

目录

目录

- 1 GPON技术简介
- 2 GPON下ONU介绍
- 3. 激活/注册介绍
 - 3.1 ploam消息介绍
 - 3.2 激活/注册方式详解
 - 3.2.1 ONU状态
 - 3.2.2 激活/注册过程
 - 3.2.3 ONU断纤保护
 - 3.2.4 紧急停止操作
- 4 DBA介绍
 - 4.1 T-CONT简介
 - 4.2 DBA操作
- 5.加密机制
- 6. 前向纠错 (FEC)
 - 6.1 OLT 与 ONU的互操作性
 - 6.1.1 下行互操作性
 - 6.1.2 上行互操作性
 - 6.2 下行FEC
 - 6.3 上行FEC
- 7. 告警和性能监测
 - 7.1 告警
 - 7.1.1 在OLT上检测到的信号
 - 7.1.2 ONU上检测的信号
 - 7.1.3 SD和SF门限规定
 - 7.2 性能监测
 - 7.2.1 OLT上监测的项目
 - 7.2.2 ONU上监测的项目
- 8. PONMAC驱动开发
 - 8.1 双芯片方案PONMAC开发示例
 - 8.1.1 双芯片方案中PONMAC芯片介绍
 - 8.1.2 数据流走向
 - 8.1.3 GPONMAC在系统中的位置
 - 8.2 SOC芯片介绍
 - 8.2.1 同双芯片产品的对比
 - 8.2.2 驱动与其它模块之关系
 - 8.3 开发步骤
 - 8.4 调试经验
 - 8.5 成长秘笈

1 GPON技术简介

GPON技术是基于ITU-TG.984.x标准的最新一代宽带无源光综合接入技术，具有高带宽、高效率、大覆盖范围、用户接口丰富等众多优点、被大多数运营商视为实现接入网业务宽带化、综合化改造的理想技术。基于GPON技术的设备基本结构与已有的PON类似，也是由局端的OLT(光线路终端)，用户端的ONT/ONU(光网络终端或称作光网络单元)，连接前两种设备由单模光纤(SMfiber)和无源分光器(Splitter)组成的ODN(光分配网络)以及网管系统组成。目前主流厂家的GPON产品均支持2488.32Mbit/s/1244.16Mbit/s，并且在20km传输距离下支持1:64分路比。

如图1.1所示，GPON技术采用GEM帧封装，GEM (G-PON Encapsulation Method)嵌在PON接口中，它独立于OLT的业务节点接口和ONU的用户网络接口。

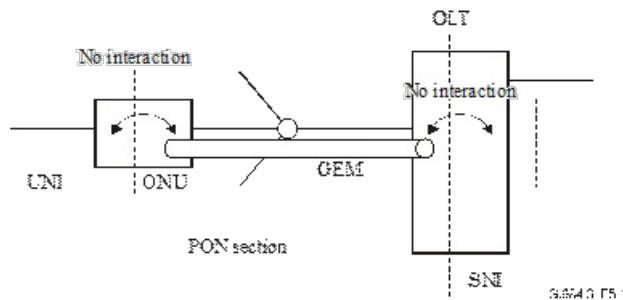


图1.1 GEM在OLT和ONU之间的关系

GPON技术采用GEM方式复用，如图1.2所示，在GPON的TC层，作为基本传输单元的TCONT是以ALLOC-ID为标识的，以PORT-ID作为标识的端口可以通过TCONT在GEM业务中被传输流复用。

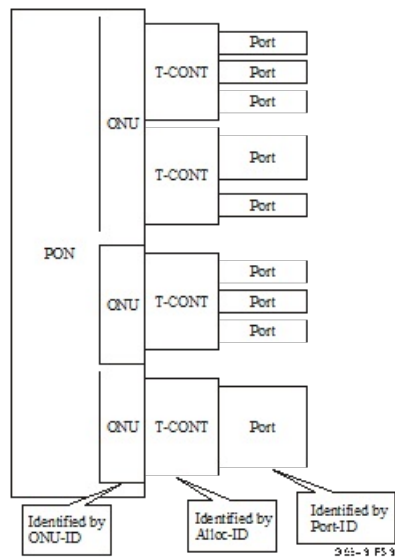


图1.2 GEM复用关系图

2 GPON下ONU介绍

整个GPON系统甚为复杂，本文主要介绍ONT相关内容。如图2.1所示，ONU从功能模块讲，主要分为两个部分，即PON核心部分和业务部分。PON核心部分包括ODN接口和

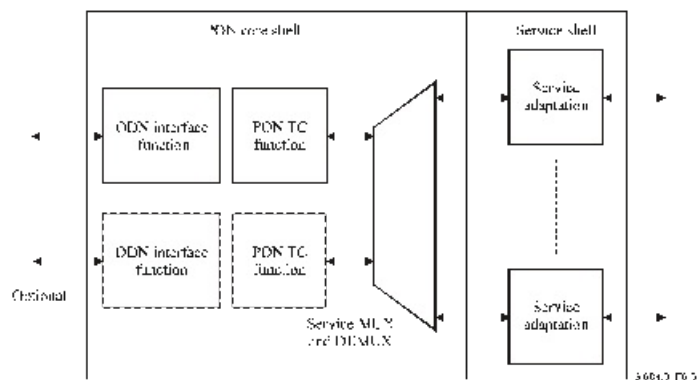


图2.1 ONU功能模块图

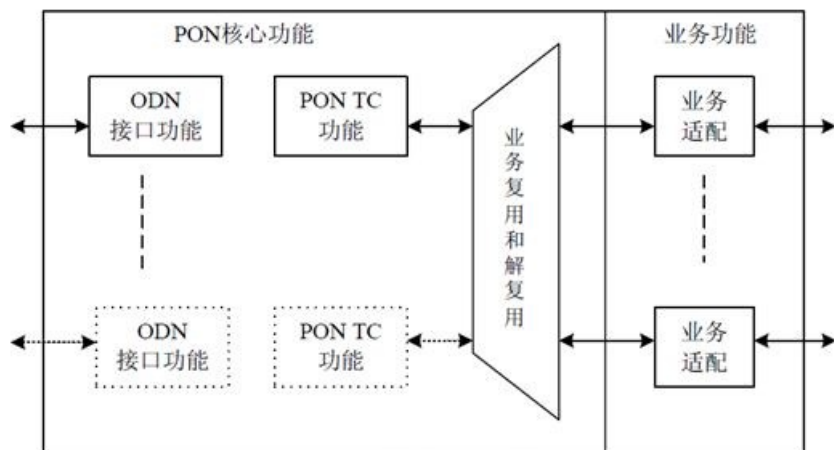


图 4 ONU功能模块

PON TC以及业务的复用和解复用功能，业务部分主要提供业务接口和PON口的转换功能。ODN接口模块对应GPON系统的物理媒质相关（PMD）层，PONTTC模块对应GPON系统的传输汇聚（GTC）层。GTC层包括两个子层：GTC成帧子层和TC适配子层。GTC层可分为两种封装模式：ATM模式和GEM模式，目前GPON设备基本都采用GEM模式。GEM模式的GTC层可为其客户层提供3种类型的接口：ATM客户接口、GEM客户接口和ONT管理和控制接口（OMCI）。TC层（也称为GTC层）是GPON的核心层，主要完成上行业务流的媒质接入控制和ONU注册这两个关键功能。TC层协议栈如下图：

GTC层包括两个子层：GTC成帧子层和TC适配子层。

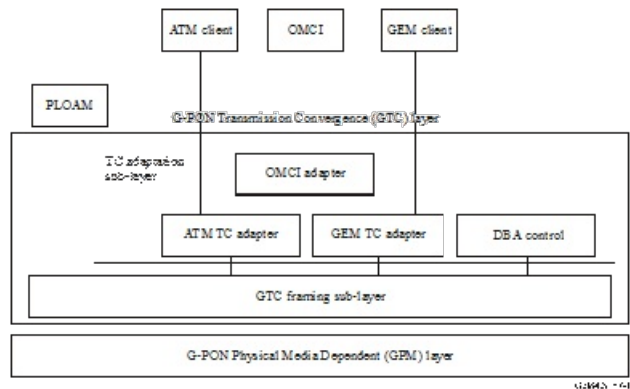


图2.2 GTC系统协议栈

GTC成帧子层包括3个功能：

- 复用和解复用。PLOAM和GEM部分根据帧头指示的边界信息复用到下行TC帧中，并可以根据帧头指示从上行TC帧中提取出PLOAM和GEM部分。GPONMAC主要负责PLOAM消息的处理，以及GEM部分的数据传输管理，在后文会有详细的介绍。
- 帧头生成和解码。下行帧的TC帧头按照格式要求生成，上行帧的帧头会被解码。此外还要完成嵌入式OAM。GPONMAC主要负责将下行的OMCI消息透传给OMCI模块进行处理，并将OMCI模块回应的OMCI消息通过特定TCONT回送给OLT，在后文会有详细的介绍。
- 基于Alloc-ID的内部路由功能。基于Alloc-ID的内部标识为来自/送往GEMTC适配器的数据进行路由。GPONMAC根据不同的业务将不同的数据通过不同的ALLOC_ID通道上送给OLT，后文会有详细的介绍。

GTC系统根据T-CONT管理业务流，每个T-CONT由Alloc-ID标识。一个T-CONT可包含一个或多个GEMPort-ID。OLT监控每个T-CONT的流量负载，并调整带宽分配来更好地分配PON带宽资源。PON带宽资源的分配分为SR或NSR两种方式，在SR分配方式中，OLT通过检查来自ONU的DBA报告和/或通过输入业务流的自监测来了解拥塞情况，然后分配足够的资源。在NSR分配方式中，OLT根据配置信息为业务流预留固定带宽。GPONMAC在SR分配方式中需要实时的将使用的带宽上报，后文会有详细的介绍。

3. 激活/注册介绍

在ONU能正常工作前必须完成激活注册过程，这个也是GPONMAC主要负责的工作。

GPON协议基于ONU的序列号来识别和配置ONU，有些运营商会通过运维系统根据ONU的序列号对其进行预配置，这时通常采用直接激活ONU的方式。而在其它情况下，不能提前获知ONU的序列号，因此OLT需要具有自动发现ONU的机制。

ONU注册由自动发现流程完成。ONU注册有两种方式：“配置S/N”方式是通过管理系统（如NMS和/或EMS）在OLT注册ONU序列号，“发现S/N”方式是不通过管理系统（如NMS和/或EMS）在OLT注册ONU序列号。

激活ONU的事件有3个：

- a) 网络运营商在得知新的ONU连接到网络后，从运维系统启动激活过程；
- b) 当有ONU从工作状态丢失时，OLT就自动启动激活过程。查询频率可由运维系统设定；
- c) OLT周期发起激活过程，查询频率可由运维系统设定。

ONU的激活过程包括：OLT和ONU之间协商工作参数、测量OLT和ONU之间的逻辑距离、建立上下行通信通道。对OLT和ONU之间逻辑距离的测量即测距。GPON采用带内方式对在线系统中的ONU进行测距。对新加入到系统中的ONU进行测距时，已工作的ONU应暂停发送信号，以打开一个测距窗口。该窗口的大小与新加入系统的ONU的距离有关，如果能预先知道新加入系统的ONU的距离则可以减小测距窗口。ONU的激活过程由OLT控制，其激活过程大致如下，如图3.1所示：

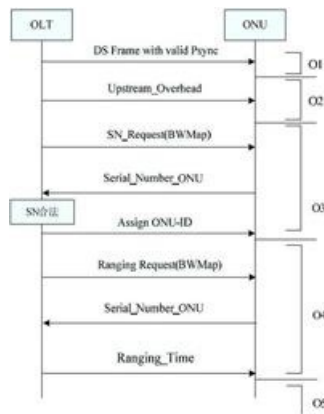


图3.1 注册流程简示

3.1 ploam消息介绍

说到了激活和注册，就不得不提到ploam（physical layer oam）消息，因为在激活和注册乃至注册之后的相关管理与告警过程中，ploam消息起到了至关重要的作用。

在GPON标准中，对ploam消息的描述如下：PLOAM字段的13字节传送由事件触发的OAM告警信息或threshold-crossing告警信息，另外，所有与激活相关的信息也被映射到该字段中，图3.2显示了ploam消息的格式。

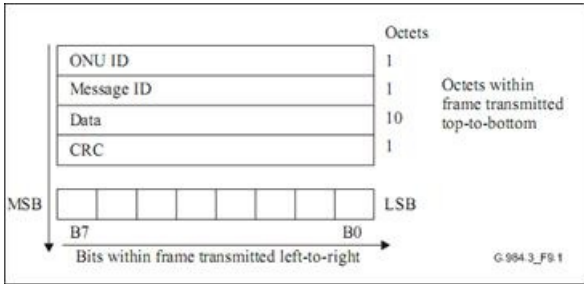


图3.2 ploam消息结构

在消息结构中，ONU ID用于标识具体的ONU。在测距协议中，每个ONU获得一个编号：ONU-ID。ONU-ID取值范围可以从0到253。0xFF用于向所有的ONU广播。

Message ID用于标识消息类型。

Data这10个字节用于承载GTC消息的净荷。

CRC域是帧校验序列。当CRC不正确时，接收端将丢弃此消息。

Ploam消息分上行（onu->olt）和下行（olt->onu），根据Message ID这个字节的不同值代表不同的消息，下行的ploam消息如图3.3所示，上行的ploam消息如图3.4所示，每个消息的详细用法将会在3.2章节解释。

	Message name	Function	Trigger	Times sent	Effect of receipt
1	Upstream_Overhead	To instruct the ONU which pre-assigned delay and the number of preamble bytes to use in the upstream direction. In addition, ONU optical power is defined.	Each time activation process is started.	3	The ONU sets the pre-assigned delay
2	Assign_ONU-ID	To link a free ONU-ID number with the serial number also provided in this message.	When the OLT has found the serial number of a unique ONU.	3	The ONU with this serial number sets its ONU-ID and also its Default Alloc-ID
3	Ranging_Time	To indicate the value (expressed in number of upstream bits) that the specified ONU must fill in into its equalization delay register. Dedicated field indicates if this EqD is for the main or protection path.	When the OLT decides that the delay must be updated, see ranging protocol.	3	The ONU fills in the equalization delay register with this value.

图3.3 下行ploam消息定义

4	Deactivate_ONU-ID	To instruct an ONU with this ONU-ID to stop sending upstream traffic and reset itself. It can also be a broadcast message.	When LOS, LOF, LCD, LOA, and SUF Alarms are detected from the ONU.	3	The ONU with this ONU-ID switches off the laser; the ONU-ID, OMCI Port-ID, and all Alloc-ID, assignments are discarded. ONU moves to the Standby state.
5	Disable_serial_number	To disable/enable an ONU with this serial number.	On command from the OpS.	3.	Disable option: Moves the ONU to the Emergency Stop state. The ONU cannot respond to upstream bandwidth allocations. Enable option: Moves the ONU to the Standby state. The ONU restarts the activation process, as specified in Clause 10.
6	Encrypted_Port-ID	To indicate to ONUs which channels are encrypted or not.	When a new channel must be encrypted or not.	3	Mark/Unmark this channel as encrypted. Send 1 acknowledge after each correctly received message.
7	Request_password	To request the password from an ONU in order to verify it. The OLT has a local table of passwords of the connected ONUs.	After an ONU is ranged. This is optional for OLT to use; mandatory for ONU to respond	1	Send the password message 3 times.
8	Assign_Alloc-ID	To instruct an ONU that the specified Allocation ID is assigned to it.	When OLT discovers that multiple T-CONTs are supported by the in the ONU.	3	Send 1 acknowledge after each correctly received message. The ONU shall respond to the bandwidth allocations with the specified Alloc-ID. Until a T-CONT is properly mapped to the Alloc-ID, the idle GEM frames shall be sent.
9	No message	No message available when a PLOAM field is transmitted.	Empty message queue.	–	
10	POPUP	The OLT forces all the ONUs which are in POPUP state and not in LOS/LOF state to go from POPUP state to Ranging state (O4) or commanding specific ONU to go directly to Operation state (O5).	To speed up the activation of ONUs in a LOS state.	3	The ONU moves to Ranging state (O4), or to Operation state (O5).

图3.3续 下行ploam消息定义

11	Request_Key	The OLT triggers the ONU to generate a new encryption key, and send it upstream.	At a frequency determined by the OpS.	1	Send the Encryption Key message three times.
12	Configure Port-ID	This message links the internally processed OMCI channel at the ONU with a 12-bit Port-ID. The Port-ID is appended to the GEM overhead and used as an addressing mechanism to route OMCI over GEM channel.	On command from the OpS.	3	Logical Management port is assigned with the Port-ID. Send 1 acknowledge after each correctly received message.
13	PEE – Physical Equipment Error	To indicate to the ONUs that the OLT is unable to send both GEM frames and OMCC frames.	When the OLT detects it cannot send both GEM frames and OMCC frames.	1 time/second	PEE Alarm is asserted at the ONU.
14	Change-Power-Level	The OLT triggers the ONU to either increase or decrease its transmitted power level.	When the OLT detects that the ONU power is less/more than a predefined threshold.	1	ONU adjusts its transmitted power level accordingly.
15	PST message	To check the ONU-OLT connectivity in a survivable PON configuration, and to perform APS.	Periodically, and also after faults are detected.	1 time/second	ONU checks link number, and acts upon APS commands.
16	BER interval	It defines the accumulation interval per ONU expressed in the number of downstream frames for the ONU counting the number of downstream bit errors.	OpS defines this interval and can focus on one particular ONU.	3	The ONU starts a timer, and accumulates the downstream errors. An acknowledge is sent for each correct message.
17	Key switching Time	The OLT indicates to the ONU when to begin using the new encryption key.	When the OLT is ready to change the key.	3	ONU prepares to switch the key at the indicated time. Send 1 acknowledge after each correctly received message.
18	Extended_Burst_Length	To instruct the ONU the number of type 3 preamble bytes to use in the upstream direction.	Each time activation process is started. Following the Upstream Overhead message	3	The ONU sets the type 3 preamble length.

图3.3续 下行ploam消息定义

下行PLOAM消息定义：

表 4 下行消息定义

	消息名称	功能	触发	发送次数	收到此消息后的作用
1	Upstream_Overhead	指示 ONU 上行发送的前导码字节数和预分配的均衡时延值，并且定义了 ONU 光功率和每个 SN-request 相应的 SN-transmission 的发送次数。	在激活进程开始时发送	3	ONU 设置预分配的 EqD。
2	Serial_number_mask	向 ONU 提供序列号和用于屏蔽该序列号的一部分的掩码。	为确定某 ONU 的序列号发送	1	如果收到的序列号和掩码与 ONU 的序列号匹配，ONU 能够响应功率设置和 SN 请求。
3	Assign_ONU-ID	OLT 发现该 ONU 的序列号后，分配 ONU-ID 与该序列号绑定。	当 OLT 发现某 ONU 的序列号时发送	3	带有此序列号的 ONU 采用此 ONU-ID 编址。

	消息名称	功能	触发	发送次数	收到此消息后的作用
4	Ranging_Time	指示 ONU 应写入均衡时延寄存器中的值（以上行比特的数目来表示）。工作路径和保护路径的均衡时延由相应区域分别指示。	当OLT决定更新时延时发送，具体参看 ranging 协议。	3	ONU填充均衡时延值寄存器
5	Deactivate_ONU-ID	指示 ONU-ID 对应的 ONU 停止发送上行数据并重新启动，也可广播消息。	当检测到来自ONU的 LOS、LOF、LCD、LOA和SUF告警时发送	3	ONU-ID 对应的 ONU 关闭激光器，并丢弃此 ONU-ID，ONU 回到初始状态。
6	Disable_serial_number	使能/禁止该序列号的 ONU。	接收到 OpS 命令时发送。	3 或是直到检测不到 burst	ONU 进入 Emergency-Stop 状态。ONU 不能响应 D/S 指针。ONU 进入 Initial 状态。ONU 能够响应 D/S 请求。
7	Encrypted_Port-ID	指示 ONU 信道是否需要加密。	当新信道需要加密或不需要时发送。	3	标记/不标记该信道为加密。正确收到消息后发送一个确认。

8	Request_password	ONU 测距后，OLT 向 ONU 请求密码，以证实该 ONU 的合法性。OLT 有一个记录所有与它相连 ONU 密码的本地表。如果测距之后，改变密码，则此 ONU 不被激活。	某 ONU 测距成功后发送，可选。	1	发送 3 遍密码消息。
9	Assign_Alloc-ID	向具有特定 ONU-ID 的 ONU 分配一个 Alloc-ID。	当 ONU-ID 中的 T-CONT 建立后发送。	3	ONU 的 T-CONT 采用 Alloc-ID 编址；每当正确收到消息时，发送一个 ACK 消息。
10	No	PLOAM 信元中无有效信息传递。	空的消息队列时发送。	—	
11	POPUP	OLT 迫使所有进入 POPUP 状态而非 LOS/LOF 状态的 ONU 从 POPUP 状态进入到 Ranging-state 或是命令特定的 ONU 直接进入 Operation-state。	为加快激活 LOS 状态的 ONU 发送	3	ONU 进入 Ranging-state(O4, (或者进入 Operation-state (O5))。
12	Request_Key	OLT 触发 ONU 产生新的密钥，并传送给 OLT。	发送频率由 Ops 决定	1	3 次发送加密密钥消息。
13	Configure Port-ID	该消息利用 12 比特的 Port_ID 连接内部进程的 OMCI 通道。此 Port_ID 附加在 GEM 的系统开销上，用于 GEM 信道上通过寻址机制路由 OMCI。	接收到来自 OpS 的命令时发送	3	向本地管理端口分配此 Port-ID；每当正确收到消息时，发送一个 ACK 消息

	消息名称	功能	触发	发送次数	收到此消息后的作用
14	PEE	向 ONU 指示 OLT 不能同时发送 GEM 帧和 OMCC 帧。	当 OLT 检测不能同时发送 GEM 帧和 OMCC 帧时发送	1 次 / 秒	在 ONU 侧声明 PEE 告警
15	Change-Power-Level	OLT 触发 ONU 提高或降低发射机的功率电平。	当 OLT 检测 ONU 的发送功率高于/低于预定义的门限电平时发送	1	ONU 因此调整发送光功率电平
16	PST	在 PON 的保护配置结构中，检测 ONU 和 OLT 的连接情况，执行 APS。	周期性或者在检测到故障之后发送	1 次 / 秒	ONU 检查连接序号，根据 APS 命令响应。
17	BER interval	定义每个 ONU 统计下行错误比特数目的计算间隔，以下行帧的数目来表示。	OpS 定义此间隔并能集中在某一特定的 ONU 上时发送	3	ONU 开始计数器，累计下行错误。当接收到正确的消息后发一个 acknowledge。
18	Key switching Time	OLT 向 ONU 指示使用新的加密密钥	当 OLT 开始改变密钥时发送	3	ONU 准备在指定的时间变更密钥；每当正确收到消息时，发送一个 ACK 消息。

7.3.2 上行消息定义

上行消息定义如表 5所示：

表 5 上行消息定义

	消息名称	功能	触发	发送次数	收到此消息后的作用
1	Serial_number_ONU	用于传送 ONU 的序列号信息。	ONU 在测距状态下以及接收到 ranging Alloc-ID(254)时发送此消息。	在测距中，可能发送 X 次	OLT 提取该序列号并分配一个独立的 ONU-ID 给 ONU。此消息包含当前使用的随机延时，在获取 SN 过程中进行第一次 RTD 测量时使用该随机延时。
2	Password	应 答 OLT 的 Request_password 消息，通过密码证实该 ONU。	当 OLT 通过 "request_password"请求密码时发送	3	如果 OLT 接收到 3 次相同的密码，表明此 ONU 是合法的，具体过程和系统相关。
3	Dying_Gasp	通知 OLT 该 ONU 将正常断电，避免 OLT 发布不必要的告警。	当 ONU 正常断电时发送此消息	至少 3 次	丢弃后来的任意告警消息。通知 OpS。
4	No	PLOAM 通道速率失配和 ONU 功率控制行为	空消息队列		无

	消息名称	功能	触发	发送次数	收到此消息后的作用
5	Encryption Key	向 OLT 发送新的密钥片断。	OLT 发送 key request 消息时发送	每密钥片断发送 3 次	OLT 检查每片密钥，如果正确则存储为合成密钥。OLT 能够安排密钥变更事件。
6	Physical Equipment Error (PEE)	向 OLT 指示该 ONU 不能同时发送从 GEM 层到 TC 层方向的 GEM 帧和 OMCC 帧。	当 ONU 检测到不能同时发送从 GEM 层到 TC 层方向的 GEM 帧和 OMCC 帧时发送。	1 次/ 秒	在 OLT 侧声明 PEE Alarm。
7	PST message	在 PON 保护配置结构中，检测 ONU-OLT 连结性，执行 APS。	周期性或者在检测到故障之后发送	1 次/ 秒	ONU 检查连接序号，根据 APS 命令响应。
8	Remote Error Indication	包含在 BER Interval 期间 BIP 检测出的误码数。	当 BER Interval 超时后发送	1 次 /BER interval	OLT 能够决定每个 ONU 一定时间内的 BER
9	Acknowledge	ONU 使用它用来表明已接收到下行流信息。	接收到正确的要求发送 ack 的下行消息时发送	1 次	此消息可以提供下行消息的可靠传送。

	Message name	Function	Trigger	Times sent	Effect of receipt
1	Serial_number_ONU	It contains the serial number of an ONU.	In Serial Number state (O3) in response to broadcast Serial Number request BW allocation; in Ranging state (O4), in response to directed Ranging BW allocation.	1	The OLT extracts the serial number and can assign a free ONU-ID to this ONU. Included in the message is the currently used Random-Delay to enable 1st RTD measurement during SN Acquisition.
2	Password	To verify an ONU based on its password.	When the OLT requests the password by the "request_password".	3	If OLT receives 3 identical passwords, it is declared as valid. Further processing is system dependant.
3	Dying_Gasp	To inform the OLT that the ONU will power-off in a normal operation. This is to prevent the OLT from issuing unnecessary alarm reports.	The ONU generates this message when the power-off is activated in a normal operation.	At least 3 times.	Discard any subsequent alarms for this ONU. Inform OpS.
4	No message	Rate decoupling for PLOAM channel, power control opportunity for ONU.	Empty message queue.		None.
5	Encryption Key	It sends a fragment of the new encryption key to the OLT.	The OLT sends the key request message.	3 for each fragment	The OLT checks each fragment for errors, and stores the resultant key, if validated. The OLT can then schedule a key switch event.
6	Physical Equipment Error (PEE)	To indicate to the OLT that the ONU is unable to send both GEM frames and OMCC frames in the direction from GEM layer to TC layer.	When the ONU detects it cannot send both GEM frames and OMCC frames in the direction from GEM layer to TC layer.	1 time/second	PEE Alarm is asserted at the OLT.
7	PST message	To check the ONU-OLT connectivity in a survivable PON configuration, and to perform APS.	Periodically, and also after faults are detected.	1 time/second	ONU checks link number, and acts upon APS commands.
8	Remote Error Indication (REI)	Contains the number of BIP detected errors counted during the BER interval.	When the BER Interval has expired.	1 time/BER interval	The OLT can determine the BER as a function of time for each ONU.
9	Acknowledge	This is used by the ONU to indicate the reception of downstream messages.	After receiving correct downstream messages that require acknowledgement.	1 time	This message provides for reliable transport of downstream messages.

图3.4 上行ploam消息定义

3.2 激活/注册方式详解

ONU的激活过程包括：OLT和ONU之间协商工作参数、测量OLT和ONU之间的逻辑距离、建立上下行通信通道。对OLT和ONU之间逻辑距离的测量即测距。GPON采用带内方式对在线系统中的ONU进行测距。

对新加入到系统中的ONU进行测距时，已工作的ONU应暂停发送信号，以打开一个测距窗口。该窗口的大小与新加入系统的ONU的距离有关，如果能预先知道新加入系统的ONU的距离则可以减小窗口，但通常该窗口取（PON的最大距离差-20km）。

3.2.1 ONU状态

激活/注册过程由状态和状态转移中的功能行为来规范，ONU一共有7种状态。

在介绍7个状态之前，先介绍一下2个定时器，因为这2个定时器在激活/注册过程中扮演了非常重要的角色。

ONU的2个定时器：

TO1 - 序列号获取（Serial Number acquisition）和测距（Ranging）定时器。TO1定时器通过限制ONU在O3和O4状态总的停留时间来退出不成功的激活尝试。GPON标准推荐的该定时器初始化为10秒。

TO2 - POPUP定时器。TO2定时器通过限制ONU在O6状态的停留时间来维护从间歇性的LOS/LOF情况下恢复是否失败的判断。标准推荐的该定时器初始化为100毫秒。

ONU的7种状态：

a) 初始状态 Initial-state（O1）

该状态的ONU刚刚上电，仍处于LOS/LOF。一旦接收到下行流，LOS和LOF消除，ONU就转移到待机状态（O2）。

b) 待机状态 Standby-state（O2）

该状态的ONU已经接收到下行流，在等待接收网络参数。当ONU接收到Upstream_Overhead消息后根据这些网络参数进行相关配置（如：定义符、功率模式、预置的均衡时延）并转移到序列号状态（O3）。

c) 序列号状态 Serial-Number-state (O3)

OLT给所有处于该状态的ONU发送Serial-Number Request消息，以发现新的ONU以及他们的序列号。当OLT发现了新的ONU后，ONU就等待OLT给它指配ONU-ID。OLT通过Assign_ONU-ID消息来指配ONU-ID。ONU获得ONU-ID后就转移到测距状态（O4）。

d) 测距状态 Ranging-state (O4)

不同的ONU发送信号到达OLT时应保持同步，为此每个ONU需要一个均衡时延，该参数是在测距状态中测得的。ONU接收到Ranging_Time消息后转移到运行状态（O5）。

e) 运行状态 Operation-state (O5)

处于该状态的ONU可以在OLT的控制下发送上行数据以及PLOAM消息，该状态中的ONU也可根据需求建立其他连接。当测距成功后，所有的ONU都依据各自的均衡时延发送信号，以保持上行帧的同步。不同ONU发送的信号将分别到达OLT，但每个信号会正好出现在上行帧中它应该出现的位置上。

ONU处于该状态之时，OLT上会显示ONU处于syncmib状态，并通过OMCI通道下发OMCI消息，驱动需要将OMCI消息以最快的方式递送给OMCI模块进行处理，并将OMCI模块回应的消息上送给OLT，以完成认证工作，达到working状态。

f) POPUP 状态 POPUP-state (O6)

当处于运行状态（O5）的ONU检测到LOS或LOF时就进入到该状态。在该状态中ONU立即停止发送信号，这样OLT将检测到该ONU的LOS告警。

g) 紧急停止状态 Emergency-Stop-state (O7)

当ONU接收到的Disable_Serial_Number消息带有“Disable”选项时，ONU就进入到紧急停止状态（O7）并关闭激光器上行信号。

在O7状态下，ONU被禁止发送信号。如果ONU没有成功进入到O7状态，并且OLT仍能继续接收到ONU发送的信号，OLT将产生Dfi告警。

当ONU的故障排除后，OLT发送带有“Enable”选项的Disable_Serial_Number消息，从而激活该ONU。ONU接收到消息后进入待机状态（O2），所有的参数（包括序列号和ONU-ID）将被重新检查。

各个状态迁移如图3.5所示：

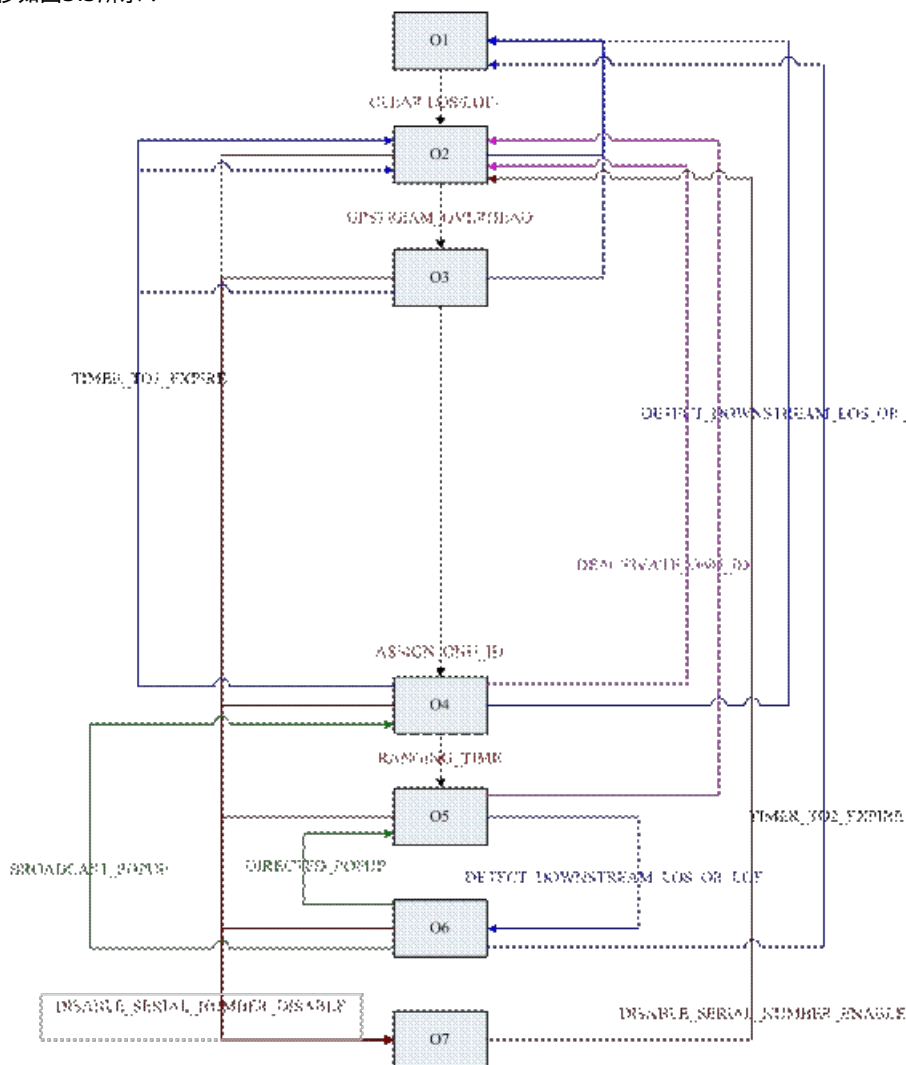


图3.5 ONU状态迁移

3.2.2 激活/注册过程

ONU的激活过程由OLT控制，其激活过程大致如下：

- ONU通过Upstream_Overhead消息接收工作参数；
- ONU根据接收到的工作参数调整自己的参数（如：发送光功率），这时onu进入o2阶段；
- OLT通过Serial_NumberAcquisition流程发现新ONU的序列号（olt下发sn_request，onu在对应的窗口回复自身的sn）；
- OLT给所有新ONU分配ONU-ID，这时onu进入o4阶段；
- OLT测量新ONU的均衡时延；

- OLT将测量的均衡时延传送给ONU，这时onu进入o5阶段；

- ONU根据均衡时延调整其上行帧的发送起始点。

以上激活过程是通过交互上下行标记（flag）以及PLOAM消息来完成的。在正常工作状态下，所有传输信号都可以被用来监测信号到达的相位。通过监测传输信号的相位，可以更新均衡时延。

上面介绍的是按SN方式注册，在GPON标准中还有Password（registration ID）注册方式，见图3.6。

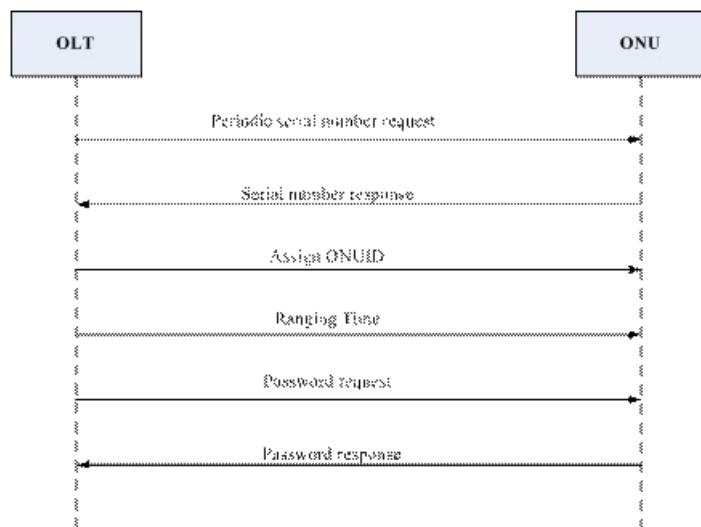


图3.6

在进入Ranging Time（O4状态）之前，一切流程与SN方式无异，不过使用Password方式注册时，会在Ranging Time之后OLT下发一个Password request消息（Ploam消息），ONU（已经进入O5状态）在收到该消息之后要立刻回应自身的Password给OLT（通过Ploam消息），OLT将ONU上报的Password与存储在OLT自身的一个Password表比照，如果上报的Password合法则正常完成注册并开始下发OMCI消息，否则下发deactive ONUID消息（ploam消息）将上报不合法的Password的ONU去激活，去激活的ONU进入O2状态。

3.2.3 ONU断纤保护

当ONU光纤中断时，许多ONU都会进入到O6状态，从网络可靠性考虑，此时应采用以下方式之一：

如果启用了保护倒换，所有的ONU将倒换到备用光纤上。这时所有ONU将重新进行测距，为此OLT发送Broadcast POPUP消息通知所有ONU进入到测距状态（O4）。

如果没有保护倒换但ONU具有内部保护能力，OLT发送Directed POPUP消息通知ONU进入运行状态（O5）。当ONU进入到O5状态时，OLT需要先对该ONU进行检测，之后再恢复该ONU的业务。

如果ONU没有从LOS或LOF中恢复过来，ONU就不会收到Broadcast POPUP消息或Directed POPUP消息，经过TO2时间后ONU进入初始状态（O1）。

3.2.4 紧急停止操作

处于O2、O3、O4、O5、O6状态的ONU可能接收到Disable_Serial_Number消息带有“Disable”选项的ploam消息。处于O2状态的ONU检查该消息中的序列号是否与自己的序列号匹配，若匹配，ONU就停止发送信号并进入到O7状态。处于O3、O4状态的ONU检查该消息中的序列号是否与自己的序列号匹配，若匹配，ONU就停止发送信号并进入到O7状态，同时停止定时器TO1。处于O5状态的ONU检查该消息中的序列号是否与自己的序列号匹配，若匹配，ONU就停止发送信号并进入到O7状态。处于O6状态的ONU检查该消息中的序列号是否与自己的序列号匹配，若匹配，ONU就停止发送信号并进入到O7状态，同时停止定时器TO2。

处于O7状态的ONU接收到Disable_Serial_Number消息带有“Enable”选项的ploam消息检查其中的序列号是否与自己的序列号匹配，若匹配，ONU就进入到O2状态，开始正常的激活/注册流程。

一般厂家提供的状态机对于该状态基本不会做保存操作，标准要求o7状态是需要重启保存，现在由PONMAC驱动自身完成，详细如下：

- 1.接收到Disable_serial_number消息后，关闭上行发光，ONU进入O7状态。
- 2.进入O7后，检测进程发送monitor告警给管理模块，由管理模块把O7状态标志保存到数据库中。用los_scanner_trigger定时检测，是否进入O7状态
- 3.在O7状态，如果接收到enable_serial_number消息后，打开上行发光，进入O2状态
- 4.从O7进入O2后，检测进程发送monitor告警给管理模块，由管理模块把数据库中的O7状态标志位清除。用los_scanner_trigger定时检测，是否退出O7状态
- 5.重新上电时，判断如果是O7掉电的，则直接进入O7状态

4 DBA介绍

GEM模式下，GPON DBA采用GPON标准规定的机制作为默认方式，这也是GPONMAC完成的工作部分之一。简而言之，即GEM模式支持可变长度的分组包，这些分组包在DBA操作中被处理成固定长度数据块。数据块数目对应于GPON标准中DBA报告的信元数目。

4.1 T-CONT简介

说到了DBA，就不得不介绍一下T-CONT，因为在GPON中DBA是基于T-CONT进行的。

传输容器(Transmission Container，T-CONT)是GPON TC层的一个特有关键概念，也是GPON上行流量管理的基本单元。它虽然来源于宽带无源光网络(Broadband Passive Optical Network，BPON)中T-CONT的概念，但与T-CONT有着本质的区别。在GPON中，T-CONT是一个连续的、长度可变的时间窗口，起止位置由光线路终端(Optical Line Termination，OLT)在下行帧帧头当中的BWMap特定字段指定。OLT通过修改BWMap为不同的T-CONT分配不同的上行时间，调整各个T-CONT的长度，从而避免上行方向不同业务之间的冲突，达到上行介质访问控制和带宽调整控制的目的。

GPON的带宽资源分为Fixed，Assured，Non-assured和Best-effort 4种类型，而T-CONT按照可提供带宽类型的组合分为type1～type5共5种类型。具体如下：

- type 1型T-CONT提供Fixed类型的带宽；
- type 2型T-CONT提供Assured型的带宽；
- type 3型T-CONT提供Assured型和Non-assured型的带宽；
- type 4型T-CONT提供Best-effort型带宽；
- type 5型T-CONT是前4种类型的超集，可以提供所有类型的带宽，支持所有类型的业务。

每种类型的带宽都可以支持一定服务质量(Quality of Service，QoS要求的业务；而T-CONT通过为业务提供特定类型的带宽间接保证该业务的QoS要求。一种T-CONT能否支持某种QoS要求的业务，完全是由该T-CONT能否提供满足该业务QoS要求的带宽所决定的。只要T-CONT提供满足某业务QoS要求的带宽，就可以承载该业务。而根据协议描述，在一个光网络单元(Optical Network Unit，ONU)上可以使用多个T-CONT，理论上这些T-CONT之间相互独立；ONU可以使用任意的T-CONT类型组合以满足本地的业务需求。

4.2 DBA操作

DBA功能在各T-CONT中实现。DBA功能分为下面几个部分：

- 1) OLT和/或ONU检测拥塞状态；
- 2) 向OLT报告拥塞状态；
- 3) OLT根据提供的参数更新带宽分配；
- 4) OLT根据更新的带宽分配和T-CONT类型发送授权；
- 5) 发送DBA操作管理信息。

GPON DBA应能为5种T-CONT类型提供和ITU-T G.983.4相同的QoS保证能力。

DBA操作有两种方式：SR-DBA和NSR-DBA。因为DBA报告功能对ONU是可选的，所以会出现各ONU支持不同DBA操作方式的情况。OLT必须支持状态报告和非状态报告系统，这样才能向所有的ONU提供某种DBA功能。根据ONU能力定义的模式和服务见表4.1。

表4.1 DBA操作模式		
	SR ONU	NSR ONU
DBA OLT	SR-DBA 和/或 NSR-DBA	NSR-DBA

每种模式的操作如下：

- 1) SR-DBA

为了报告T-CONT的拥塞状态，当T-CONT从ONU向OLT发送上行数据时，需要在DBRu的DBA域中设置T-CONT存储区的数据块数目，或者其

他方式。如果OLT不允许T-CONT发送上行数据，则OLT可仅为DBRu分配时隙，或其他方式。然而，即使接收到DBA报告，OLT也不一定用该报告信息更新带宽分配。另一方面，如果T-CONT由于某种原因不能报告存储区中的数据块数目，则在DBA域中使用非法代码对OLT进行响应。在这种方式中，如果DBA域丢失则无法识别上行数据格式，所以如果OLT请求DBA报告，则必须发送DBA域。

2) NSR-DBA

OLT通过自监测输入业务流来了解各T-CONT的拥塞状态。在这种模式中，因为OLT从不请求，所以DBRu中的DBA域从不发送。在OLT请求DBRu的特殊情况下，虽然ONU的DBA域内容会被OLT忽略，但ONU也必须发送DBA域。

SR-DBA又分两种模式，mode0和mode1（标准上还有mode2，已经被废弃）。这2个模式通过下行GTC帧（不在本文介绍，有兴趣的读者可以在前面章节找到相关介绍）中的BWmap域中的Flags域（总共有12个Bit）的Bit8和Bit7不同的编码组合得到。

根据上述的两个比特的内容，ONU应发送分配ID对应的DBRu，或者不发送。编码含义定义为：

- 00：不发送DBRu
- 01：发送“模式0”DBRu（2字节）
- 10：发送“模式1”DBRu（3字节）
- 11：发送“模式2”DBRu（5字节）//已经废弃不用

为了操作DBA，管理功能实体要提供或协商一些参数。通过这种方式，OLT和ONU可对DBA操作模式达成一致，并正确响应对方请求。所有的DBA参数应由GPON OMCI提供或协商，详情请参考OMCI章节的描述。

在实际使用中，我们通常使用whole ONU DBA上报。该报告方式的格式和DBRu中使用的类似，不同的是前面附加了两字节来承载对应于T-CONT报告的Alloc-ID以及DBRu模式指示（使用和Alloc-ID的flag域定义相同的编码指针）的两份拷贝，如图4.1所示。由于OLT无法知道报告格式，所以需要DBRu模式指示能容忍额外的差错。在图4.1所示的格式中可以看到该信息出现三次。DBRu模式指示中有两份完整的拷贝，一个是和模式相关的Alloc-ID拷贝。因此，OLT可以比较三种模式格式，然后以多数决定报告的长度。最后结果由CRC-8来证实。如果因为不确定DBRu的格式或无法纠正的CRC错误丢失了定界，则OLT将丢弃剩下的DBA报告。注意2比特的错误会产生这种情况。

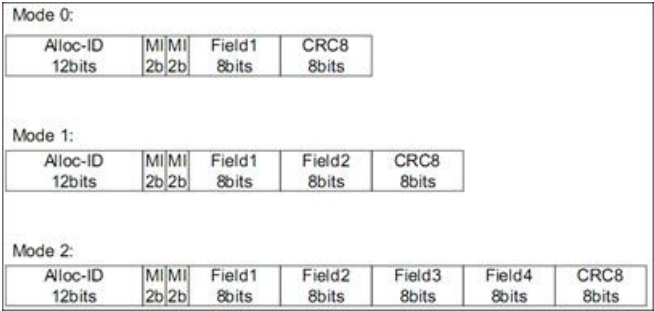


图4.1 Whole ONU DBA功能的三种报告格式

whole ONU报告功能对于ONU和OLT是可选的。OLT通过OMCI发现ONU的能力。知道ONU的能力后，OLT可以分配一个新的Alloc-ID并将其配置为whole ONU DBA报告。这样该ONU就应能以正常方式响应Alloc-ID。详情请参考OMCI章节的描述。

5.加密机制

在PON系统中，下行数据广播给PON上的所有ONU。如果有恶意用户对ONU重新编程，那他就能够听到所有用户的所有下行数据。这是PON安全系统会遇到的“偷听”威胁。这个时候采用加密机制就尤为重要了，加密部分是由GPONMAC与OMCI共同完成，此文只介绍GPONMAC负责的部分。

以先进加密标准（AES）为例说明GPON系统的加密。它是一个块密码算法，以16字节（128比特）的数据块进行操作，可以使用128，192或256比特密钥。该加密法则由美国NIST发布的文件定义。

在这个标准中有几种操作模式，GPON使用计数器（CTR）模式。密码算法产生一个16字节的伪随机码块流，伪随机码块与输入的明文进行异或运算后产生密文输出。密文与同样的伪随机码进行异或运算后可以重产生明文。密钥长度是固定的，为128比特。更多比特的密钥也支持，不过这种情况视为可选。

CTR模式使用OLT和所有ONU都相同的同步crypto-counter。crypto-counter的结构如下：计数器宽度为46比特，低16比特为帧内计数器，高30比特是帧间计数器。帧内计数器在下行帧开始时置为0（第一字节是PCBd），每4字节递增。例如，在1.244 Gb/s下行速率系统中，计数器的运行范围是0到4859。

帧间计数器与在PCBd的Ident域中传递的复帧计数器保持一致。ONU实现一个同步的本地计数器，因此对这个域的错误有恢复能力。

随机密码块排列在数据包净荷的起始位置。对于GEM分片的情况，只加密净荷，不加密Port ID帧头。由于碎片不一定是一个编码块的整数，尾数数据块（长度为1到16字节）与尾AES密码块（长度为16字节）的高位部分进行异或运算。密码块结尾的多余部分将会被丢弃。

注意crypto-counter与GTC下行帧对齐，但是AES密码块与数据净荷对齐。这两个序列的关系如图5.1所示。当数据包在OLT上发送或者在ONU上接收时，帧头第一个字节的位置被标注。该字节位置的crypto-counter值用作数据包的密码块计数器的开始值。对于数据包中接下来的密码块，计数器对每个块递增1。这种方法可以保证计数器的同一值不会被重复使用。

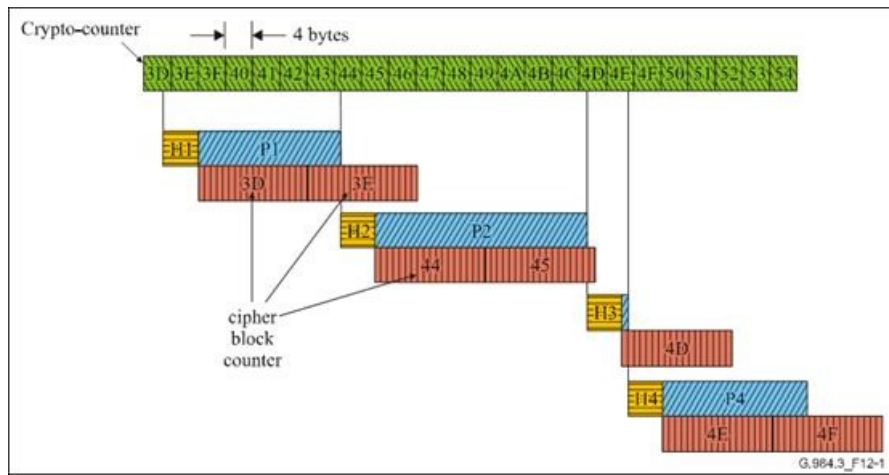


图5.1 crypto计数器序列与密码块计数器序列的关系

46比特块计数器的值按照如下方式推导出AES算法的128比特输入：46比特复制3次后变成一个138比特的序列。 丢弃高位的10比特后得到的128比特按照AES算法加密，生成128比特随机密码，然后于用户净荷数据进行异或操作。

假设OLT和ONU已经为Port_ID配置了加密操作，设置了一个可用密钥。ONU和OLT都在他们的active_key_registers存储了密钥的资料，加密算法使用该寄存器。密钥交换由OLT发起。OLT在PLOAM通道中发送key_request_message，ONU作出响应：产生、存储和发送该密钥。ONU在shadow_key_register中存储新密钥。由于PLOAM消息的长度有限，密钥分为两片进行发送，使用片断字段来指示发送密钥的哪个部分。为保证冗余，密钥的这两个部分都会被发送三次。如果OLT未能成功接收密钥的任何一个部分三次，OLT将会要求ONU产生另外一个密钥，并发送新的key_request_message。密钥传送失败三次后，OLT将会宣布密钥同步丢失。一旦OLT成功接收到密钥，有效密钥会被存储在shadow_key_register。然后系统进行密钥切换。它使用Key_switching_time消息传送该帧的超帧编号给ONU。该消息将会发送三次，ONU仅需要接收其中一个正确的拷贝来获知变换的时间。在选定帧的开始，OLT复制 shadow_key_register 的内容到 active_key_register，ONU 将赋值它的shadow_key_register到active_key_register。这样，OLT和ONU都开始使用新密钥，他们交换的任何新的PDU（信元或帧）边界都正好相同。注意AES算法要求基于一个单独密钥产生一系列循环密钥。这种密钥的调度操作需要花费时间，一旦key_switch比特被改变，OLT和ONU都必须准备好使用新密钥。

6. 前向纠错（Forward Error Correct）

前向纠错（FEC）通过在通信系统的传送层传输编码后的数据进行。编码引入了冗余，这使得解码器可以检测和纠正传输错误。例如，对于输入的为BER为 10^{-4} 的数据，FEC解码器输出数据的BER将会下降到 10^{-15} 。通过使用FEC技术，可以达到比较低的数据传输错误率，从而避免重传，这部分功能的实现也是由GPONMAC实现。FEC可以增加链路预算3~4dB。这样，可以支持更高速率和更长的传输距离，以及每个PON使用更多数量的分支。然而，FEC纠错对很高的BER情况下并不有效（例如，对于BER为 10^{-3} ，将会产生解码错误）。

对于所有的特定ONU发送动作，例如，发送SN或发送测距，不应使用FEC。这是因为特定动作发送的长度较短，并且发送的频率较低。当ONU处于非正常工作状态时，上行流不应使用FEC。

6.1 OLT 与 ONU的互操作性

FEC解决方案必须支持OLT同时与支持FEC的ONU和不支持FEC的ONU通信的情况。

6.1.1 下行互操作性

- OLT 应能对下行数据进行编码，也可以不进行编码。
- FEC编码状态（on/off）使用 IDENT字段的 FEC比特域发送给 ONU。
- 每个 ONU应该能够对它收到的数据进行解码，也可以不解码（假设数据是编码过的）。通过使用基于块的 RS 编码，可以提前得知校验比特的位置。这样，不支持 FEC 的 ONU 可以跳过校验比特，即不进行处理，并且不需要进行 FEC解码就可以得到原始下行数据。

6.1.2 上行互操作性

- 每个 ONU 既可以编码它的上行数据，也可以不编码
- OLT 使用 FLAGS 字段的FEC比特设置 ONU FEC 编码状态（on/off）
- OLT 必须能够（针对每次 ONU 的传输）解码或不解码接收的上行数据（假定是编码过的）

6.2 下行FEC

当使用FEC构建下行帧时，FEC校验字节插入到每个码字末尾。帧的PCBd部分包括在第一个码字中，也就是码字从帧的第一个字节开始。下一个码字在第255字节后开始，每255个字节重复。注意由于下行的比特率没有增加，FEC校验字节取代了数据字节插入流中。因此，当使用FEC时，用户数据的有效带宽会减少。另外，FEC编码过程是在扰码之前进行的。详细具有FEC校验字节的下行帧如图6.1所示：

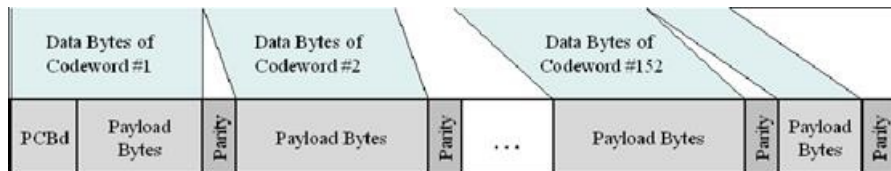


图6.1 具有的下行帧 FEC

下行帧分成了多个255字节的码字。当使用125μs帧时，最后一个码字的数据会小于255字节。以下描述了尾码字机制。

- 为使尾码字字节数等于 255，在编码前应增加额外的‘0’字节到尾码字的末端。
- 计算校验字节。
- 额外的字节（‘0’填充字节）被删除，较短的码字被传输。
- 当帧在 ONU 被接收，额外的‘0’字节在尾码字的起始端重新插入到解码器中。
- 之后在解码过程，额外字节再一次被删除。

对于2.488Gbps的下行数据速率，帧长度为38880字节。由于仅有120字节留给尾码字其中104字节用作数据字节，16字节用作校验字节，135字节用‘0’填充。具体见图6.2。

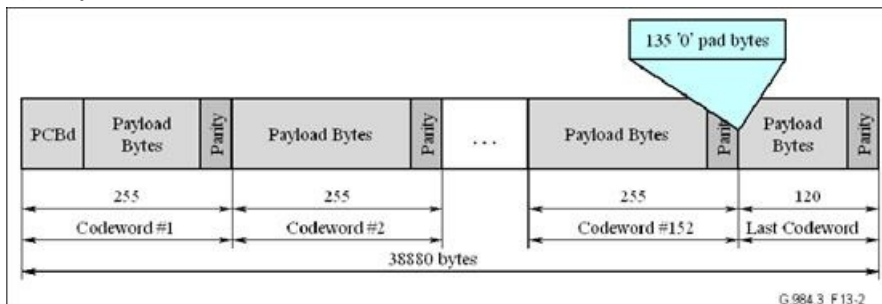


图6.2 最后字节填充示意图

下行帧同步序列是物理同步字段(PSync))，它是帧的第一个码字的PCBd的第一个32比特，如图6.3所示。由于使用块编码，所以这些比特在FEC编码过程中不会改变，ONU也会正常的接收。这样，ONU仍然能够使用该帧同步序列。

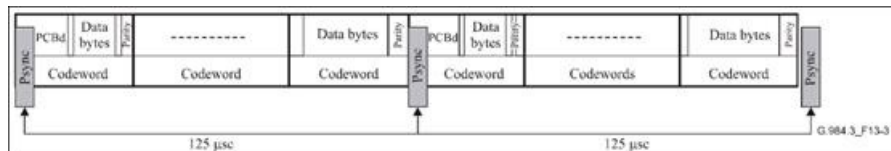


图6.3 下行帧同步

由于所有码字在帧中都被按次序安排，因此对于码字来说不需要额外同步，也就是说，一旦取得了帧同步，通过一个255字节计数器，就可以获得码字同步。一旦取得码字同步，每个码字都被解码（校验比特被删除，正确的数据被接收），下行原始净荷就能够重建。如图6.4所示：

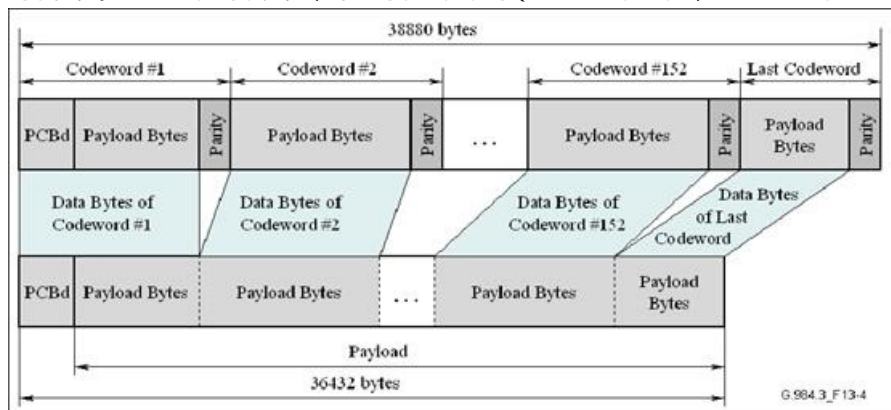


图6.4 FEC解码的净荷重构

下行FEC功能能够通过OpS系统在OLT激活/去激活。一个带内指示比特用来通知ONU关于FEC状态的改变。FEC指示比特包含在IDENT字段中。

FEC指示比特含义如下：

- ‘0’：FEC Off。下行帧中无 FEC。
- ‘1’：FEC On。下行帧包含 FEC校验字节。

如果不支持FEC（FEC ‘Off’），则：

- 下行流中不包含校验字节。
- 下行流没有被编码。

当线路BER较高($\approx 10^{-6}$)时，在ONU上收到错误FEC指示比特的概率相对较高。这样，FEC On/Off检测需要使用滞后机制：

- FEC的默认状态为 ‘Off’。没有下行 FEC 解码在 ONU 中应用。
- 4个连续 FEC ‘On’指示比特之后，FEC状态设为‘On’。在 ONU 中激活下行 FEC解码。
- 4个连续 FEC ‘Off’指示比特之后，FEC状态设为‘Off’。在 ONU中停止下行 FEC 解码。

6.3 上行FEC

ONU Over Head的PLOu部分的定义和前导字段并不包含在第一个码字中，也就是说，码字是从BIP字节开始的，见图6.5。同下行FEC一样，FEC编码过程是在扰码之前进行的。

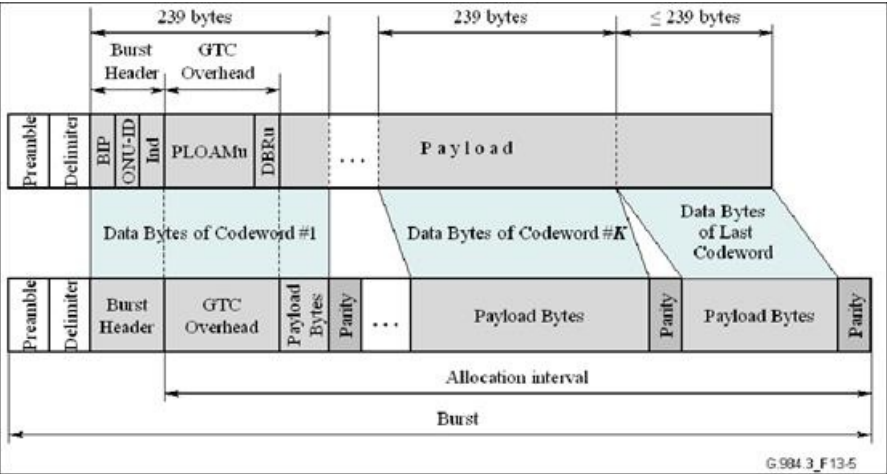


图6.5 上行FEC校验字节示例

对于特定ONU的所有分配应具有相同的FEC状态。连续的分配被编码为一个数据块，仅有一个截短的尾码字。开始指针不能指向校验字节的位置。因而，停止指针不能指向校验字节的前15个字节或校验字节前的最后一个数据字节。这些限制如图6.6所示：

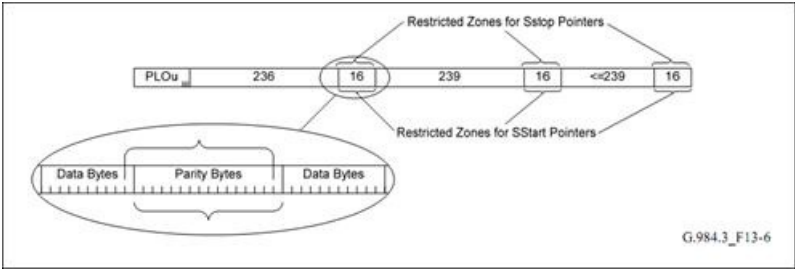


图6.6 上行带FEC的连续分配的指针限制

- 原始传输数据分为239字节的码字。在大多数情况下，最后一个码字的数据少于239字节。下面描述了尾码字机制，可见图6.7：
- 为使最后一个码字的数据为 239，在编码器前需要在最后一个码字起始端增加额外的'0'字节（'0'填充字节）。
 - 计算校验字节。
 - 额外字节被移除，变短的码字被传输。
 - 在 OLT 接收传输数据。
 - 在解码前插入额外'0'字节到码字起始端。由于传输字节尺寸 OLT 已经提前得知，很容易计算出'0'字节的数量。
 - 在解码过程中，额外字节再一次被移除。

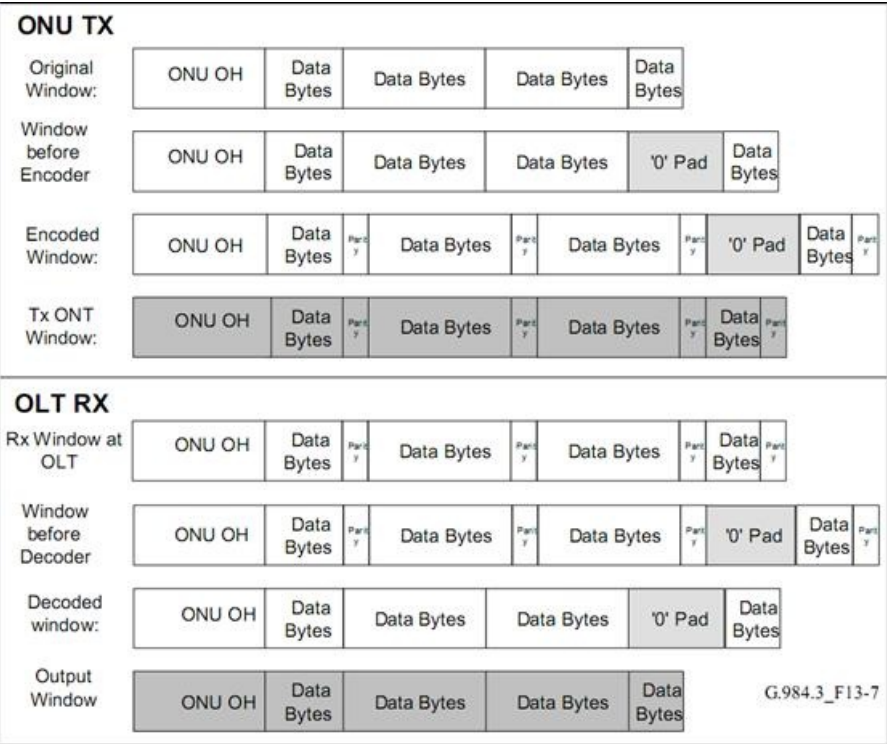


图6.7 上行FEC的传输结构

如果最后一个码字的数据少于17字节，应发送全零字节。

当BER较高时，用于帧定界的码字错误的概率也很高。这样，如果定界符是16或20比特长，为了达到传输同步，在帧定界符中分别最多允许3个或4个错误比特。

ONU的上行FEC功能能够通过OLT使用OpS系统激活/去激活。OLT使用一个带内指示比特来通知ONU FEC状态的改变。

OLT使用FLAGS字段的UseFEC域设置ONU FEC编码状态(on/off)。

FEC指示比特含义如下：

- ‘0’ – Off。在上行传输中无 FEC。
- ‘1’ – On。上行传输包含 FEC奇偶字节。

指示比特可视为一种确认，确认ONU 遵照了UseFEC指令。

如果不支持FEC(FEC ‘Off’)：

- 传输中不包含校验字节。
- 对上行数据无需解码处理。

与下行流一样，当线路BER较高($\approx 10^{-6}$)时，在ONU上收到错误FEC指示比特的概率相对较高。这样，FEC On/Off检测需要使用滞后机制：

- FEC的默认状态为 Off。没有下行 FEC 解码在 ONU 中应用。
- 4个连续 FEC ‘On’指示比特之后，FEC状态设为‘On’。在 ONU 中激活下行 FEC解码。
- 4个连续 FEC ‘Off’指示比特之后，FEC状态设为‘Off’。在 ONU中停止下行 FEC解码。

7. 告警和性能监测

告警和性能监测包括了检测链路失效和监测链路性能的机制。这些功能由GPONMAC与OMCI共同实现，GPONMAC 负责这些告警的监测，一些信号经由PLOAM消息上送给OLT，一些告警信号上送给OMCI模块后，由OMCI模块上送给OLT。

近端PM基于检测到的缺陷和帧/发送BIP错误，而远端PM基于接收到的REI和RDI指示。

7.1 告警

ONU和OLT的OAM功能如图7.1所示，图7.1中也同时表示了OLT和ONU之间的通知信号。

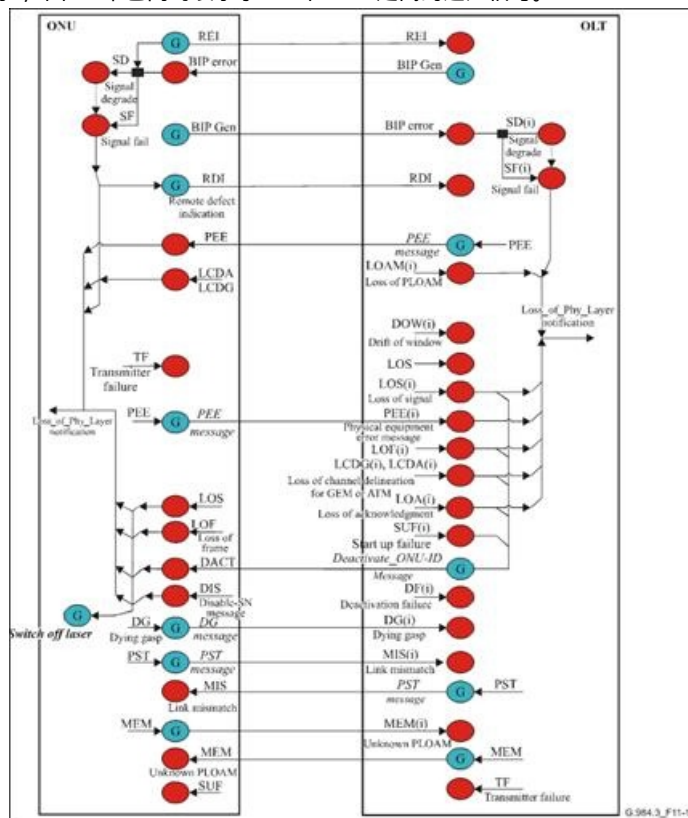


图7.1 OLT和ONU之间的所有告警

7.1.1 在OLT上检测到的信号

Type		Description			
		Detection conditions	Actions	Cancellation conditions	Actions
LOSi	Loss of signal for ONUi	No valid optical signal from ONU when it was expected during 4 consecutive non-contiguous allocations to that ONU	If the OLT supports POPUP it sends the POPUP message 3 times. If POPUP is not supported the OLT sends deactivate ONU-ID message 3 times. Generate Loss_of_phy_layer_1 notification.	When the OLT receives a valid optical signal from ONUi	–
LOS	Loss of Signal	The OLT did not receive any expected transmissions in the upstream (complete PON failure) for 4 consecutive frames.		When the OLT receives at least one upstream transmission.	–
LOFi	Loss of Frame of ONUi	When 4 consecutive invalid delimiters from ONUi are received	Send 3 times Deactivate_ONU-ID messages. Generate Loss_of_phy_layer_1 notification.	When frame delineation for ONUi is achieved in the Operation state.	–
DOWi	Drift of Window of ONUi	An ONU transmission is received at an unexpected place within the US virtual frame. DOWi means the phase has shifted but is correctable via modified EqD	Send modified EqD to the ONUi	When the OLT receives the ONUi Transmission in the correct position	–
SFi	Signal Fail of ONUi	When the upstream BER of ONUi becomes $\geq 10^{-7}$, this state is entered. Y is configurable in the range of 3 to 8	Send 3 times Deactivate_ONU-ID messages. Generate Loss_of_phy_layer_1 notification.	When the upstream BER of ONUi becomes $< 10^{-(Y+1)}$, this state is cleared.	–
SDi	Signal Degraded of ONUi	When the upstream BER of ONUi becomes $\geq 10^{-X}$, this state is entered. X is configurable in the range of 4 to 9, but must be higher than Y (the SFi Threshold)	–	When the upstream BER of ONUi becomes $< 10^{-(X+1)}$, this state is cleared.	–

Type		Description			
		Detection conditions	Actions	Cancellation conditions	Actions
LCDGi	Loss of GEM channel delineation	When GEM fragment delineation of ONUi is lost according the section 8.3.2 state machine.	Generate Loss_of_phy_layer_1 notification	When GEM channel delineation for ONUi is achieved	–
RDIi	Remote Defect Indication of ONUi	When the RDI field of ONUi is asserted. The OLT transmission is received with defects at the ONUi	–	When the RDI field of ONUi is de-asserted	–
TF	Transmitter Failure	The OLT transmitter is declared in failure when there is no nominal backfacet photocurrent or when the drive currents go beyond the maximum specification.	–	–	–
SUFi	Start-up Failure of ONUi	The ranging of ONUi has failed n times (n = 2)	Send 3 times Deactivate_ONU-ID messages.	The ONU is ranged successfully.	–
DFi	Deactivate Failure of ONUi	The ONU does not react correctly after three Deactivate_ONU-ID or three Disable_Serial_Number messages. Note that the OLT can detect this condition only if it continues to provide upstream bandwidth allocations to the ONU.	–	Cancelled by the operator.	–
LOAi	Loss of Acknowledge with ONUi	The OLT does not receive an acknowledgement from ONUi after a set of downstream messages that imply an upstream acknowledge.	Send 3 times Deactivate_ONU-ID messages. Generate Loss_of_phy_layer_1 notification.	When the OLT receives an acknowledgement from the ONU.	–
DGi	Receive Dying-Gasp of ONUi	When the OLT receives DG message from ONUi, DGi is asserted.	Ignore received alarms from this ONU. Generate Loss_of_phy_layer_1 notification.	When the OLT receives a PLOAM message during ranging process	–

Type		Description			
		Detection conditions	Actions	Cancellation conditions	Actions
DACT	Deactivate ONU-ID	When the ONU receives Deactivate_ONU-ID Message. It instructs the ONU to deactivate itself.	Switch off the laser and go to <i>Standby</i> State. Generate Loss_of_phy_layer notification.	Reception of Upstream_Overhead message.	Enable laser.
DIS	Disabled ONU	When the ONU receives a Disable_Serial_Number message with its own serial number and the enable flag equal to 0xFF. It stays in this state even after power off.	Switch off laser. Go to <i>Emergency Stop</i> State Generate Loss_of_phy_layer notification	When the ONU receives a Disable_Serial_Number message with Enable flag equal to 0x0F or when it receives a Disable_Serial_Number message with its own serial number and the enable flag equal to 0x00.	Go to Initial State
MIS	Link Mismatching	The ONU detects that the received PST and transmitted PST are different.	–	The ONU detects that the received PST and transmitted PST are the same.	–
PEE	Physical Equipment Error	When the ONU receives a PEE Message	Generate Loss_of_physical_layer notification	When the ONU does not receive a PEE message in 3s	
RDI	Remote Defect Indication in ONU	When the OLT transmission is received with defects at the ONU. The defects include general failures of the downstream data path, including excessive bit errors (after FEC), or corrupted overheads. Single bit errors are not considered defects.	Set RDI status bit in PLOu.	When the OLT transmission defect is resolved	Clear RDI status bit in PLOu

7.1.2 ONU上检测的信号

Type		Description			
		Detection conditions	Actions	Cancellation conditions	Actions
LOS	Loss of Signal	No valid signal is received in the downstream.	Switch off laser. Generate Loss_of_phy_layer notification. Change state according to Chapter 10.	Valid optical signal.	Move to <i>Standby</i> State
LOF	Loss of Frame	When 5 consecutive invalid PSync from OLT are received.	Switch off laser. Generate Loss_of_phy_layer notification. Change state according to Clause 10.	When 2 consecutive frames have correct PSync	Move to <i>Standby</i> State
SF	Signal Failed	When the downstream BER becomes $\geq 10^{-Y}$, this state is entered. Y is configurable in the range of 5 to 8	–	Set inactive when the downstream BER is $< 10^{-(Y+1)}$	–
SD	Signal Degraded	When the downstream BER becomes $\geq 10^{-X}$, this state is entered. X is configurable in the range of 6 to 9, but must be higher than Y. .	–	Set inactive when the downstream BER is $< 10^{-(X+1)}$	–
LCDG	Loss of GEM channel delineation	When GEM fragment delineation is lost according the section 8.3.2 state machine	Generate Loss_of_phy_layer notification.	When GEM delineation is achieved	–
TF	Transmitter Failure	The ONU transmitter is declared in failure when there is no nominal backfacet photocurrent or when the drive currents go beyond the maximum specification.	–	–	–
SUF	Start-up Failure	The ranging of this ONU has failed (see ranging protocol for exact condition).	–	When ranging is successful.	–
MEM	Message Error Message	When the ONU receives an unknown message.	–	–	–

Type		Description			
		Detection conditions	Actions	Cancellation conditions	Actions
DACT	Deactivate ONU-ID	When the ONU receives Deactivate_ONU-ID Message. It instructs the ONU to deactivate itself.	Switch off the laser and go to <i>Standby</i> State. Generate Loss_of_phy_layer notification.	Reception of Upstream_Overhead message.	Enable laser.
DIS	Disabled ONU	When the ONU receives a Disable_Serial_Number message with its own serial number and the enable flag equal to 0xFF. It stays in this state even after power off.	Switch off laser. Go to <i>Emergency Stop</i> State Generate Loss_of_phy_layer notification	When the ONU receives a Disable_Serial_Number message with Enable flag equal to 0x0F or when it receives a Disable_Serial_Number message with its own serial number and the enable flag equal to 0x00.	Go to Initial State
MIS	Link Mismatching	The ONU detects that the received PST and transmitted PST are different.	–	The ONU detects that the received PST and transmitted PST are the same.	–
PEE	Physical Equipment Error	When the ONU receives a PEE Message	Generate Loss_of_physical_layer notification	When the ONU does not receive a PEE message in 3s	
RDI	Remote Defect Indication in ONU	When the OLT transmission is received with defects at the ONU. The defects include general failures of the downstream data path, including excessive bit errors (after FEC), or corrupted overheads. Single bit errors are not considered defects.	Set RDI status bit in PLOu.	When the OLT transmission defect is resolved	Clear RDI status bit in PLOu

7.1.3 SD和SF门限规定

作为GTC协议提供的性能监测的一部分，信号失效（SF）和信号降级（SD）条件通过接收端计算并且作为告警来声明。

SF和SD是通过计算一段时间内BIP违反数量和与预置门限比较得到的。清除SF和SD也是通过类似的方式，只是清除所需的BER值比进入的门限低一个数量级，例如如果SD在BER为 10^{-5} 被声明，则应在BER为 10^{-6} 时被清除。监测时间和监测门限依赖于信号速率、要求的BER和请求监测的概率。

7.2 性能监测

7.2.1 OLT上监测的项目

类型		描述	
		监测条件	动作
ERRi	ONU _i 的BIP错误	比较接收到的BIP8和计算的BIP8，如果不同则ERRi计数器加1	误差比特的数量在ERR中累计。一旦BER超过了定义的门限，则声明SD _i 或SF _i 。
REIi	ONU _i 远端错误指示	一旦ONU检测到BIP错误，它应在上行REI PLOAM消息中发送错误数量。当OLT接收到的REI _i 不为0，则值加入REI _i 计数器。	REI _i 计数器相应增加

7.2.2 ONU上监测的项目

类型		描述	
		监测条件	动作
ERRi	BIP错误	比较接收到的BIP8和计算的BIP8，如果不同则ERRi计数器加1	误差比特的数量在ERR中累计。一旦BER超过了定义的门限，则声明SD或SF告警。

8. PONMAC驱动开发

GPON MAC驱动的主要作用是屏蔽具体的PON MAC芯片和上层软件，提供统一的接口给上层软件(OMCI模块、CLI模块、WEB模块、TR069模块等)。GPON MAC驱动在整个系统中位于GPON MAC芯片和上层软件之间，是上层软件和GPON MAC芯片之间的桥梁。

位于GPON MAC芯片上的部分，提供如下主要功能：

- 1.对上层统一提供针对GPON MAC各种相关功能的配置和查询接口：
 - a)Tcont配置及查询；
 - b)Gempport配置和查询；
 - c)业务流分类规则配置及查询；
 - d)Tcont对列配置；
 - e)端口相关配置；
 - f)组播配置；
 - g)FEC功能；
 - h)性能统计相关；Gempport，ethport等等。
 - i)typeA/B/C/D保护；
 - j)告警信息上报；
 - ...
- 2.接收来自GPON MAC芯片的其他相关事件通知；
- 3.接收和发送OMCI消息，一般情况不处理，下行直接透给OMCI模块，上行直接透给OLT；
- 4.ploam消息的处理；
- ...

8.1 双芯片方案PONMAC开发示例

目前在我司GPON双芯片方案中有很多，本文以Pon芯片采用Broadlight 2348+ Switch芯片采用BroadCom公司的BCM53115方案为例，详细方案图例见图8.1，介绍一下之前的开发情况。

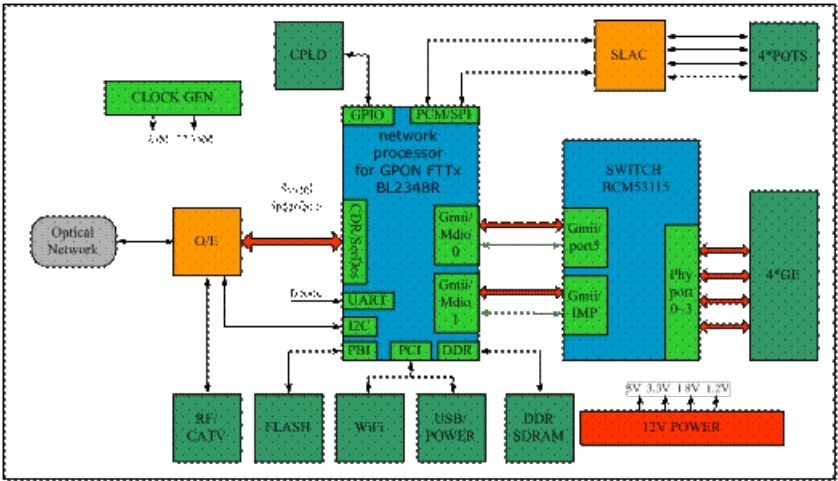


图8.1 BL2348+BCM53115工作原理框图

8.1.1 双芯片方案中PONMAC芯片介绍

BL2348芯片本身集成了GPON Mac功能。因此，与GPON Mac相关的各种功能均在该芯片中予以提供，下面具体介绍一下BL2348所集成Mac的实现原理。如图8.2所示：
图中粗的虚线所包含即为GPON Mac部分实现所涉及到的部分。

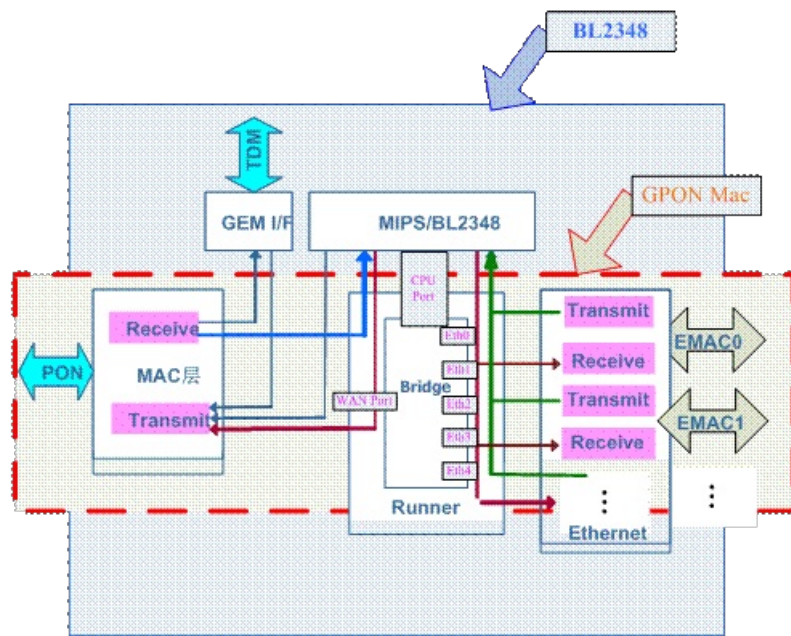


图8.2 BL2348 Mac原理图

如图8.2所示，GPON Mac实现可分为三大部分：

- ┆ Ethernet；
- ┆ Runner/Bridge
- ┆ Mac层

8.1.1.1 Ethernet:

BL2348所引出的用户口，用于接收来自用户的上行报文；该芯片最多可引出5个GMII/MII口（EMAC0---EMAC4），外加一个PCI口（接WIFI）；

- ┆ EMAC0:---GMII/MII
- ┆ EMAC1:---GMII/MII
- ┆ EMAC2:--- MII
- ┆ EMAC3:---MII
- ┆ EMAC4-- MII
- ┆ PCI接口+WIFI

当EMAC0---EMAC4同时使用时，EMAC0和EMAC1中只有一个可当GMII使用，其他口均只能当MII口；另外，仅有EMAC0和EMAC1同时使用，两个均可配置为GMII口。

8.1.1.2 Runner/Bridge：

来自用户的报文会首先进入该bridge，该bridge一共有7个接口，其中Eth0---Eth4分别与EMac0---EMac4一一对应；另外还虚拟出了两个接口：cpu 口和WAN口。

来自WAN侧的报文(下行)，从该WAN Port进入桥；来自WAN或者LAN的报文若要上Mips CPU，均经由cpu port。

该bridge用微码（Runner）实现,其内部由2个network processor共同处理进入该bridge的报文,亦可称其为Runner packet processor.该Runner对进入其中的数据包可进行各种灵活的处理.主要包括：TLS Flow Classifiacation,Broadcast Filter,IGMP Filter,Vlan Tag-level Filters,EthEype Filter,Bridging,Flow Classification,Vlan Handling,GEM-port Mapping,Qos Mapping等等。

8.1.1.3 Mac层

该部分从ONT的功能层面上讲，应属于PON核心部分。PON核心部分包括ODN接口和PON TC以及业务的复用和解复用功能。ODN接口模块对应GPON系统的物理媒质相关（PMD）层，PONT模块对应GPON系统的传输汇聚（GTC）层。GTC层包括两个子层：GTC成帧子层和TC适配子层。

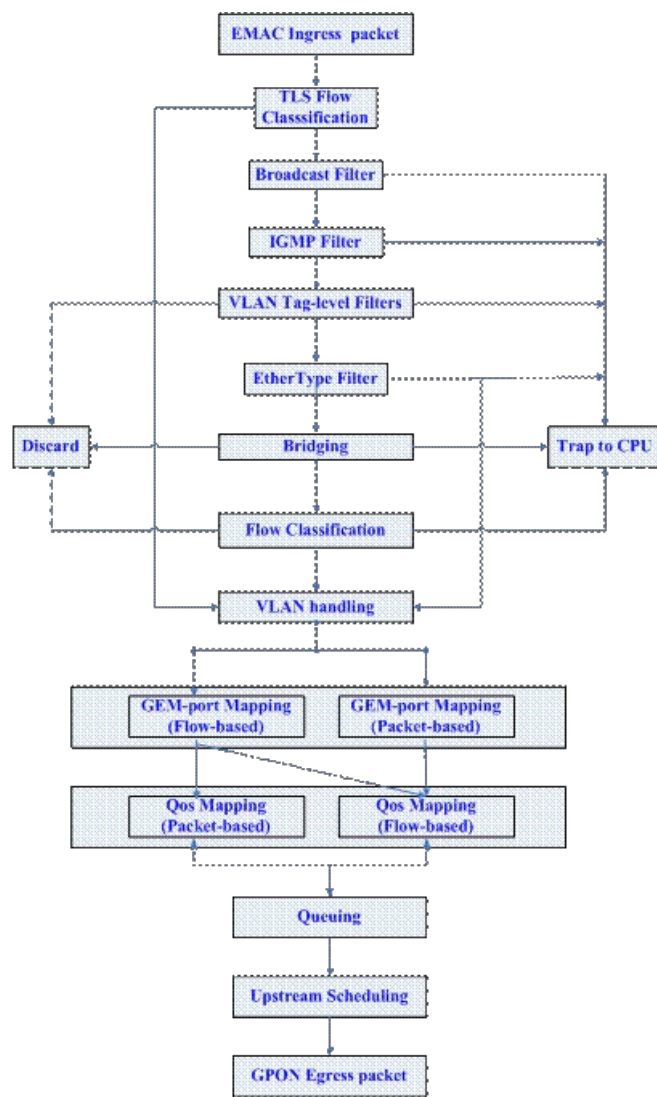
该部分主要完成前文介绍的激活/注册、DBA、下行数据加密、FEC、告警与性能监测等功能，在这边就不再赘述了。

来自用户的报文会首先进入该bridge，该bridge一共有7个接口，其中Eth0---Eth4分别与EMac0---EMac4一一对应；另外还虚拟出了两个接口：cpu 口和WAN口；

来自WAN侧的报文(下行)，从该WAN Port进入桥；来自WAN或者LAN的报文若要上Mips CPU，均经由cpu port；

该bridge用微码（Runner）实现,其内部由2个network processor共同处理进入该bridge的报文,亦可称其为Runner packet processor.该Runner对进入其中的数据包可进行各种灵活的处理.主要包括：TLS Flow Classifiacation,Broadcast Filter,IGMP Filter,Vlan Tag-level Filters,EthEype Filter,Bridging,Flow Classification,Vlan Handling,GEM-port Mapping,Qos Mapping等等。

数据走向如下所示：



图A 上行流走向

对于从LAN口、CPU Port或者WAN Port进入Runner的报文，按图A及图B所示流程进行相关处理，具体步骤如下文：

Step1: TLS Flow Classification

首先,依据当前对Runner所配置的flow classification method及具体所配置的flow classification规则，将进入runner的报文划归到各个不同flow;

同时,判断配置对应flow时，该flow的TLS_Filter Enabled flag是否有勾选；若有勾选，则满足此条件的flow会bypass所有的ingress filter和bridge stages，直接跳转到vlan handling的处理。

对于上行报文，flow的 TLS配置对来自EMAC Ports的所有traffic均生效；

对于下行报文，flow的TLS配置仅对non-IPTV flow生效。

同时，仅当配置flow classification的method是VID-based时，方能将ethernet flow配置为TLS flow

Step2: Broadcast Filter

接着，若traffic 非TLS Flow，则进入到Broadcast filter的处理环节。The Runner支持对来自上行及下行的L2广播包的filter操作,并且该操作可配置。

若使能了filter，则来自上行或下行的traffic均被trap 到CPU处理。

Step3 : IPTV Channels Filter

Runner支持两种不同IPTV Filter Method，它们分别是:MAC-DA或VID+ MAC-DA..Runner初始化时会依据不同的要求配置相应的方法.同时会创建一系列下行的IPTV GEM Flow,每个Flow对应相应的IMGP group，同时会将其配置到IPTV lookup table.

对于来自下行的IPTV Traffic，直接经由IPTV Fiter这一步处理，经过检测与匹配，若对应IPTVTraffic不属于所配置的GEM Flow,则丢弃对应的packets,若属于对应的GEM Flow,则进入下一个step处理。

注意：未被丢弃的IPTV Flows随后会依据其Mac_DA被转向相应的LAN port,当前PON Maker版本暂不支持将该报文同时转发多个不同的LAN Ports.若要达到转发到多个ports,目前暂时只能通过配置将对应的流先Trap to CPU.再由CPU向指定ports复制转发。

Step4: IGMP Filter

GPON Mac处于IGMP snooping或proxy模式下时:

1.Runner支持通过配置将来自下行的IGMP General-queried（通用查询报文）及IGMP Group-specific queries(IGMP 特定组查询报文）直接Trap 到CPU.

2.Runner支持通过配置将来自LAN Port的IGMP “Join/Leave”报文直接Trap 到CPU.

Step5: Vlan Tag Level Filter

Runner支持基于端口，对来自不同Lan port或WAN port的报文分别配置，达到依据进入报文vlan tag 属性的不同，分别做各自不同的操作。

Vlan Tag-level有如下5种属性：

untagged,single-priority-tagged,sing-tagged,double-priority-tagged,double-tagged

对应操作Action有如下3种：

Trap ,Drop,Forward

Step6:EtherType Filters

Runner支持针对特定端口对特定etherType 的报文的filter。

支持对如下三种预先定义好的etherType的报文的filter。

l PPPOE Discovery

l PPPOE Session

l IPOE

同时，最多支持三种用户自定义的etherType的报文的filter。

For example：

l Ethernet OAM

l ARP

...

Step7:Packet Bridging

Runner支持在Lan ports与WAN Port之间以桥方式进行数据包的交换。在Runner内部维护有一张Mac bridge table，该表用于存储Runner的各个端口上动态学习或者静态配置的Mac 地址，同时这些mac地址还有老化时间参数，从各个端口进入的报文依据该mac table及其它相应配置进行完成报文转发。

该表的具体维护通过调用桥管理软件所提供的API予以维护，主要通过调用如下两个API：Add_Mac_Table_Entry()，Remove_Mac_Table_Entry()，Read_Mac_Table_Entry()。

该Mac表每一个entry包含如下一些参数：

待补充

在bridging这一step，runner对进入的报文按下文描述步骤处理转发：

SA lookup Stage:

报文从某个Port进入Runner时，依据事先在该Port上是否配置SA_LOOKUP_REQUIRED，决定是否进行SA look up.

若配置了SA_LOOKUP_REQUIRED，则在Mac bridge table里搜索是否有该mac存在

(1)若不存在，则有如下三种配置：

Forward Continue with DA lookup

Drop

Send the packet to bridge manager.

(2).若存在，仍有如下三种配置：

Forward Continue with DA lookup

Drop

Send the packet to the bridge manager.

若未配置SA_LOOKUP_REQUIRED，则直接forward Continue with DA lookup.

DA lookup Stage：

依据事先在该port上是否配置DA_LOOKUP_REQUIRED，决定是否进行DA look up.

仅当某端口被配置为混杂模式（**promiscuous mode**）时，DA lookup 可以skip，但只有当bridge是单LAN和单WAN时，该端口放能配置为混杂模式。

若配置了DA_LOOKUP_REQUIRED，则在Mac bridge table里搜索是否有该mac存在，

(1)若不存在，则有如下三种配置：

Forward 仅当该端口配置为混杂模式(**promiscuous mode**),且brided是单lan和单wan 口。

Drop

Send the packet to bridge manager.

(2).若存在，仍有如下三种配置：

Forward Continue with next step

Drop

Send the packet to the bridge manager.

Forward Blocking:

Runner同时支持对桥端口之间报文是否forward的可配置，大致有如下几种情形：

1．Lan port self-forwarding generally blocked

2．LAN与WAN always allowed

3．LAN_0 与LAN_1之间 可配置。

Learning Mac Address：

Runner通过如下方式完成源mac地址的学习，从某一个port进入的报文若SA lookup failed，则直接trap到CPU（Reason UNKNOWN_SA），上层软件解析处理该报文后再调用Add_Mac_table_entry()将该MAC添加到Mac Bridge table中。

若从其他端口接收到相同的mac，则indication source moved，同时更新Mac bridge table。

Aging Process:

Runner内mac地址条目的老化由bridge management software来控制；报文进入runner后，Runner进行SA lookup，一旦成功，则会更新对应mac entry的aging bit，使其重新开始计算老化时间。

同时，bridge management software需定期检测mac entry，实时确认相应entry是否到达老化时间，若过了老化时间，则delete该entry。

当学到同一个mac地址时，runner则自动更新老化时间表。

Step8:Flow Classification Process(Upstream or Downstream)

Upstream Ethernet Flow Classification Process:

Runner支持通过配置相应的策略将上行的数据业务划分到不同的逻辑flow；

Runner主要支持按如下两个大的策略区分业务：

l Outer-VID based

Runner依据接收到报文的外层vid，创建相应的entry，依据该entry将报文映射到对应的flow-ID，报文的vid可属于[0，4095]内的任何值。

Runner最多支持配置256个vid entry，最多支持映射64条flow；

同时，Runner还需要创建2条默认flow-ID：一条用于映射untagged packets；另一条为默认flow-ID，用于映射non-matching VID的packets，若该flow-ID不配置，则该类报文被丢弃。

I Outer-VID + Inner-VID based

Runner还支持依据{outer-VID, inner-VID}的组合建立entry, 依据该entry将报文映射到对应的flow-ID。其中, outer-VID是primary key, 最多支持32个不同值; inner-VID为secondary Key, 最多支持8个不同的值;

若进入的报文是Single-tagged, 可理解为double-tagged packets with inner-VID equal to '0', 即为{outer-VID, 0}

注意:

- n 由于VID-to-Ethernet-flow mapping table size是256, 同时最多支持映射到64个不同的flow-ID。因此, 对于不使用entry, 需要及时清除掉。

- n 同时在创建对应flow时, 需同时对该flow配置vlan action、GEM mapping method、TLS_Filter_Enable等等。

Downstream Flow Classification Process:

下行方向:

Packets经由Bridging/forward process之后, 随后经由downstream flow Classification process进行处理。下行方向来自OLT进入ONU PON口的报文是分属于不同的GEM Flow的, 经由相关各步的过滤处理和桥转发处理之后, 直接从对应的Lan port转发出去。在从Lan port转发出去之前, 报文又被分成了逻辑的ethernet flows.

将下行GEM Flows再区分成不同的ethernet flows的主要目的是需要针对不同的ethernet flow做VLAN action.

将GEM Flow 划分成不同ethernet flow可按如下两种不同的规则来实现:

I GEM-flow based

GEM Flow直接与对应的Ethernet flow-ID向关联, 若选用此种规则, 则创建下行GEM Flow时, 需要对应创建与其关联的ethernet flow-ID;

此种配置方式会出现多个不同的GEM Flow映射到同一个ethernet flow的情况;

I VID based

依据下行数据流的outer tag VID将下行数据流分别映射到不同的ethernet flow ID.通过此种方式映射flow, 最多支持映射64个flow.

用户需要另外创建两个flow-ID:

- 一个flow用于downstream untagged packet的处理;

- 一个flow用于对downstream non-matching VID的packet的处理; <若该flow未予以配置, 则相关报文会丢弃>

注意:

仅当下行flow classification method选择VID-based时, 创建的downstream Ethernet flow的TLS_Filter_Enabled flag方有效;

Step 9: VLAN Handling (Upstream or Downstream)

The step of vlan handling follows the flow classification process.Runner内部包含有两个vlan action table, 每个table的entry均可灵活配置使其支持对VLAN的各种动作, 该table的大小为32个。

上行或下行方向被划分出的数据流均可通过指定与vlan table的相应entry关联, 从而满足条件的flow执行对应的vlan action.

大致支持如下集中VLAN Action:

I Add a tag(with/without TCI remarking)

I Remove the tag

I Replace the tag (with/without TCI remarking)

I Transparent(no action)

I Add 2 tags(with/without TCI remarking)

I Remove 2 tags

I Add outer tag and replace inner tag(with/without TCI remarking)

I Remove outer tag and replace inner tag(with/without TCI remarking)

当packets的vlan被修改、替代、移除、或者新增一个vlan, packets的FCS需要重新进行计算。

在上行方向, FCS的重新计算由GPON Mac的hardware完成; 下行方向, 则需要对应Lan port的hardware来实现。

Step 10: Ethernet to GEM Ports Mapping Process

在上行方向, 发向WAN port的报文最终会被映射到相应的GEM port-ID.这一步映射操作是在VLAN Handling之后执行的。映射方法比较灵活, 大致分如下两种:

I Flow-based

Runner内创建多个GEM-Flow, 并且设置划分GEM-Flow的特征是依据flow,

在前面进行flow classification时, Runner已经创建了很多ethernet flow, 将相应的ethernet flow与对应的GEM-Flow关联起来即可。

多个ethernet flow可关联到同一个GEM-Flow, 每一个GEM-Flow对应有一个GEM port-ID.

I TCI-based

Runner内部支持一个size为64的TCI-to-GEM-flow tables, 其中每一个表项都可配置8个从TCI value(0---7)到GEM-flow的映射关系。

若该映射method被选定, 则将table的其中一个entry予以配置, 达到TCI为0---7的报文分别被映射到不同的GEM-flow, 并设置不同的GEM port-ID.

同时配置将untagged报文映射到另一个GEM-flow.

Step 11: Upstream QOS Mapping and Scheduling

上行方向由WAN Port发向PON口的packets均会被放在T-cont的某一个队列中最终发送出去。

每一个T-cont可包含多个queues; 同时, T-cont支持如下三种调度模式。

- I Priority-controlled scheduling

- I Rate-controlled scheduling

- I Priority-and-rate-controlled scheduling

BI2348支持对不同的T-cont配置不同调度模式, 通过该配置可达到对不同的业务采用不同的调度模式满足用户各种复杂的个性化需求。

Priority-controlled scheduling:

当Runner配置其T-cont为该模式时, 该T-cont最多可包含8个T-cont Queues, 这些队列按照严

格优先级排列，优先级范围是0(highest priority)-----7 (lowest priority)。

在创建上行方向的GEM-Flow时，通过相应的配置达到将对应的GEM Flow映射到不同的T-cont Queues。

当GEM Flow的划分方式是Flow-based时，在创建GEM-Flow时即指定该Flow属于的T-cont及T-cont Queues。

当GEM Flow的划分方式是TCI-based时，在创建GEM-Flow时，每个GEM Flow与一个TCI对应，配置TCI-to-Priority的Mapping，依据该映射，将GEM Flow映射到对应T-cont Queues;同时指定untagged 报文应映射到的队列；

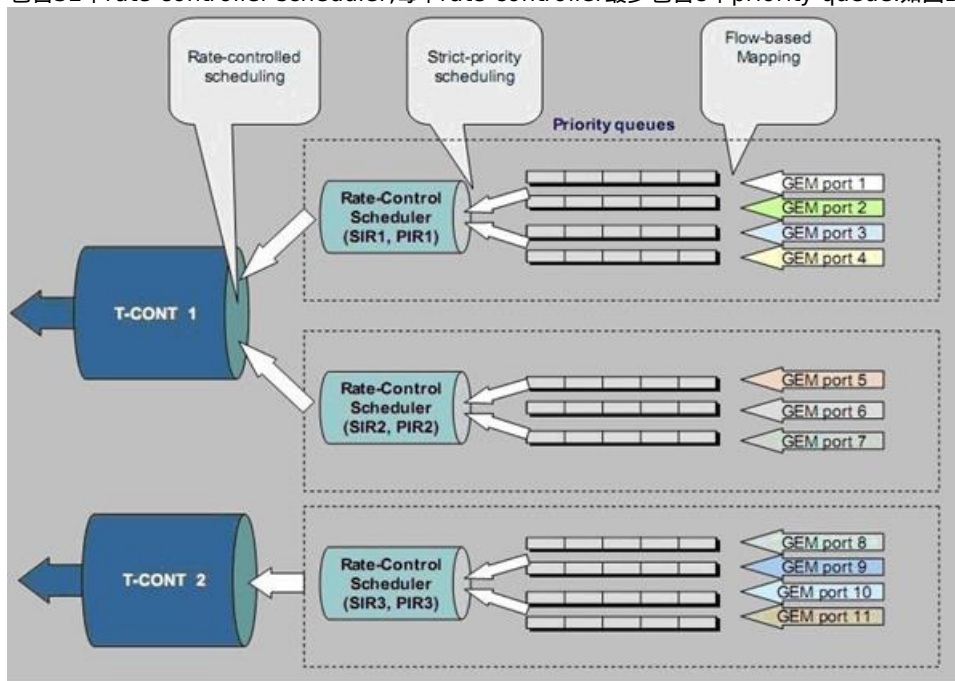
Rate-controlled scheduling:

当Runner配置其T-cont为该模式时，该T-cont最多可包含32个rate-controlled Queues,整Runner最多支持128个rate-controlled Queues。 此时，每个rate-controlled Queue仅支持映射一个GEM flow。

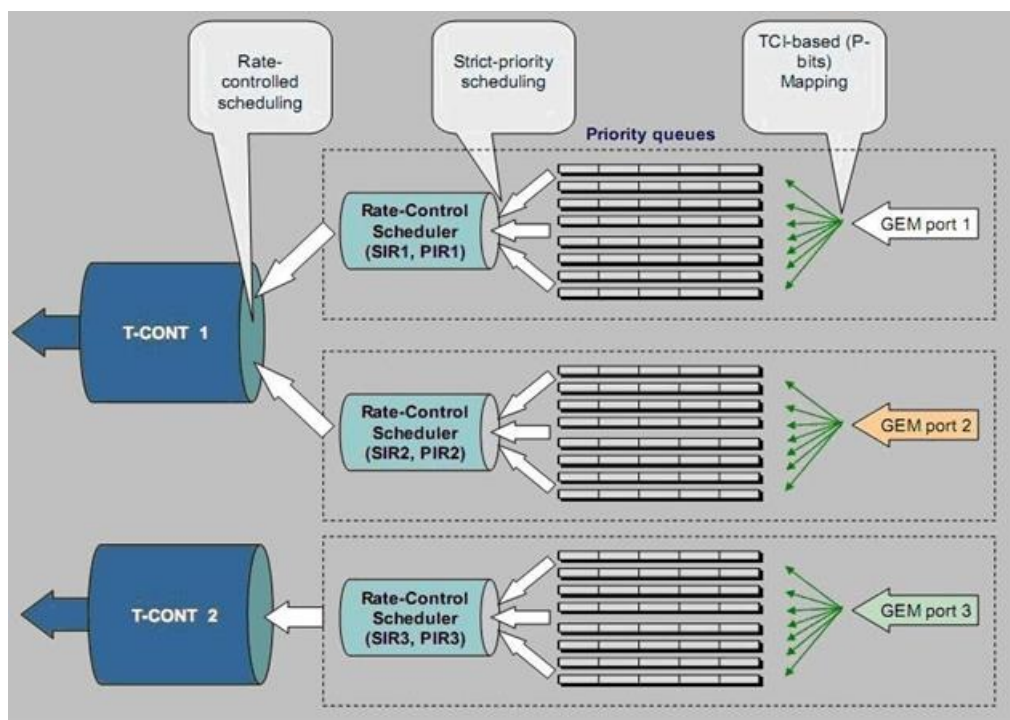
Priority-and-rate-controlled scheduling:

Runner也可配置为前两种模式的混合模式,在该模式下一个T-cont由多个rate-control scheduler组成，而每个rate-controller则又可包含多个priority-queues。

此时一个T-cont最多包含32个rate-controller scheduler,每个rate-controller最多包含8个priority-queue.如图B和图C所示：



(图B)



(图C)

两图分别对应GEM flow classification method为flow_based和TCI_based两种情形

Step12:Downstream QOS Mapping and Scheduling

Bridge每一个Lan port都包含有8个优先级队列，这些队列之间存在严格的优先级，分别从0(highest)-----7(lowest),同时各个优先级队列的相关参数可进行灵活配置。

来自下行的traffic转发到Lan port时，最终会映射到某一port的指定队列，最终发送出去。

映射方法有如下两种：

1 Downstream flow-id based

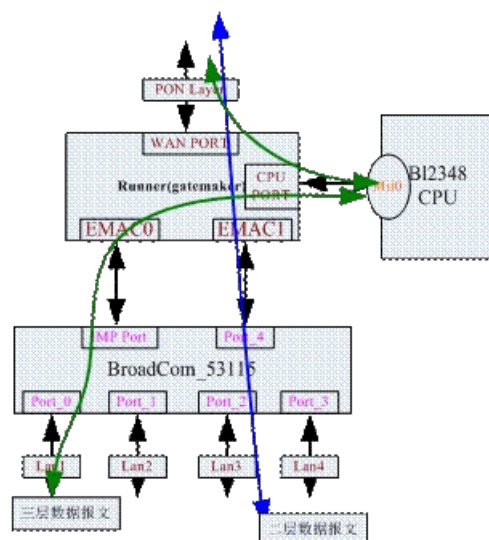
在该模式下，直接依据预先配置下行GEM flow时，该flow的priority level,将对应报文放到Lan port的指定优先级队列。

I TCI based

在该模式下，检测下行数据包的TCI字段，同时依据预先配置好的TCI-to_Priority Mapping table，将对应报文映射到指定优先级队列。对于untagged报文，依据配置的default priority level,将其映射到指定队列。

8.1.2 数据流走向

该双芯片方案支持二层功能或者三层功能，详细如下图所示：



图中蓝色线条为二层数据报文走向：

上行方向：

从Lan1---Lan4口进入的二层数据报文（目的Mac非CPU Mac的单播报文）经由Port_4从Runner的Emac1进入，不上CPU，直接从Runner的WAN Port送出到PON层；

注意：

上行方向从LAN进入的广播包要求限制从IMP Port送出，进入cpu，由cpu控制将广播包转发到WAN PORT；CPU对来自LAN的广播包禁止洪泛到其他LAN port；只向WAN PORT洪泛

上行方向从LAN进入的组播协议报文要求限制从IMP Port送出，进入CPU，由cpu控制做相应操作并转发到WAN PORT；

下行方向：

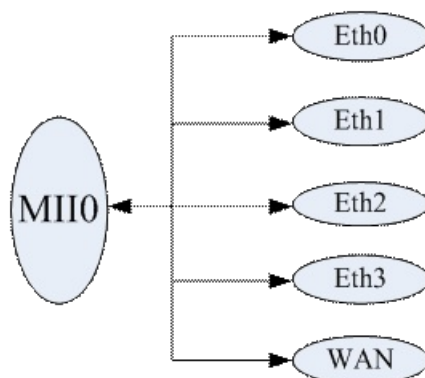
ONU接收到的报文从WAN PORT进入，二层数据报文直接从EMAC1出，进入Port_4,从Broadcom_53115的相应port送出

注意：

下行方向的广播包直接上CPU，由CPU控制向各个LAN PORT 洪泛（经由EMAC0进入IMP Port）

下行方向的组播协议报文直接上CPU，由CPU控制处理转发到不同LAN口（经由EMAC0进入IMP Port）

针对组播的处理，会增加适配层，依据端口数量虚拟相应关联MII0的net_device予以处理；具体关联关系如下：



图中绿线条为三层数据报文走向：

上行方向：

从Lan1---Lan4口进入的三层数据报文（目的Mac为CPU Mac）经由IMP Port从Runner的Emac0进入(带有相应的cpu tag)，若Runner未配置相应规则，则报文先上CPU，由CPU处理解析，将报文送出到PON Layer；同时配置Runner使得后续报文不走CPU直接由Runner处理并送出到PON Layer；

注意：

上行方向从LAN进入的广播包要求限制从IMP Port送出，进入cpu，由cpu控制将广播包转发到WAN PORT；CPU对来自LAN的广播包禁止洪泛到其他LAN port；只向WAN PORT洪泛；

上行方向从LAN进入的组播协议报文要求限制从IMP Port送出，进入CPU，由cpu控制做相应操作并转发到WAN PORT；

下行方向：

ONU接收到的报文从WAN PORT进入，三层数据报文中CPU,由CPU予以处理；若需转发到相应LAN Port，则经由IMP PORT转发到Lan Port.

注意：

下行方向的广播包直接上CPU，由CPU控制向各个LAN PORT 洪泛（经由EMAC0进入IMP Port）

下行方向的组播协议报文直接上CPU，由CPU控制处理转发到不同LAN口（经由EMAC0进入IMP Port）

8.1.3 GPONMAC在系统中的位置

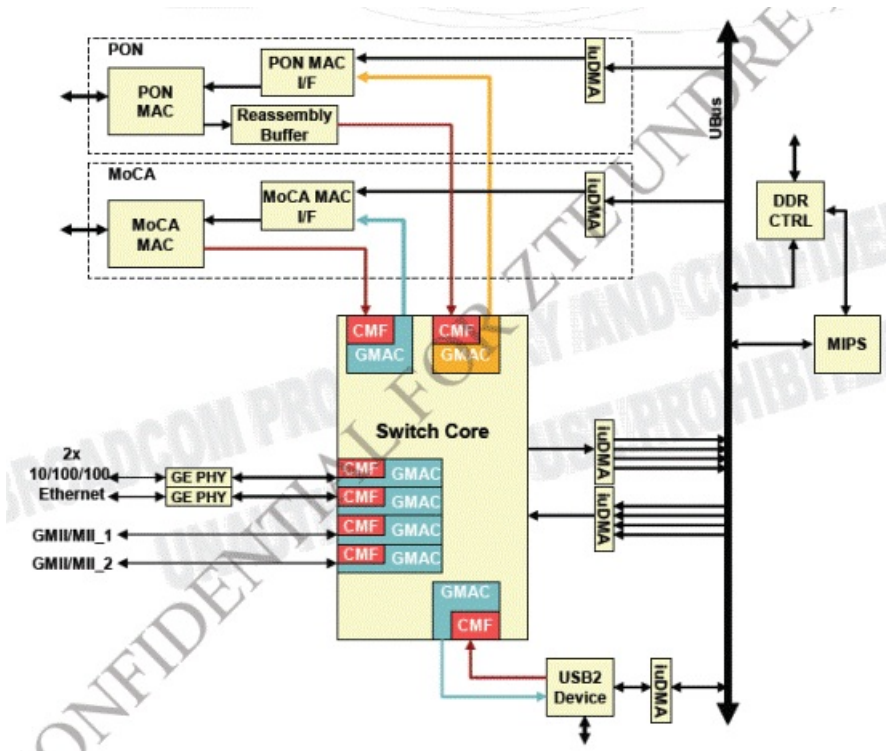


图8.5 681x芯片数据架构

从中可以看到我们常用的模块，Switch Core，Pon Mac，MIPS 另外还有soc芯片特有的一个功能CMF（Classification/Modification/Forwarding）该模块负责对报文进行分类，转发以及修改，可谓是SOC芯片的核心部分，从功能上来将相当于switch中的ACL功能，但是做为一个单芯片里面的强力引擎，它具有的功能要比ACL强大和丰富。CMF相当于一个桥梁将switch和ponmac二者贯穿起来，详细见图8.6所示。

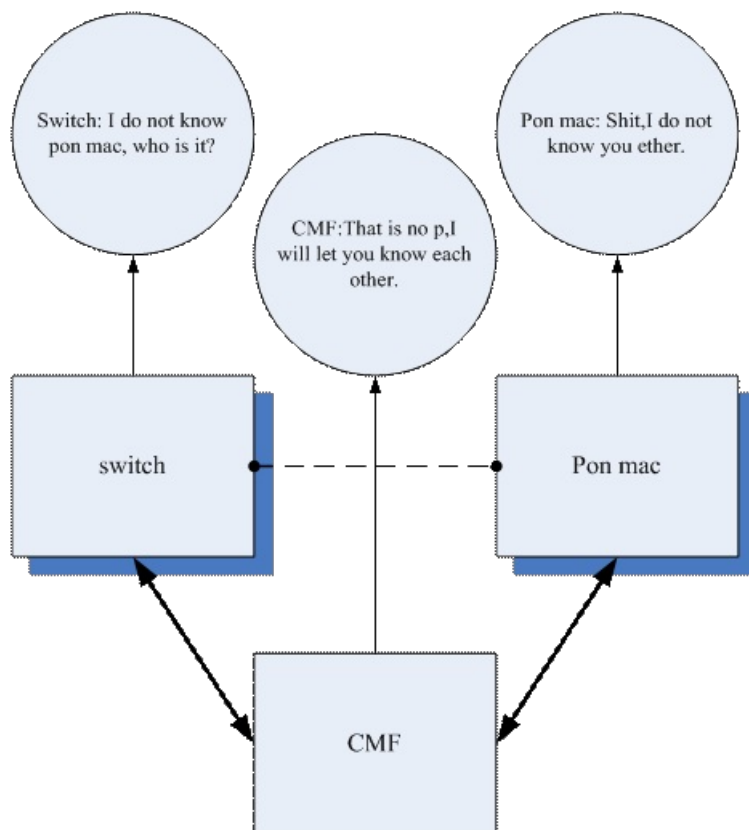


图8.6 CMF的桥梁作用

8.2.1 同双芯片产品的对比

双芯片方案，是指通常意义上包含单独的switch和pon mac的方案，这中方案每个片子由不同的厂家生产，其最大的缺点就是互相之间缺乏通信的机制，也就是说ponmac并不知道这个报文是从switch那个口来的，switch也不知道这个报文是从pon mac的哪个gemport来的。因为所有有关这种业务的需求都很难实现，甚至无法实现。

比如2个典型的实例：

- 1.上行不同端口相同vlan报文，要在pon mac做不同的动作，并且映射到不同的gemport
- 2.下行不同gemport下来的相同vlan报文要在switch做不同动作。

单芯片方案就可以完美的解决上述2个问题，一条CMF规则可以知道从用户端口到gemport的所有信息。

任何事物都有其两面性，双芯片的switch和pon mac的相对独立，恰恰也有其独特的优点。

Switch上行来的流，可以先由switch决定其转发，只有当该流转到了与pon mac连接的口，其后pon mac才可以对其进行控制。

单芯片则不然，从switch端口来的流默认是指定要pon侧的。这个往往就会影响到lan到lan以及lan到cpu的转发。

同样，我也列举2个例子：

1.lan到lan的转发，一旦该端口配置了上行lan到pon的转发规则，那么lan到lan的转发就会收到影响，因为该端口同时会配置一条不匹配CMF丢弃的规则，也就会丢弃这种lan - lan转发的报文。这个也是我们目前单芯片方案暂时很难解决的问题。

2.lan到wifi的转发，由上所述依然会影响到对于这种lan - wifi的转发。

下图是对于wifi 流丢弃的简单描述

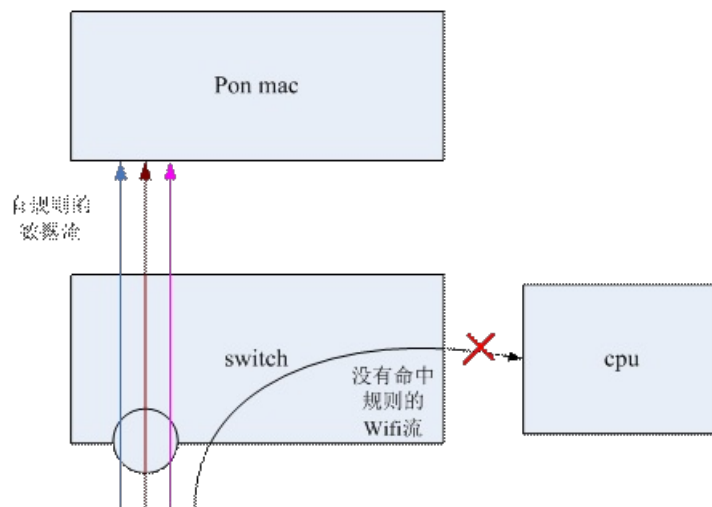


图8.7 wifi由于没有命中上行规则丢弃

8.2.2 驱动与其它模块之关系

清楚了我们所要开发的部分，还要弄清楚我们和谁有关系？

我们驱动不是独立的，必须和其它模块协作才能完成整个onu的功能。和我们有直接关系的可以看到是管理模块，omci以及linux网络协议栈。

其中芯片驱动对上封装的接口是面对管理模块，管理模块会在对上层如omci统一封装一层接口。以太网驱动对OMCI来说主要是提供omci消息交互的通道，对网络协议栈主要是将收到的报文改为正确的设备信息送到上层，并且对协议栈来的报文根据发送设备信息转发到正确的外层端口。

以太网驱动介于收报中断和内核网络协议栈之间，负责对收发报文进行信息提取，设备标识，转发控制等。这个具体作用是由产品决定的，不同的产品对这个的功能需求不一样。

拿pon sfu/hgu 产品来说，我们需要以太网驱动：

对收报报文提取入口信息，标识lan侧eth设备还是wan侧设备。并且对不同的报文做不同的控制，有些需要copy几分，有些则要丢弃。

对发送的报文要根据协议栈指定的设备信息送到对应得外层端口，并且根据上层omci配置信息对报文做必要的业务修改，比如更改vlan和优先级。

简单的描绘下以太网驱动的作用，如图8.8所示，详细的会有其它文档说明。

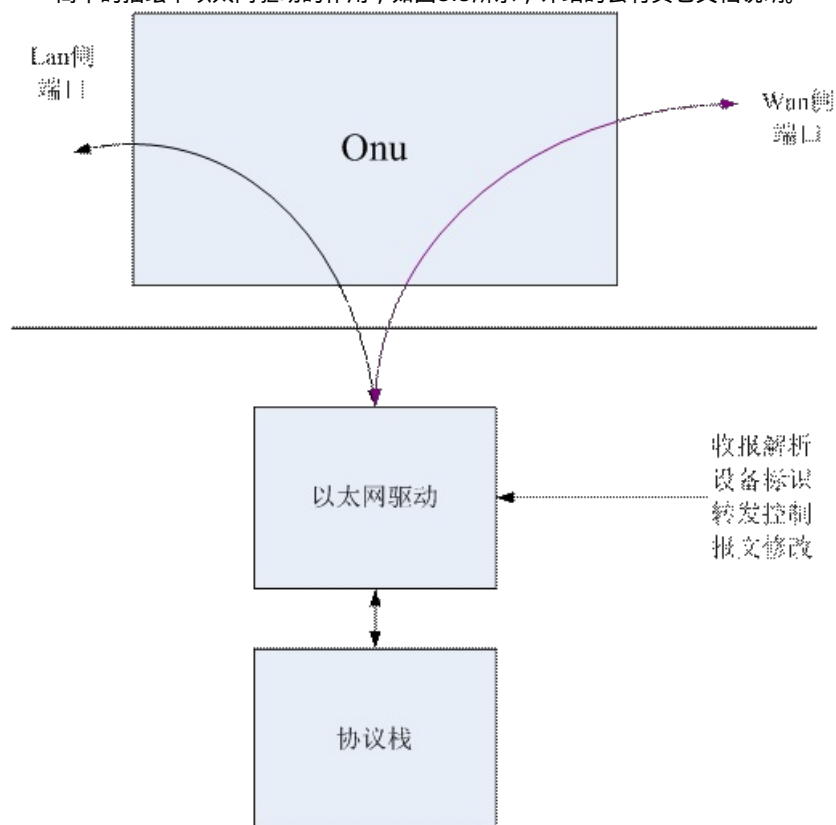


图8.8 以太网驱动简示

以太网驱动现在已经模块化，针对不同的芯片做些简单的适配即可。从功能上来讲，可以说它是独立与具体芯片的。

但是芯片驱动却是和芯片息息相关，这个也是该文档描绘的重点。

之前所述芯片驱动主要是switch和pon mac。虽然该片文档描述的是单芯片方案，但是我们开发的时候还是要分switch和pon mac开发，另外还有单芯片独立出来的一个模块CMF。

Switch驱动：

由于CMF模块的出现，switch本身的多数功能游离出来，放在了CMF模块去实现，因此switch的主要作用也变为了对外提供扩展的lan口。那么其功能也主要是端口相关的控制。包括端口速率设置，端口限速，端口统计，端口环回，端口的vlan配置等等。

在681x芯片里面vlan功能也被进一步弱化，所有的vlan修改动作移动到了CMF模块，switch主要是启用了一个大意上的8021q的vlan功能。该功能可以保证芯片学习的地址是mac + vlan的，转发也基于mac + vlan（681x处于业务实现需求，转发只基于mac）。由此可见switch功能相对简单了，其主要集中在端口部分和地址表查找转发控制。

Pon mac驱动：

Pon mac驱动只负责gpon标准的交互，也就是gpon协议层的实现，比如gempport映射，上行q的调度，gpon7个状态的注册控制，以太帧和gem帧之间的转换，带宽上报等等。

Pon mac也不具备对报文的业务修改功能，其功能十分单一，只关注标准实现。

以上2方面的具体介绍，会有相关文档提供，我在这里不做详细介绍了。

CMF驱动：

这个做为soc芯片特有的东西，和switch的acl功能类似，但又不同，功能更强大，适应性能强，同时也具备acl所没有的gempport，tcont信息。下面重点介绍下这个部分。以下是结构框图。

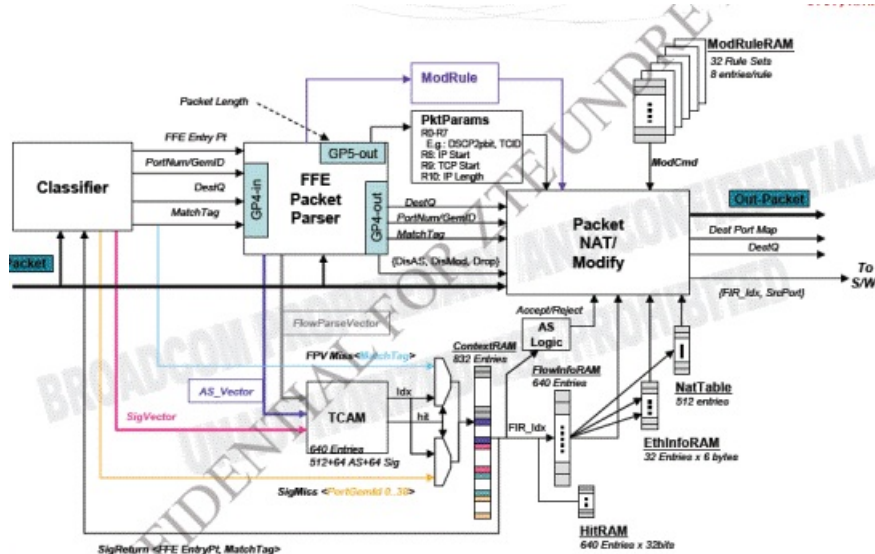


图8.9 结构框图

图8.9是一个芯片内部的完整实现方式，是非常复杂的。此文只能大概介绍下几个主要模块的功能

Classifier 顾名思义是个分类器，对报文做一层基本分类，比如含有几层vlan，是ip协议还是pppoe协议。并且将报文的一些关键偏移的值输出到TCAM。

FFE 是对输入的报文按照模板解析，将所有字段的值都保存在一个向量表里面。

TCAM 根据Classifier 和 FFE的结果 查找内存的规则，并且将查找的结果分成各个部分输出到Packet Modify 模块

Packet NAT/Modify 是最后对报文实施修改动作和控制转发的地方。其输入来源于前面3个模块的结果。

CMF处在switch之前，所有的报文经过CMF第一道处理后，进入switch，因此switch学习到的地址信息是修改后的信息。

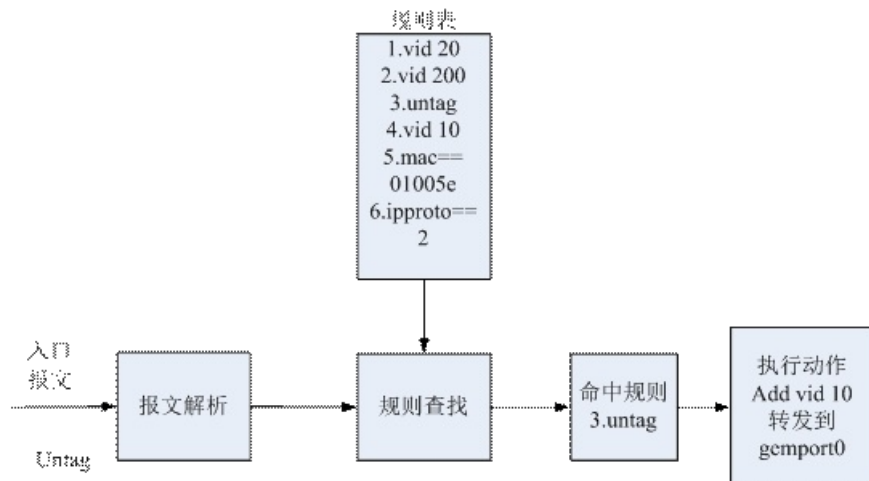
进入switch后可以选择是否根据switch的ARL表转发或者直接根据CMF规则来转发。

CMF用一句话概括就是：“把用户配置的报文规则保存下来，对入口报文解析，进行规则查找，查到就执行用户配置的动作”，动作包括转发端口，修改信息等等。

所以你可以认为CMF能在支持的范围内对报文做任何程度的修改，也就是可以实现我们所需要的各种vlan修改业务以及NAT等。

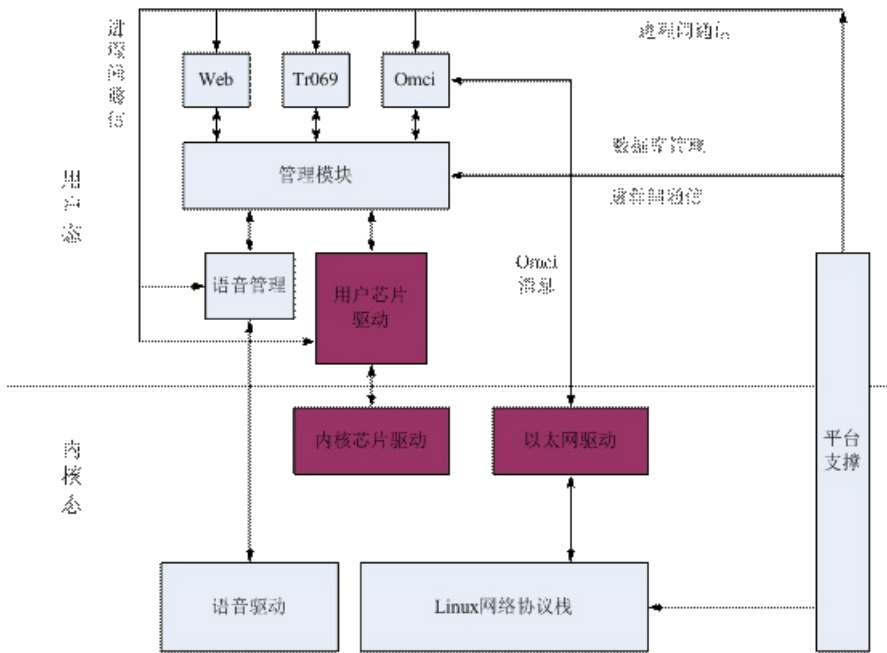
举一个简单的例子：

在port0，上行 untag报文 + 一层vlan 10，到gempport 0



8.3 开发步骤

开发是一个说难不难，说简单不简单的工作，第一次做开发的时候，你可能不相信自己能把这么一个完全陌生的芯片给驱动起来，单板能因此而注册，能跑通流。其实只要你遵循一定的开发步骤，搞定一个芯片并不困难。
要开发首先要清楚我们要开发什么，拿681x举例，其包含如下软件模块：



其中紫色部分是我们驱动人员需要关注的部分。驱动部分之所以分为用户驱动和内核驱动是由于有的芯片驱动提供的是内核驱动接口，而有的提供的是用户驱动接口。

清楚了我们所要开发的部分，还要弄清楚我们和谁有关系？
我们驱动不是独立的，必须和其它模块协作才能完成整个onu的功能。和我们有直接关系的可以看到是管理模块，omci以及linux网络协议栈。
其中芯片驱动对上封装的接口是面对管理模块，管理模块会在对上层如omci统一封装一层接口。以太网驱动对OMCI来说主要是提供omci消息交互的通道，对网络协议栈主要是将收到的报文改为正确的设备信息送到上层，并且对协议栈来的报文根据发送设备信息转发到正确的外层端口。
做为一名驱动开发人员，首先必须熟悉自己芯片的架构，清楚芯片的功能实现，
要知道实现一个功能，需要配置哪些寄存器，调用哪些厂家API。
要做到芯片看过去就是一个透明的，这样才能了熟与胸，对各种需求能首先确定芯片是否支持。
一般厂家都会给demo板，那么我们的任务就是根据寄存器手册，API手册，先在demo板上把基本功能调通，如果给你的时候功能都是能用的，那么你很幸运，就要借此机会熟悉各个功能的配置方法。
当你把芯片基本的情况都了解后，你就要开始想这款产品数据流怎么走？怎么控制了？这个是我们驱动要做的，通常这个问题也是比较困难的，不能一次全部考虑周全。但是我们必须要做这一步。
同时呢，我们需要和上层确定各个功能的接口，要开始基本的编码了。这个过程会贯穿始终。按照基本功能到复杂功能，先简后繁来一步步做。
要知道很多事情是并行的，而不是串行的。这个时候应该一个基本雏形的版本出来了。
那么我们要做的就是把这个版本下到demo板，调出基本功能。
基本功能：
对我们驱动来说，首先就是要注册上OLT，并且通过自己的测试命令将数据流发通。
紧接着就要配置wan连接调试人员把wan连接调通。和以太网驱动人员将ping包调通。
如果以上你都做到了，ok。你已经向成功迈进了一大步。
接下来就是最繁琐，最耗费时间的东西。
和上层一起联调各个功能，不断反复的调试自己的驱动功能，推敲数据流走法，尝试各种未曾尝试的芯片功能。这个过程通常要持续2到3个月，一直到产品系统测试。
这段时间你会很忙碌，因为驱动是根本，驱动不通，啥都不通。所以我们的担子是很重。这段时间过去了，你也就算对这个芯片有了比较全面的认识。
后续就是稳定功能，查找bug，应付多轮的系统测试和商用测试。
这就是一款产品的开发步骤。一句话：酸甜苦辣凝聚其中。

8.4 调试经验

我一直在想这个部分怎么写。调试经验大家都会有，很多文档都会提到这个部分。我就写一点吧。相信你应该可以从中得出点什么。
我们要怎么做呢？——多沟通（与各模块人，与厂家），多想（怎么实现），多问（问人，为什么这样，问十万个为什么）。
我们的目标是什么？——没有蛀牙（bug）
最后写一句话：
不要放过任何一个问题，不要有任何模糊的概念。问题瞒得了一时，瞒不了一世。

8.5 成长秘笈

古人说过：罗马不是一天建成的。做驱动，不管是PONMAC或者是别的模块，也不会在一天之后就突然从菜鸟到高手了。这有一个循序渐进的过程，只有量变到了一定的时候才能有质变。本文的目的只是让读者对GPON的PONMAC有一个大体的了解，如果要真正想成为PONMAC的专家，还是要潜心去读英文原文的GPON的G984一族的标准，做到真正的吃透标准，在别人问你问题的时候，才能做到胸有成竹，成为别人可以信赖的伙伴。