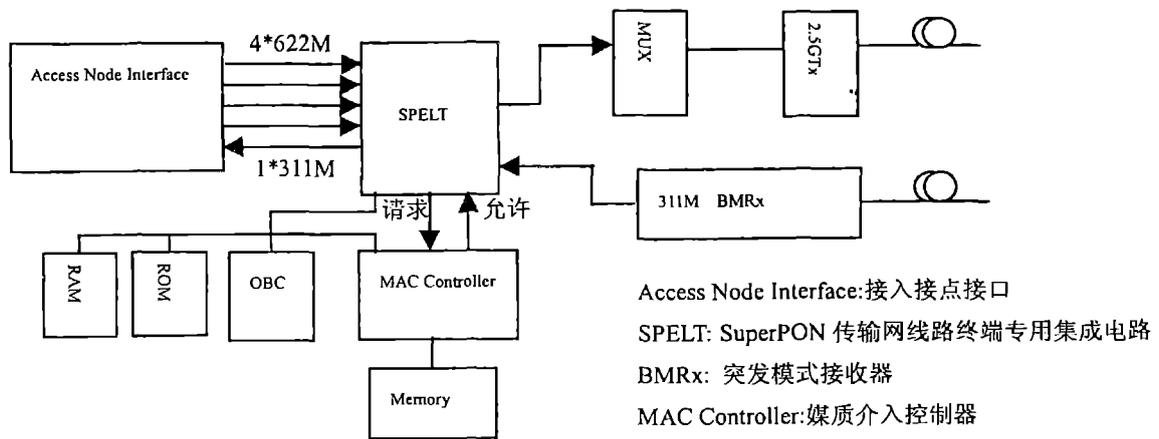


图3 Super PON 的 OLT 方框图

2.2 Super PON 的 ONU

尽管 Super PON 系统能够作为 FTTx 系统运行,在本文中讨论的是 FITH 业务,这将导致光网络终端 ONT 和用户网络接口 UNI 合并到一块板子上,即单一的 ONU 板。

图 4 为 ONU 的功能框图,来自 OLT 下行的数据经分路器,进行 O/E 转换,进入(电)接收器,分路成 4 条 622.08 Mb/s 的信道,然后进入到 Super PON 传输网络 SPENT(Super PON Transport Network)的网络终端专用集成电路,SPENT 对这些信道进行调整以便进一步的处理(完成物理媒质相关层 PMD)的功能、传输汇聚层 TC(Transmission Convergence)功能、及 ATM 层功能)。SPENT 将选定的信道复用为单一的 622.08 Mb/s 信道并进行 VP 滤波,然后送往交换芯片。最后,由交换芯片将业务进行进一步的滤波处理并送往合适的 UNI。

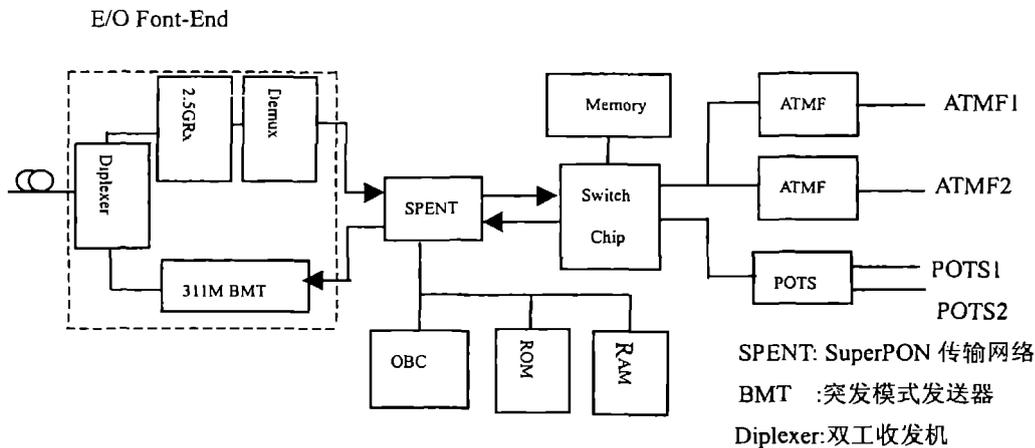


图4 Super PON 的 ONU 方框图

在上行方向,所有从 UNI 接收的业务送往交换芯片。在 SPENT 的请求下,这些业务被送往 SPENT 进行 PMD,TC 和 ATM 层功能的处理,这些数据由突发模式发送器 BMT(Burst Mode Transmitter)转换为光信号^[1]。

3 Super PON 的媒质接入控制 MAC 协议

多业务环境下的 Super PON 的性能取决于大量的 ATM 和 MAC 层功能的组合。

ATM 和 MAC 层功能影响 Super PON 的性能,多数情况下,这些功能在 ONU(缓冲器管理,信元调度算法,MAC 请求处理算法)和 OLT(OLT 请求处理算法和 MAC 算法)实现。MAC 的主要功能是 MAC 算法,它产生允许(请求——允许模式)。

3.1 静态 MAC 协议的缺点

在早期的 PON 业务中,允许率是在管理信息(静态 MAC 协议)或指示连接建立/释放的信令信息(半静态 MAC 协议)的基础上进行计算地。在这种半静态 MAC 协议情况下,分配给一个终端的带宽按共享终端的连接的业务参数来计算。由于带宽分配随着连接的建立/释放而改变,因而这种协议在承载恒定速率连接的 PON 系统中非常有效。然而在业务量较大情况下(比如 IP 业务),这种半静态 MAC 协议效率较低,其原

因是:第一,很难为突发的 IP 业务计算出准确的带宽。第二,由于带宽的分配经常是在呼叫的基础上,而不是在分组的基础上,并且静态复用器的增益应用在终端的级别而不是全 PON 网的级别,常常存在必不可少的效率损失。

3.2 动态 MAC 协议

在突发业务的情况下(比如 IP 业务),一个有效的 PON 操作要求在 ONU 处具有高级的 ATM 层处理,把突发业务的带宽分配从呼叫级转移到信元级。因而提出了动态 MAC 协议,它要求 ONU 报告自己的瞬时带宽请求,请求的形式为一个终端中排队的信元数量的编码。要达到这一目的,需要引入上行 MAC 信道来传送这些请求。因此,最主要的问题是:尽可能有效地把这些请求从 ONU 传送到应用 MAC 算法的 MAC 控制器。动态 MAC 协议采用了两种主要的上行 MAC 信道:基于为连接预留专用时隙的上行 MAC 信道,和捎带确认的 MAC 上行信道。在基于预留时隙探询的情况下,在通常一个上行时隙的时间内 OLT 必须能够探询几个 ONU。(适合于大量的 ONU 连接到网络的情况),因而在上行信道采用了微时隙概念。捎带确认 MAC 信道通过为每个上行 ATM 信元添加一个小的系统开销来产生,在 ATM 信元中传送 MAC 信息。这种技术的优点在于:因为是上行时隙流所需要的传输开销,在带宽上是非常有效的。捎带确认 MAC 信道的不利之处是它为非主动的。然而,可以通过在空闲终端采用探询操作模式使捎带确认 MAC 信道实现主动运行。

在这种方式下,PON 的带宽分配是基于两个复用的层次:第一、在 OLT 复用每个 ONU 流。第二、在 ONU 处复用每个虚连接 VC。

与之相关,产生了一系列 MAC 传输能力 MTC (MAC Transfer Capability) 的面向业务复用概念。MTC 在 MAC 级上的优先级和允许产生方式不同,在 ONU 级上的优先级和信元调度算法也不同。为了限制应用复杂度,定义了 4 个 MTC:具有最高的优先级的 CBR 业务、专用于适时可变比特率的 VBR 业务(以上为为适时业务预留两个特别的 MTC)、还有对时延没有要求而对吞吐率和公正性有要求的保证业务 MTC 和提供公正承诺并支持不确定比特率的尽最大能力 MTC。

在动态 MAC 协议采用了 MQ - FIFO (Multiple Queue - First In First Out) 多队列先进先出协议^[2]:对 ONU,每个有多重队列:具有较高优先级的 CBR 和 VBR 队列、保证业务队列、尽最大能力业务队列。一个 ONU 有多个队列给 OLT 发送请求来获取传送允许,请求包含在由 ONU 发送的上行 ATM 信元中标志内。在标志中,ONU 说明了在缓冲器内存储而将要发送的信元数量及其优先级。MQ - FIFO 的运行模式如图 5 所示。

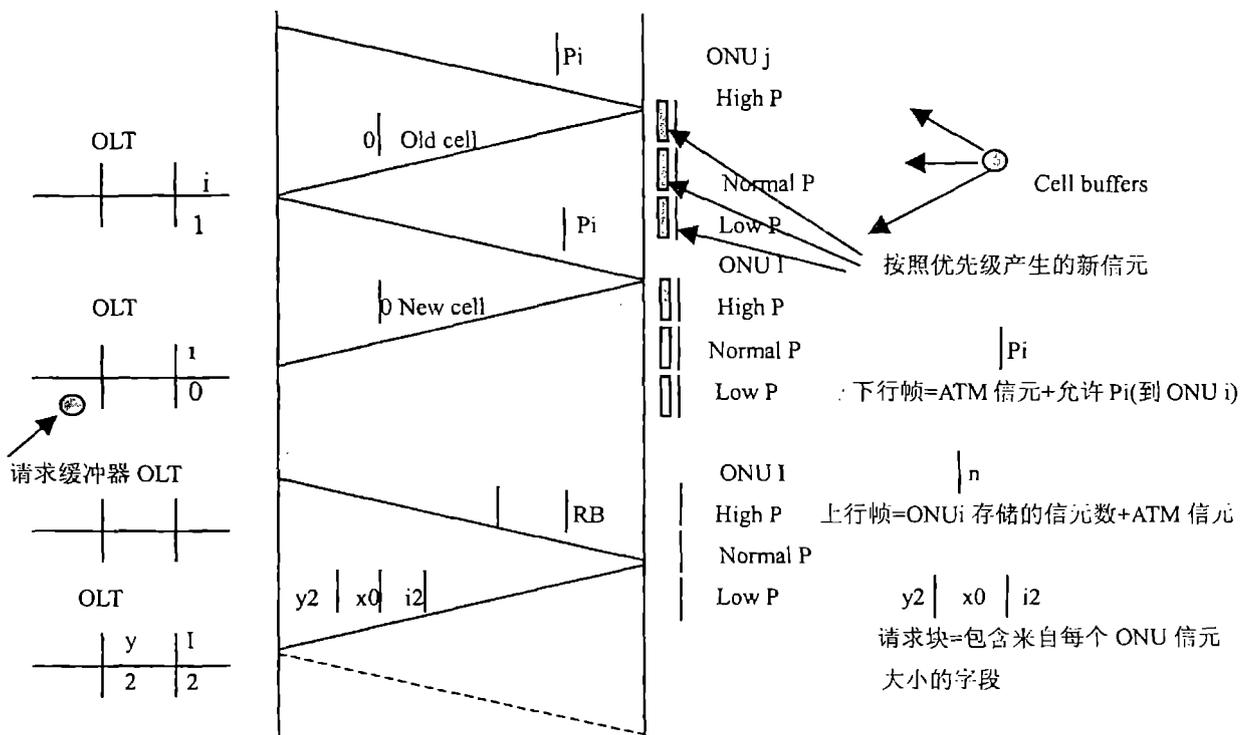


图 5 MQ - FIFO 运行模式图

以下是动态 MAC 协议的工作过程:主要是资源的调度和信元的传送。

1)资源的调度

对于每个 ONU,所有多重业务的信元,按照其到达时间和优先级的顺序存储。每个优先级的信元只能存储在和自己优先级相同的缓冲器中,而不能存储在较高优先级的缓冲器中。例如:保证业务不允许存储在高级业务缓冲器中,尽最大能力业务不允许存储在保证业务缓冲器中。

假定一具有高优先级的信元,如高级业务,到达 ONU,在 ONU 中缓冲器管理 BM(buffer management)的策略是组织可用缓冲器空间,形成 128 个的分离 FIFO 队列。对每个队列来说,可用的缓冲器空间是动态的。在动态 FIFO 的情况下,加权公平缓冲器分配 WFBA(Weighted Fair Buffer Allocation)算法保证竞争队列中缓冲器资源的公平分配。监视和管理已经存储信元的 BM,检查每个缓冲器中信元的数量,此时控制所有缓冲器使之维持相同的级别。优先级高的信元(像高级业务)为了保证在每个缓冲器中存储的信元数量相同,因而会存储在保证业务的较低优先级的缓冲器中。

2)信元的传送

根据 MQ-FIFO 协议,主要焦点集中在有每个业务队列组成的信元调度算法。信元调度算法决定了信元的传送顺序,从 ONU 到 OLT 的传送顺序是基于一种循环模式:发送的第一个信元是来自最高优先级的缓冲器,接着是正常优先级的缓冲器,然后是较低优先级的缓冲器,接着又是最高优先级的缓冲器。也就是说,从每个缓冲器发送的顺序是:高级业务、保证业务、尽最大能力业务,然后按照上边顺序循环下去。

对于每个信元时隙,OLT 收集它所接收到的请求并存储在 MAC 算法的请求的队列里。产生允许的时间是先进先出 FIFO。对于每个下行信元,OLT 把允许的地址送给特定的 ONU。收到允许以后,ONU 按照上面的顺序开始发送最高优先级缓冲器的信元。当 OLT 满足所有的请求以后并且 MAC 缓冲器为空,它发送一个请求块 RB(Request Block),它是一个信元大小的,并包含每个 ONU 的一个字段的特殊分组。每个 ONU 可以用自己获得的部分给 OLT 发送新的请求。这种机制允许无法和 OLT 通信的静态 ONU 建立新的连接。如果这种预约成功的话,ONU 在它所接受的信元中选择一些进行保留和发送。

在上行帧中包含请求信息时隙,其中包含了用于预留不超过最大数目的数据分组的所必需的信元。分配数据时隙采用了 FIFO 模式。在预约成功的基础上,所有终端 TE 发现下行帧的预约请求时,每个都保留特殊预约的记录及指示其开始的时间。

参考文献:

- [1] Edwin Ringoot, Rudy Hoebeke. Chip-set Quality of Service Support in Passive Optical Network[A]. ALL-optical Networking 1998: Architecture, Control and Management Issue[C]. No. SPIE98, 1998. 110-120.
- [2] I Van de Voorde, Martin C M. The Super PON Demonstrator: An Exploration of Possible Evolution Paths Optical Access Networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2000, 38(2): 74-81.
- [3] Jongwook Jang, Park E K. Dynamic Resource Allocation for Quality of Service on a PON with Home Network[J]. IEEE Communications Magazine, 2000, 38(6): 184-190.

(编辑:门向生)

Super PON : An OAN with High Capacity and Remote Distance

GUO Chao-ping, LI Wei-min, WANG Xiao-dong

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: The article introduces the new development of the Optical Access Network OAN; SuperPON. First it gives the system diagram and frame structure of SuperPON. Then the work process of OLT and ONU is introduced. At last, dynamic MAC protocol based on static MAC protocol is given and its application is introduced.

Key words: Super PON; OLT; ONU; MAC algorithm; MQ-FIFO