

GPON SYSTEM OMCI PROTOCOL DESIGN AND IMPLEMENTATION

A Master Thesis Submitted to

University of Electronic Science and Technology of China

Major: **Master of Engineering and
Communication Engineering**

Author: **Wang Xueren**

Advisor: **Associate Professor Ma Lixiang**

School: **School of Communication & Information
Engineering**

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得电子科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

作者签名：_____ 日期：____年__月__日

论文使用授权

本学位论文作者完全了解电子科技大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权电子科技大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

（保密的学位论文在解密后应遵守此规定）

作者签名：_____ 导师签名：_____

日期：____年__月__日

摘 要

无源光网络(PON)打破了传统的点到点解决方法且无源节点的应用,降低了铺设和运行维护的成本,易于升级。与 ATM 无源光网络(APON)和以太网无源光网络(EPON)相比吉比特无源光网络(GPON),具有高效率、高带宽利用率、支持多业务的透明传输、保证高效的服务质量、对电信级别网络进行有效监测等优点,有着广阔的发展前景。

由于 GPON 的光网络终端(ONT)靠近用户部署,且数量大、站点分散,运营维护成本高,现场维护困难,因此为 GPON 网络提供一个有效的终端远程管理系统显得尤为重要。综合考虑管理成本、系统的开发,技术成熟度及网络部署等因素,本文选择 ONT 管理控制接口(OMCI)管理框架设计并实现了终端管理系统。本文主要工作和内容如下:

1. 综合分析了 GPON 系统的控制管理平面、体系结构、OMCI 协议,对本文 GPON 系统的软件架构和硬件平台进行了说明。再结合 GPON 系统的结构和特点,提出了 GPON 终端管理系统的总体设计方案,包括系统模块框图及数据处理流程。

2. 根据系统要求,设计并实现了 OMCI 管理信息库(数据库)。基于数据库稳定、快速及兼容性的要求和嵌入式 Linux 系统的特点,本文选择嵌入式 MySQL 关系数据库管理系统开发 OMCI 的数据库。依据 OMCI 消息数据结构特点,设计了数据库的数据表;并使用 MySQL 的 C 接口函数实现了对数据库进行创建、删除、查询和修改功能的数据库接口。

3. 详细设计了 光线路终端(OLT)及 ONT 端的终端管理系统的软件和进程结构以及各个子模块的数据处理流程,并在嵌入式 Linux 系统下完成了终端管理系统的程序开发。具体包括 光线路终端(OLT)管理命令的注册和处理模式设计;OMCI 消息的交互及超时重传机制的实现;配置、性能、告警三大管理功能的实现。

4. 对 GPON 终端管理系统功能进行测试。在开发的 GPON 原型机上运行终端管理程序,通过在 光线路终端(OLT)设备的控制终端输入命令,验证了系统的配置、性能、告警三大管理功能,实现了对 ONT 的远程管理维护。

关键词: GPON, OMCI, ONT, 终端管理, Linux

ABSTRACT

PON (passive optical network) breaks through the traditional solution from point to point on only optical access network and passive node involved, so it costs lower in easy and operation to upgrade. Compared with (ATM Passive Optical Network) APON and (Ethernet Passive Optical Network)EPON, (Gigabit-capable Passive Optical Network) GPON is more promising technology for the realization of broadband access network due to its high-speed, high-efficiency, supporting transparent transmission for multi-service, being able to fully utilize bandwidth, and ensuring excellent quality of service, and so on. Therefore, GPON has bright prospects.

GPON ONT (optical network terminal), which are numerous and scattered, need to be placed close to users. Therefore, its on-site maintenance is difficult and costs high. Thus, an effective terminal remote management system is particularly important for GPON. Comprehensive consideration of the system development, management cost, technology maturity and other factors, the terminal management system based on ONT management control interface protocol has been developed in this paper. The following is main research work:

1、Researching and analyzing GPON system structure, control and management plane, and OMCI (ONT Management and Control Interface) protocol; explaining hardware platform and software architecture of our researching GPON system; designing the GPON terminal system software structure which includes the system module diagram and data processing in combining our GPON system structure and characteristics.

2、According to the requirements for the system, OMCI MIB (management information base) has been designed and realized. In view of the requirements of stabilization, speediness and compatibility and characteristics of embedded Linux system characteristics, embedded MySQL relational database management system was selected to develop OMCI MIB database in our research. MIB data table has been designed by utilizing OMCI information data structure. Moreover, the database interface which is with function of creation, deletion, inquiry and modification for the database has also been realized by using MySQL C interface functions.

3、The software, the process structure, and the data process for each child module of OLT and ONT terminal management system have been detailed designed, and the terminal management system program has been developed based on embedded Linux system, which includes the registration of OLT management command, the design of processing pattern, the realization of OMCI news interactive and overtime retransmission system, and the realization of configuration, performance and alerting management.

4、Test GPON terminal management system function; Execute the terminal management program on GPON prototype; validating the three management function of configuration, performance, and alarm by inputting commands into the controlling terminal of OLT devices; realizing remote maintenance for ONT.

Keywords: GPON, Linux, OMCI, MIB, ONU

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 GPON 的发展和现状	1
1.2 本论文的内容和结构安排	4
第二章 系统需求总体分析	6
2.1 GPON 技术概述	6
2.2 GPON 系统硬件运行平台介绍	7
2.3 GPON 系统软件运行平台介绍	10
2.4 GPON 管理控制平面架构介绍	12
2.5 本章小结	13
第三章 协 议 分 析	14
3.1 OMCI 协议分析介绍	14
3.2 OMCI 帧结构分析	15
3.3 OMCI 实体管理	16
3.4 本章小结	18
第四章 协议实现方案设计	19
4.1 OLT 系统总体设计	19
4.1.1 软件结构设计	19
4.1.2 程序设计	20
4.2 OMCI 协议管理模块设计	22
4.2.1 OMCI 消息的封装和解析	22
4.2.2 OMCI 消息的发送和接受	24
4.2.3 OMCI 消息的重传机制	26
4.3 配置管理模块设计	29
4.3.1 端口配置	30
4.3.2 基本业务配置	31
4.3.3 组播功能配置	33
4.4 性能管理模块设计	34
4.5 告警管理模块设计	34
4.6 本章小结	35

第五章 协 议 实 现	36
5.1 软件程序结构设计	36
5.1.1 软件结构设计	36
5.2 OMCI 帧结构实现	37
5.3 配置管理实现	40
5.4 性能管理实现	43
5.5 告警管理实现.....	43
5.6 数据管理实现	44
5.7 本章小结	45
第六章 测试与分析	46
6.1 测试环境的搭建	46
6.2 GPON 基本业务的测试	47
6.3 ONT 离线配置测试	51
6.4 ONT 组播配置测试	52
6.5 QOS 测试	56
6.6 告警功能测试.....	58
6.7 本章小结.....	59
第七章 结 论	60
致 谢	61
参考文献	62

图目录

图 2-1 GPON 组网图	错误!未定义书签。
图 2-2 华为 MA5680T 机器图	错误!未定义书签。
图 2-3 SCUN 单板模块框图	错误!未定义书签。
图 2-4 GPON 软件架构	错误!未定义书签。
图 2-5 GPON 管理平面图	错误!未定义书签。
图 3-1 OMCI 参考模型	错误!未定义书签。
图 3-2 帧结构图	错误!未定义书签。
图 4-1 OMCI 软件架构图	19
图 4-2 OMCI 消息帧封包格式	错误!未定义书签。
图 4-3 OMCI 消息处理机制	错误!未定义书签。
图 4-4 OMCI 接受消息	错误!未定义书签。
图 4-5 发送 OMCI 消息	错误!未定义书签。
图 4-6 发送通知信息	错误!未定义书签。
图 4-7 发送信息重传	错误!未定义书签。
图 4-8 接受信息重传	错误!未定义书签。
图 5-1 进程结构	错误!未定义书签。
图 5-2 配置管理流程图	错误!未定义书签。
图 6-1 测试环境	46
图 6-2 ONT 基本业务开通测试 OLT 配置图	48
图 6-3 ONT 信息查询结果图	49
图 6-4 业务配置具体流程	50
图 6-5 离线配置前 ONT 的以太网端口 VLAN 图	51
图 6-6 ONT 离线以太网端口 VLAN 配置图	52
图 6-7 ONT 离线以太网端口 VLAN 配置结果图	52
图 6-8 ONT 组播配置测试组网图	53
图 6-9 ONT 组播配置测试结果图	55
图 6-10 注册信息显示	56
图 6-11 QOS 流量测试图	57
图 6-12 告警信息显示	58

表目录

表 3-1 GEM adapter 中的帧格式 15

表 3-2 GEM header 的格式 15

表 3-3 Message Type 的结构 16

表 4-1 OMCI 消息帧格式 25

表 4-2 所有的 OMCI 消息类型定义25

表 4-3 端口配置命令32

表 4-4 OMCI 消息帧格式 34

表 4-5 所有的 OMCI 消息类型定义35

表 6-1 ONU 数据规划表49

表 6-2 流量模板关键参数说明 57

缩略词表

英文缩写	英文全称	中文解释
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FTTB	Fiber To The Building	光纤到大楼
FTTC	Fiber To The Curb	光纤到路边
FTTH	Fiber To The Home	光纤到户
GEM	Gigabit-capable Passive Optical Network Encapsulation Method	吉比特无源光网络 封装模式
GPON	Gigabit-Capable PON	千兆无源光网络
GTC	Gigabit-capable passive optical Network Transmission Convergence	千兆无源光网络传输 汇聚层
IPTV	Internet Protocol Television	交互式网络电视,
MIB	Management Information Base	管理信息库
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式
CIR	Committed Information Rate	承诺信息速率
CLI	Command Line Interface	命令行接口
DBA	Dynamic Bandwidth Assignment	动态带宽分配
EPON	Ethernet PON	以太网无源光网络

缩略词表

T-CONT	Transmission Container	传输容器
VCI	Virtual Channel Identifier	虚通道标识符
VID	Virtual Local Area Network Identifier	虚拟接入网络标识
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟接入网
ONT	Optical Network Terminal	光网络终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
PLOAM	Physical Layer Operations, Administration and Maintenance	物理层操作管理维护
QoS	Quality of Service	服务质量

第一章 绪 论

进入 21 世纪以来，全世界宽带接入网业务进入了大发展阶段。我国宽带接入网业务在近两年发展也十分迅速，全球当前主要应用的宽带接入技术有 xDSL、MSTP、LAN 以及传统专线接入等。以 ADSL 为代表的宽带接入技术虽然基本解决了数据接入的问题，但靠出租带宽的宽带运营战略，随着上网用户流量的增加（如 P2P 等应用），运营商的宽带接入与业务发展进入了“平台期”，甚至出现每比特收益&宽带 ARPU 迅速下降，陷于收入增长低于成本增长的怪圈。对于运营商而言，只有进行宽带接入网改造，以及细分客户群进行多业务转型，才能驱动宽带收益的提升，“TriplePlay”等多业务将成为运营商获得宽带新收入的关键。宽带接入网改造以及多业务转型，要求接入设备具有基于统一网络承载多业务的能力，并满足不断增长的带宽需求。DSL 技术由于受带宽和接入距离限制，已逐渐无法满足需求。PON（无源光网络）宽带技术具有高带宽、广覆盖、单纤接入、接口丰富以及综合业务接入能力等优势。PON 系统的引入，不但可以大大提升商业用户的接入速度以及综合业务提供能力，并且能够提供足够的业务质量保证。对于家庭用户而言，除了速度的提升，一根光纤可以提供语音、视频和数据业务。同时由于光纤本身的高度稳定性，有效降低运行维护成本，从而帮助运营商实现接入网建设的“一劳永逸”。

1.1 GPON 的发展和现状

近年来，随着电信业向高带宽、高质量的综合信息服务的发展，电信的传统接入方式已经很难适应各种高宽带业务的需求，电信用户接入网必须向宽带化、高速化、智能化、综合化的方向发展。光纤接入方式（FTTx）作为未来最具前景的宽带接入网方案，近来光纤接入方式在技术研究、标准制定、设备开发和规模部署等方面都获得了长远的发展。在现有的光纤接入方式 FTTx 技术中，无源光网络(PON)技术采用光纤为传输媒质，具有高带宽、传输距离长、方便等优点，光传输分配网络中仅包括光分束器和光纤等无源光器件，相比 FTTx 接入技术具有低成本、组网灵活等优势，同时点对多点的网络拓扑结构更适合多用户的汇聚。

无源光网络(PON) 技术的概念最早提出是在 20 世纪 90 年代初，最初的无源光网络(PON) 是一种窄带接入技术，是一种基于 TDM 的接入方案，由于无源光网络(PON)性价比较低而未能得到广泛应用；随后出现的是基于 ATM 的 APON 技术，尽管标准比较完善，但 APON 的协议过于复杂且不能提供高速率的

接入,因此也逐渐被淘汰。目前被广泛应用 PON 技术是以太网无源光网络(EPON)和吉比特无源光网络(GPON),尽管以太网无源光网络(EPON)技术具有以太网的低成本等优势,但其在保证多业务的服务质量、对电信级别网络的运维及业务管理等方面仍存在一定不足。针对上述无源光网络(PON)技术的发展中存在的问题,全业务接入网论坛(FSAN)在 2002 年 9 月提出了吉比特无源光网络(GPON)的接入网方案,该方案支持吉比特高速率的数据传输,同时还具有高效率、支持多业务的透明传输、组网方便、能保证明确的服务质量、对电信级别网络进行有效监测等优点。2003 年 3 月 ITU-T 颁布了描述吉比特无源光网络(GPON)总体特性的 G.984.1 T-REC-G.984.1-200303-I 标准和描述物理媒质相关子层(PMD)的 G.984.2 T-REC-G.984.2-200303 标准,2004 年 3 月和 6 月又发布了描述传输汇聚层(TC)的 G.984.3 T-REC-G.984.3-200803-I^[1]标准和用于对光网络终端(ONT)进行管理控制的 G.984.4 T-REC-G.984.4-200802-I^[3]标准[3-8]。

自 2004 年起,ITU-T 的 SG15 和 Q2 工作组同时开始研究吉比特无源光网络(GPON)向下一代 NGPON 演进的技术路线和方案;2007 年 11 月,Q2 正式确定了 NGPON 的演进路线和方案,并提出代 PON 技术的发展目标为:低成本、广覆盖、高容量、方便、高互通、全业务,该标准化路线将 NGPON 发展划分为两个阶段:一个是与现有吉比特无源光网络(GPON)系统共存、利用吉比特无源光网络(GPON)光分配网(ODN)建立 NGPON1 的阶段;另一个是重新规划建立 ODN 的 NGPON2 阶段,现指的 10G GPON 属于 NGPON1,也可称为 XG PON,对应标准为 G.987 系列,其中非对称系统即上行传输速率为 2.5Gbit/s,下行传输速率为 10Gbit/s 称为 XG-PON1,对称系统即上下行速率均为 10Gbit/s,称为 XG-PON2;另外,ITU-在现有的管理控制接口协议(OMCI)G.984.4 T-REC-G.984.4-200802-I^[2]的基础上,进行修改延伸扩充,形成 G.988(G.988.1)标准,主要是重新整合了 OMCI 的相关资料,并加入新的业务模型,以此作为 ITU-T 进行光接入系统终端管理研究的基础标准。

目前,XG PON1 的研究已经取得较大进展,2010 年 6 月召开的 ITU-T SG15 工作组会议通过了关于 10G 吉比特无源光网络(GPON)的系列标准,与现有的吉比特无源光网络(GPON)与以太网无源光网络(EPON)标准相比,10G 吉比特无源光网络(GPON)具有更高的传输速率和分光比,可以从现有的吉比特无源光网络(GPON)技术平滑演进,延续了支持全业务运维的能力,并在大分光比的 FTTH、移动基站回传、企业级的客户应用、电信等方面,进行了更细致的规划。同时 10G GPON 标准的出台,也促进了吉比特无源光网络(GPON)产业链的发

展：运营商方面，美国的 Verizon 公司、西班牙电信、巴西电信、法国电信、德国电信、中国移动等运营商都积极对 10G GPON 技术可行性进行了测试；设备制造商方面，爱立信、阿尔卡特朗讯、华为、中兴等主流厂商已先后推出了 10G GPON 的样机，光模块厂家 Neophotonics、Hisense、优博创等也推出了满足相应标准的光模块；芯片厂商方面，PMC-Sierra、Broadcom、BroadLight、海斯等芯片制造公司也都在积极开发相应芯片，由此可见 10G 吉比特无源光网络（GPON）的产业链已经初步完成，使得 10G 吉比特无源光网络（GPON）有望在 2011 年实现小规模试商用。对于 NG PON1 中的 XG PON2 标准制定尚无明确的时间表，不过美国的 Verizon 公司在 2010 年 10 月应用测试阿尔卡特朗讯公司提供的 XG PON2 的原型机成功完成了全球首次的 XG PON2 现场试验，证实了该技术在上下行 10Gbit/s 情况下的传输速度能力，而对于 NG PON2，目前正处于技术选型阶段，目的是确定 NG PON2 的工作方向、启动标准化工作，并预计在 2015 年完成标准化。

一直以来，在下一代网络接入技术方面，由烽火等国内光通信强势企业主导的 EPON 技术，与爱立信、阿尔卡特朗讯、诺西等国际电信设备巨头主导的 GPON 技术，一直是竞争对手。EPON 具有成熟性和成本优势，GPON 则在传输汇聚层与业务适配层有更高的效率。据悉，目前 GPON 下载传输速度将达到 2.4G 每秒，上传速率达到 1.2G 每秒^[4]。

此前，中国电信集团科技委主任韦乐平曾在公开场合指出，虽然目前 GPON 在现网市场、标准制定和产业链成熟度等方面落后于 EPON，但考虑到 GPON 自身的特点，超过 EPON 成为主流制式已经为时不远。

谈及未来发展是，韦乐平表示，“从产业链各个方面来看，GPON 具有更好的发展前景，应通过实际现网应用积极推进，同时，为了避免风险，应推进兼容两者的统一平台和网管才能更好的推动 PON 技术的发展。”

GPON 与 EPON 产业现状一览，在芯片侧来看，目前全球 GPON 芯片厂家已经有 7 家，而 EPON 只有 3 家，GPON 厂商从规模上、投入上和可持续发展能力上都强于 EPON。从设备侧来看，全球排名前 10 的 PON 设备厂家中，有 9 家做 GPON，而做 EPON 的只有 4 家(全是厂家)，并且没有一家是只做 EPON^[5]。

EPON 最新的发展，在这之前看一下整个宽带的发展。我们看到中国整个电信业宽带的发展是非常快的，基本上从我们的数字，基本上是 800 万到 1000 万，这是比较现实的增长。所以，中国的互联网的增长非常快，中国互联网的增长主要是用户的增长。

GPON 的发展历程，其实我觉得 GPON 也是磕磕绊绊，还是非常大的挑战。我们知道 10 月份在中国搞互通测试，GPON 的技术还是复杂，另外定了太多的标准大家就达不成共识了，从我们的测试中间很大的团队。

GPON 在哪些场景有使用优势？

由于 GPON 相比 EPON 能提供更大分光比和下行带宽，在建设 FTTH 时，可以为更多用户提供支撑。这样一来，运营商可以延长设备使用周期，从而保护投资。GPON 在 10 公里范围内可支持 1: 128 分光，每户达到 20Mbps 带宽，GPON 占有 ODN 骨干光纤资源最少，整体投资比 EPON 更经济。GPON 在多业务多用户管理方面比。

1.2 本论文的内容和结构安排

本论文主要讨论和分析在 GPON 系统架构和 OMCI 协议框架分析的基础上，结合系统特点和结构设计并且实现了 GPON 光线路终端(OLT)管理系统，并对该 GPON 光线路终端(OLT)管理系统的功能进行了实验测试，测试结果显示成功验证了系统的各项管理功能。

第一章 综述了 GPON 的现状和发展，对 GPON 终端管理系统的发展和国内和国外的现状进行了大概的介绍，介绍了目前实现光线路终端（OLT）管理系统的三种管理架构方案，并对这三种管理架构方案进行了分析对比，通过对比最后本文再选择的具体管理架构方案，最后结合研究的主要工作结果对本文的内容进行了安排。

第二章 首先概括介绍了吉比特无源光网络（GPON）的技术，对本文吉比特无源光网络（GPON）系统的软件系统架构和硬件平台进行了分析介绍。研究分析了吉比特无源光网络（GPON）控制管理平面及 OMCI 协议的结构，在此基础上提出了吉比特无源光网络（GPON）终端管理系统的总体设计方案。最后利用内存数据结构，设计并实现了 OMCI 数据库库，主要包括数据表的设计及数据库接口的实现。

第三章 简单的介绍了 OMCI 协议的功能和 workflows，分析 OMCI 协议帧结构和封包结构，分析了 OMCI 协议的各个管理实体，配置管理、故障管理、性能管理、安全管理。

第四章 完成了光线路终端（OLT）终端管理系统的 OMCI 协议软件总体结构和程序设计。进一步详细分析了 OMCI 协议的各个功能模块的设计方案及实现过

程，其中包括：进程模块的设计和命令处理模式设计；OMCI 消息的传输管理模块及超时重传机制模块的实现；配置、QoS 性能设计、告警管理的命令设计、操作的实体及属性、各命令处理函数的实现流程等。

第五章 主要是对 OMCI 协议的具体代码实现。首先提出了光网络终端(ONT)终端管理系统的设计思路与实现方案。对配置、QoS 性能设计、告警管理模块的代码编程实现方法和具体的处理流程进行了详细的论述。

第六章 详细描述了测试 GPON 系统功能环境的配置搭建和介绍，对终端管理系统(OLT)进行功能测试和测试案例步骤进行了详细的介绍，给出了设备控制台中显示的测试结果图，对测试结果进行了分析和规划，测试验证了终端管理系统(OLT)的功能。

第七章 对本论文的项目实现进行总结。

第二章 系统需求总体分析

2.1 GPON 技术概述

吉比特无源光网络（GPON）主要采用的电信组网方式除了光节点(ONU)直接入户以外，还包括光纤接入方式（FTTx）+LAN 和光纤接入方式（FTTx）+DSL 两种。光纤接入方式（FTTx）+LAN 利用光节点（ONU）提供的 FE/GE 口，接入节点交换机或企业网关等设备的方式，灵活实时调整企业网关对内外网访问的不同带宽需求。光纤接入方式（FTTx）+DSL 则利用光节点（ONU）提供的 FE/GE 口，接入 DSLAM 设备，灵活利用光纤资源，扩大传统接入网设备的覆盖范围。

吉比特无源光网络（GPON）上下行最大速率为 2.488.32Gbps，其可提供对称和非对称的带宽需求。支持最大分光比 1: 128，局端光缆终端设备（OLT）到下一个光节点（ONU）（ONT）最大逻辑距离 60km^[8]。

OLT 英文全称 optical line terminal^[7]（光缆终端设备），用于连接光纤干线的终端设备,连接图如图 2-1 所示^[9]。

光缆终端设备（OLT）的功能：

- 1、向光节点（ONU）以广播方式发送以太网数据封包。
- 2、发起并控制测试距离过程，并记录所测得到距离信息。
- 3、为光节点（ONU）动静态分配带宽，即控制光节点（ONU）发送数据封包的起始时间和发送窗口大小。

● 光分路器

与同轴电缆传输工作系统一样，光网络系统也需要将光信号进行分支、分配、耦合，这些功能都需要光分路器来实现。光分路器又称为分光器，是光纤链路系统中最重要无源器件之一，是具有多个输入端和多个输出端的光纤汇接器件，常用 $M \times N$ 来表示一个分路器有 M 个输入端和 N 个输出端^[10]。

● ONU

ONU (Optical Network Unit)^[6]光节点。一般把装有包括光接收机、上行光发射机、多个桥接放大器网络监控的设备叫做光节点^[11]。

光节点（ONU）功能：

- 1) ONU 选择接收 OLT 发送的广播数据信息。
- 2) ONU 响应 OLT 发出的功率控制及测距命令，并对自己的配置作相应的调整。
- 3) ONU 对用户的以太网数据信息进行缓存，并在 OLT 分配的发送窗口中向上行方向发送数据^[12]。

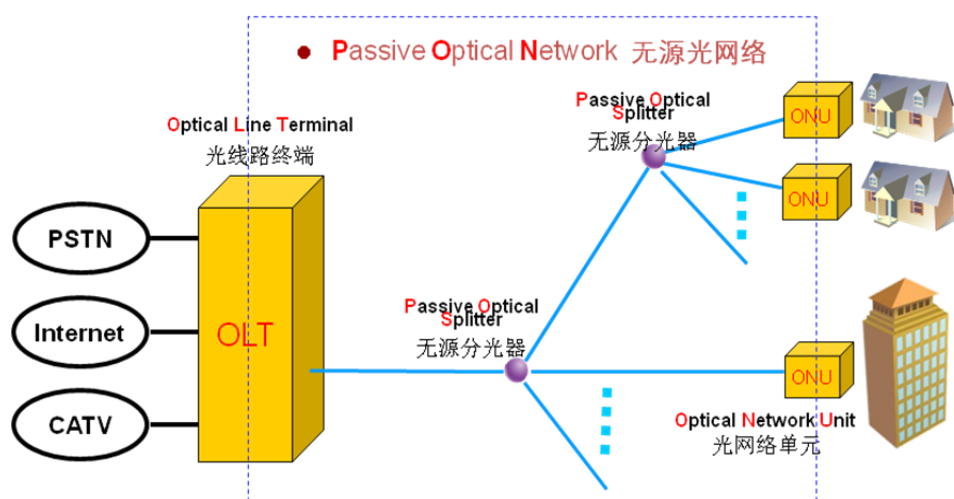


图 2-1 GPON 组网图

2.2 GPON 系统硬件运行平台介绍

本吉比特无源光网络（GPON）系统方案主要由华为 MA5680T 系列基于华为第三代统一平台开发，华为开发的全球首款汇聚型光缆终端设备（OLT）。融合汇聚交换数据功能，华为 MA5680T 提供高密度 PON、以太网 P2P、GE/10GE 等接口，华为 MA5680T 高数据处理时钟精度 TDM、以太网专线业务，能够实现流畅的上网、视频业务、语音业务、高可靠的数据业务接入服务；在增强网络的可靠性的同时，节约运维成本，节省网络建设投资^[13]。

华为 MA5680T 系列产品包含大容量华为 MA5680T 和中等容量华为 MA5683T 两种规格，两种规格 OLT 的产品硬件和软件完全能够兼容，节省网络备货成本。两种规格中，大容量规格的华为 MA5680T 能够提供 16 个业务槽位，中等容量规格的华为 MA5683T 能够提供 6 个业务槽位，如图 2-2 所示^[14]。

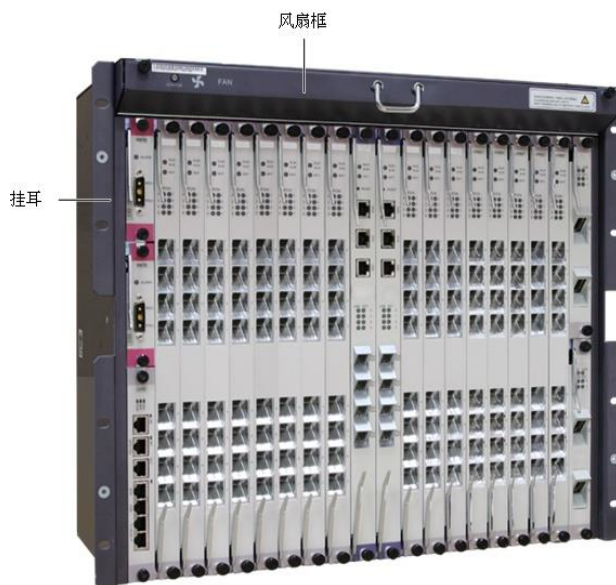


图 2-2 华为 MA5680T 机器图

华为 MA5680T 系列基于华为公司的 iMAP 硬件开发平台和 IAS 软件架构平台开发，背板交换容量达到 3.2Tbit/s。主控板的双向交换容量高达 480Gbit/s。GPBD 单板支持 8 个吉比特无源光网络(GPON)端口，整框最多支持 8K 个光节点(ONU)。EPBD 单板支持 8 个 EPON 端口，按照 1: 64 分光比，整框最多支持 8K 个光节点(ONU)^[15]。

支持吉比特无源光网络 (GPON) /EPON 一体化接入能力：

以太无源光网络(EPON)接入能力：以以太网为传输载体，采用点到多点结构、无源光纤传输方式。目前可支持 1.25Gbit/s 上下行对称传输速率，高速容量宽带，充分满足所有接入网用户的高速带宽需求。下行采用针对不同要求用户加密广播传输的方式共享带宽，上行利用时分复用 TDM (Time Division Multiplex) 共享传输带宽。

华为 MA5680T 系列支持动态带宽分配 DBA (Dynamic Bandwidth Allocation)^[16]算法，最小支持 64kbit/s 控制粒度，可根据用户使用需求的变化动态分配光节点(ONU)终端用户带宽。

以太无源光网络(EPON)系统采用无源光传输技术，光路分离采用 P2MP (Point to Multiple Point) 的方式，支持 1: 64 的分光比。可以实现最大 20km 的接入能力。测距离技术采用自动测距、定时测距、初始测距等方式^[17]。

吉比特无源光网络（GPON）接入能力：高速率，支持上行带宽 1.244Gbit/s 的传输速率、下行传输速率 2.488Gbit/s。超长距离传输，支持光节点（ONU）的最大逻辑距离 60km，最远和最近光节点（ONU）之间的物理距离最大相差 20km。高分光比，8 个端口吉比特无源光网络（GPON）设备接入单板支持 1: 128 分光比，从而节约光纤资源、提高大容量。提供 8 个端口或者 4 个端口的吉比特无源光网络（GPON）接入单板，极大的提高了网络系统容量^[18]。单板模块框图如图 2-3 所示。

华为 MA5680T 支持的功能：

- 1) 支持层级化高 QoS 保证，H-QoS 功能满足多样化商业客户的 SLA 要求
- 2) 支持针对系统的 DoS（Denial of Service）洪水攻击的防御。
- 3) 支持 MAC 地址过滤功能。
- 4) 支持防御 ICMP/IP 报文攻击功能。
- 5) 支持源地址路由过滤功能。
- 6) 支持黑名单功能。
- 7) 用户安全保障措施
- 8) 支持 DHCP option82，增强 DHCP 的安全性。
- 9) 支持 MAC 地址与端口绑定，支持 IP 地址与端口绑定。
- 10) 支持防御 MAC/IP spoofing 攻击。
- 11) 支持 ONU/ONT SN（Serial Number）/Password 认证。
- 12) 支持三重搅动（triple churning）加密的方式。
- 13) 吉比特无源光网络（GPON）下行采用针对不同用户加密广播传输的方式，支持 AES（Advanced Encryption Standard）128 位加密。
- 14) 支持吉比特无源光网络（GPON）Type B OLT 双归属。
- 15) 针对双上行组网，支持 Smart Link 及 Monitor Link。

2.3 GPON 系统软件运行平台介绍

通过介绍吉比特无源光网络（GPON）系统嵌入式硬件开发平台特点和功能及

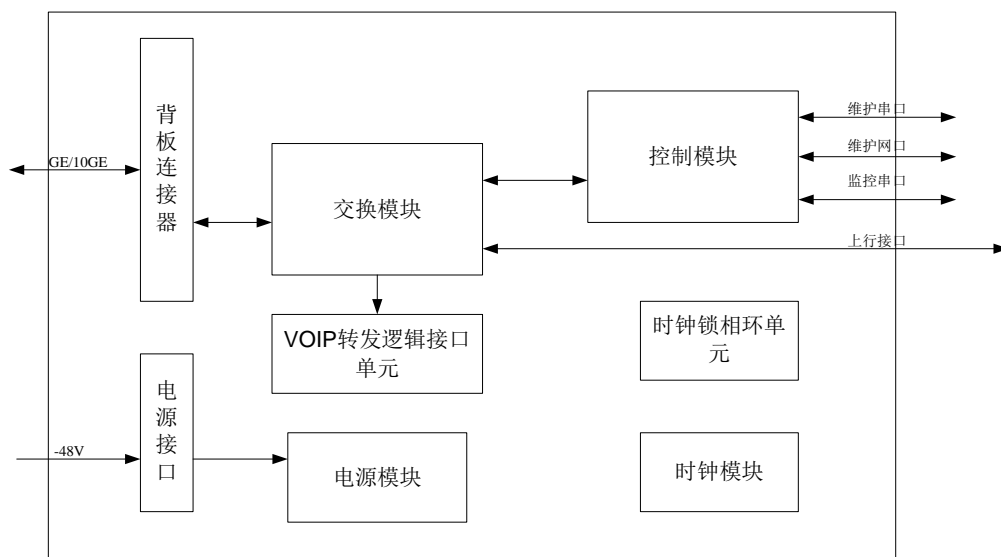


图 2-3 SCUN 单板模块框图

其对软件系统实时性、可靠性和高效性的要求特点，我们开发设计平台就选择了嵌入式 Linux 操作系统作为我们的软件开发平台。Linux 是一种自由和开放源代码的类似 Unix 操作系统，虽然市面上存在着许多不同的 Linux 版本，但它们都使用了相通的 Linux 内核。Linux 系统不仅内核代码开源，而且网上资料也非常丰富，现在大多数嵌入式设备都使用这种操作系统。系统主要软件架构如图 2-4 所示^[19]。

下面简要介绍各层次主要功能：

驱动层工作：位于操作系统和硬件之间，一般由驱动程序、硬件抽象层（HAL）和板级支持包（BSP）组成，驱动层是嵌入式操作系统中最重要部分。驱动层的作用对上为上层程序提供外部设备的操作接口，驱动层并且实现设备的驱动程序，上层的应用程序可以不管操作的设备内部实现，只需要调用驱动层的接口即可。实现应用程序直接控制硬件设备，实现硬件设备的电子信号与操作系统信息交互

[20]。

操作系统层工作：操作系统控制了设备的所有软硬件资源并且提供应用程序^[21]开发的接口，操作系统层合理地组织管理了整个计算机系统的工作流程。其中 Boot loader（UBOOT）在启动内核运行之前运行，Boot loader 负责初始化硬件设

备和参数，为操作系统层的内核正确高效的运行提供合适的软硬件环境。系统内核各组件完成 CPU 和存储管理、进程管理、网络通信、设备管理、系统引导与调用等操作系统的主要功能^[22]。

API 接口层工作：主要功能是提供通用功能集，是为系统所用的芯片为上层的应用程序提供的编程接口，工程师可以在上层开发命令或者程序，以实现应用程序对芯片的控制^[23]。

服务层工作：设备所需要提供的各种网络功能的应用程序，展示给用户使用的界面或者程序。

配置管理层工作：使用者可通过软件中本地串口输入配置命令。即在 CLI 模式实现对 OLT 及 ONT 的远程配置，OLT 通过终端管理系统的 OMCI 协议实现对 ONT 的远程配置。CLI (Command Line Interface)接口是一种基于命令字符的操作界面。可以通过 Windows 自带的“超级终端”程序或“Telnet”程序登录 CLI 系统。CLI 提供了各种配置和查询的命令来管理和维护产品。为便于用户使用这些命令，系统按照命令的功能对命令进行分类存放，相关的命令放在相应的命令模式中。需要先进入到相应的模式才能执行相关的命令。MA5680T/MA5683T 提供多种命令模式，以实现分级保护，防止未授权用户的非法侵入^[24]。

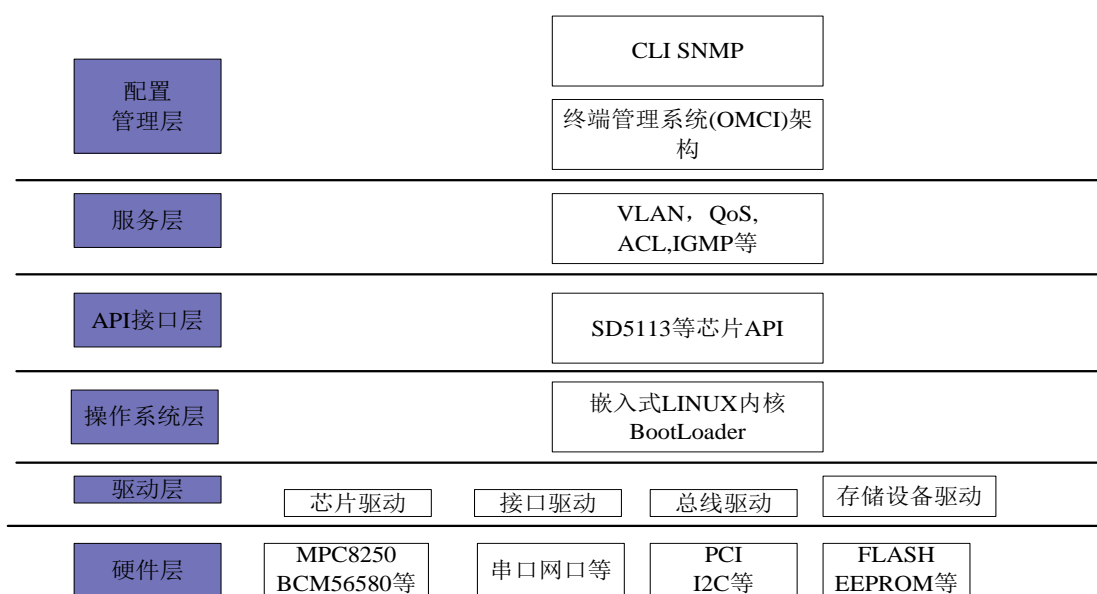


图 2-4 GPON 软件架构

2.4 GPON 管理控制平面架构介绍

吉比特无源光网络（GPON）系统的控制管理平面 C/M 平面由 3 部分组成：OMCI、嵌入式 OAM 和 PLOAM。吉比特无源光网络（GPON）系统的协议栈，主要由物理媒质相关（PMD）层和吉比特无源光网络（GPON）传输汇聚（GTC）层组成。GTC 层从结构层次来划分又可以分成两个子层：GTC 成帧子层和 TC 适配子层。从功能层次可以分为 C/M 平面和 U 平面。GTC 层可分为两种封装模式：GEM 模式和 ATM 模式，目前吉比特无源光网络（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：GEM 客户接口、ATM 客户接口和 ONT 管理和控制接口（OMCI），嵌入式 OAM 和 PLOAM 通道信息用于对物理层和 GTC 层进行管理。即吉比特无源光网络（GPON）系统的控制管理信息可通过三种信道传递，其中内嵌 OAM 以及 PLOAM 信道负责实现 PMD 和 GTC 层的控制管理，而 OMCI 提供了更高层次的统一的系统。控制管理平面的组成如图 2-5 所示^[25]。

嵌入式 OAM 通道：

嵌入式 OAM 通道由 GTC 帧头部的特定格式信息，OAM 通道控制信息块被映射到 GTC 帧头部的特定格式域，此信道具有低延迟性，OAM 通道主要用于传输时间紧急的控制信息，如带宽分配，密钥管理和链路的 BER 监测等信息，通过 GTC 帧字头的域格式信息来提供(BDMap, DBRu 等)。功能包括：动态带宽分配信令、带宽授权等^[26]。

PLOAM 通道：

PLOAM 通道涉及加密，ONU 注册、Boot OMCI 等 功能，GTC 帧格式中特定的 13 字节消息，用于传输所有内嵌 OAM 信道不能完成的 PMD 和 GTC 的控制管理信息，PLOAM 通道信道可用于实现 ONU 激活注册、ONU-ID 分配、ONU 测距、GEM Port-ID 分配、用户数据加密、ONU 状态检测、误码率监控等功能。

OMCI 通道：

OMCI 通道用于管理在 GTC 层上层定义的业务的管理，OMCI 协议是由 ITU-T 的 G.984.4 标准定义的 光网络终端（ONT）控制管理接口协议，OMCI 协议在 OLT 控制器和光网络终端（ONT）控制器之间的 GEM 连接上运行，该连接在光网络终端(ONT)初始化时建立。OMCI 协议是异步的：OLT 上的控制器是“主”，光网络终端（ONT）上的控制器是“从”。一个 OLT 控制器通过在不同的控制信道

上使用多个协议实例来控制多个光网络终端（ONT）。该协议定义了 OLT 和光网络终端（ONT）之间交互的控制管理消息的格式和传输机制，并且为了实现对光网络终端（ONT）终端的远程管理及业务的自动发放及配置，OMCI 协议针对不同业务定义了一系列的管理实体用于业务的描述。

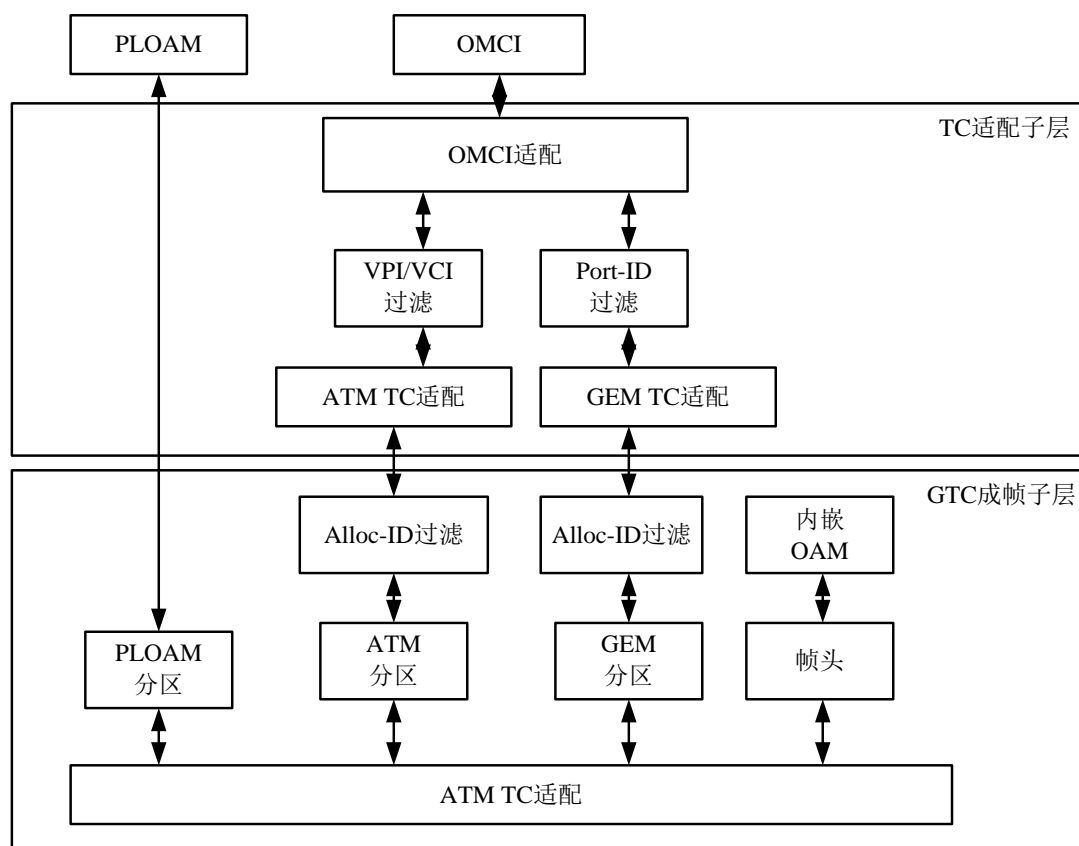


图 2-5 GPON 管理平面图

2.5 本章小结

本章概括的介绍了吉比特无源光网络（GPON）系统中软硬件的环境，从管理控制接口(OMCI)消息的传输和协议报文内容，并在对吉比特无源光网络（GPON）系统及 管理控制接口(OMCI) 协议进行分析的基础上，结合本文吉比特无源光网络（GPON）系统的结构和特点，最终提出了吉比特无源光网络（GPON）终端管理系统的总体设计方案。

第三章 协议分析

3.1 OMCI 协议分析介绍

管理控制接口(OMCI)协议提供了一个功能，维护管理光网络终端（ONT）高层业务，图 3-1 即为 ITU-T 定义的管理控制接口(OMCI) 协议的参考模型。管理控制接口(OMCI)的消息发送通道，OMCI 消息通过特有的 GEM 信道传输，在光网络终端（ONT）设备初始化期间，光线路终端(OLT) 通过 PLOAM 消息为各个 ONU 分配特定的用于传输 管理控制接口(OMCI) 消息信息的 T-CONT 和 GEM Port，建立管理控制接口(OMCI) 的传输通道，实现对光网络终端（ONT）的控制管理。指光线路终端(OLT)和 ONU 之间管理控制接口(OMCI)数据传输的交互过程，光线路终端(OLT)通过这种管理控制接口(OMCI)数据交互完成对 ONU 的管理控制。有限度上行的管理控制接口(OMCI)数据总是置于优先队列中，响应时间要求：高优先级管理控制接口(OMCI)消息需要在 1s 内完成应答，低优先级管理控制接口(OMCI)消息需要在 3s 内完成应答^[27]。

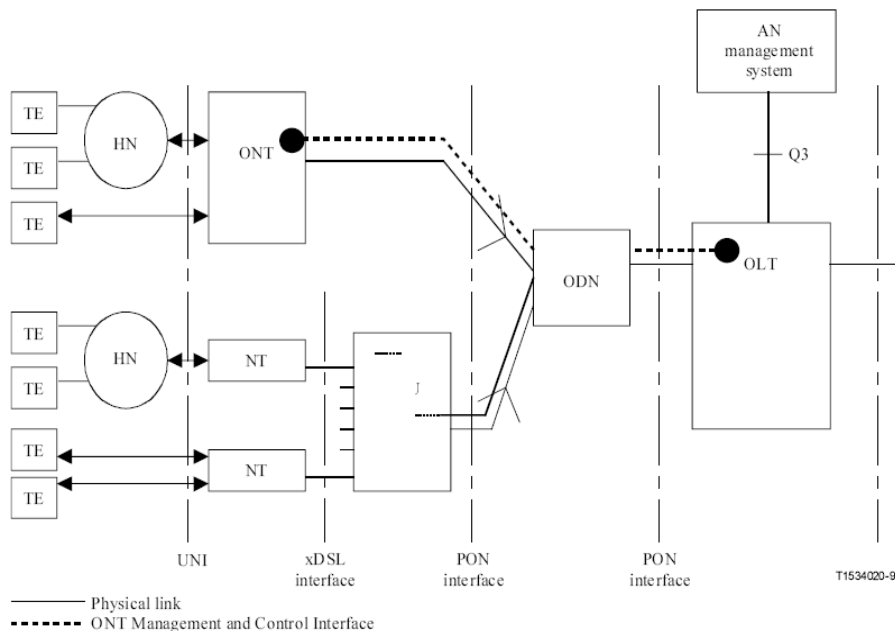


图 3-1 OMCI 参考模型

3.2 OMCI 帧结构分析

管理控制接口(OMCI)帧结构包括 ATM 模式和 GEM 模式两种模式，TC 层（也称为 GTC 层）是吉比特无源光网络（GPON）的核心层，主要完成上行业务流的媒质接入控制和光节点(ONU)注册这两个关键功能。GTC 层包括两个子层：GTC 成帧子层和 TC 适配子层。图 3-2 为示意图。

1) GTC 帧子层

GTC 成帧子层包括 3 个功能：

复用和解复用。物理层操作管理和维护(PLOAM) 和 GEM 部分根据帧头指示的边界信息复用到下行 TC 帧中，GTC 层并可以根据帧头指示，从上行 TC 帧中提取出 GEM 和 PLOAM 部分。GEM adapter^[28]中的帧格式。

帧头生成和解码。GTC 下行帧的 TC 帧头按照格式要求生成数据，上行帧的帧头会被解码。此外还要完成嵌入式 OAM， GEM header 的格式^[29]如表 3-1 所示。

基于 Alloc-ID 的内部路由功能。GTC 基于 Alloc-ID 的内部标识为来自/送往 GEM TC 适配器的数据进行路由。

2) TC 适配子层

适配子层提供了 3 个 TC 适配器，即管理控制接口(OMCI)适配器、ATM TC 适配器和 GEM TC 适配器。ATM/GEM TC 适配器生成来 GTC 成帧子层各 ATM/GEM 块的 PDU，并将这些 PDU 映射到相应的块。

表 3-2 GEM adapter 中的帧格式

GEM Header	Transaction Correlation Identifier	Message Type	Device Identifier	Message Identifier	Message Contents	Message Contents
5 bytes	2 bytes	1 byte	1 byte	4 bytes	32 bytes	8 bytes

表 3-3 GEM header 的格式

PLI	Port-ID	PTI	HEC
12 bits	12 bits	3 bits	12 bits

在 GEM 模式之下，GEM 帧头包含了 OMCC 的端口号信息等。帧头是用来定位光网络终端（ONT）的地址，对每个光网络终端（ONT）的 OMCC 的 port ID

的值, PORTID 是由光线路终端(OLT)产生的, GEM 帧头字段由 GTC 层来处理, PLI 指示的内容是该头部后面净负荷段的长度。Port-ID 指示的是端口标识符号。PTI 指示净负荷段的内容类型和相应的处理方式。HEC 为头部的检错和纠错功能。

Transaction Correlation Identifier 事物相关标识符是用来把响应信息和请求信息对应起来, 响应信息携带请求信息的事务相关标识符。DB 最高位是用来表示信息的优先级的, 1 表示高优先级, 0 表示低优先级。由光线路终端(OLT)决定命令信息的优先级级别。该参数在后面的光网络终端 (ONT) 对管理控制接口(OMCI)的协议实体处理中会用到, 主要是根据优先级的数值来确定协议实体所要规划的队列。

表 3-4 Message Type 的结构

8	7	6	5	4	3	2	1
DB	AR	AK	MT				

DB 用做目的比特在管理控制接口(OMCI)里常为 0, AR 是回答请求位, 当不需要确认信息是 AR 为 0, 当需要确认信息时 AR 为 1。AK 指示的是这条 Message 是否为确认信息。如果不是为 0, 是则为 1。MT 表示的是 Message 的消息类型 0~3 和 29~31 用做保留, (3) Message Type(消息类型), Message Type 的结构如表 3-5, 用于表示控制管理消息的类型标识符, 主要包括 Set、Get、Create、Delete、Alarm 等。Device identifier(设备标识符), 该字段为固定值 0x0A。Message identifier(消息标识符), 用于表示消息的操作管理实例及实体 entity。Message contents(消息内容), 信息的具体内容携带, 如设定或获取的实体属性值等。管理控制接口(OMCI) trailer(OMCI 帧尾), 用于帧格式的校验字段, 帧结构如图 3-2 所示^[30]。

3.3 OMCI 实体管理

光线路终端(OLT) 通过管理控制接口(OMCI) (光节点 (ONU) 管理控制接口) 来控制光节点 (ONU), 对光节点 (ONU) 的业务和资源的抽象概括表示, 他们是定义业务模型的基础, 管理控制接口(OMCI)采用的是与协议无关的 数据库形式, 管理实体可用于描述 光节点 (ONU) 的内部结构和能力范围等, 对应 光节点 (ONU) 内部具体软件、硬件模块和实体之间存在指针及引用关系, 体现 光节点 (ONU) 控制流和数据流的内部走向。管理实体在 光节点 (ONU) 上电初始

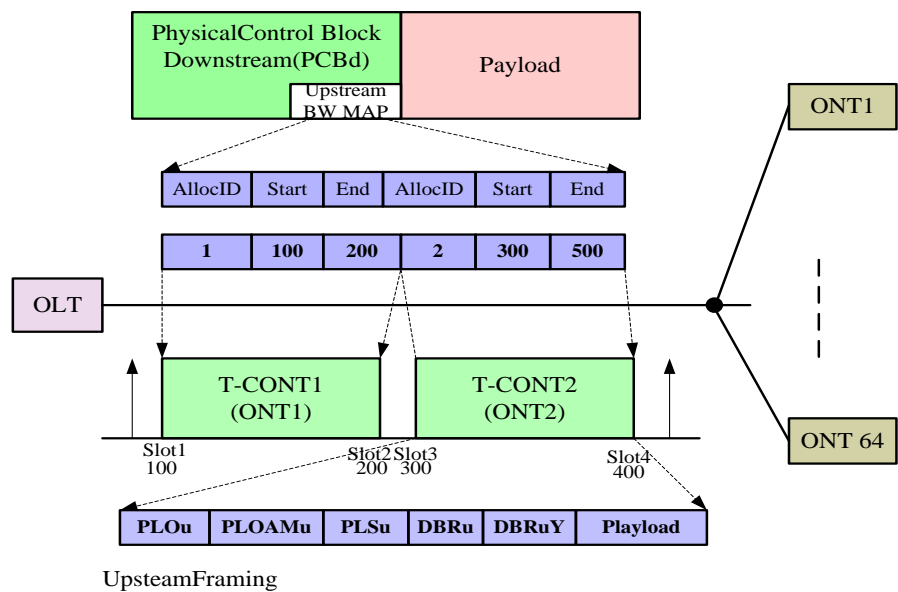


图 3-2 帧结构图

化后，自动生成对应自身各个模块，光线路终端(OLT) 可通过获取这些管理实体的信息，了解 光节点（ONU）的具体信息，光节点（ONU）管理实体的详细信息包括：实体可执行的操作；实体的属性值；实体之间的关系；实体的用途,协议允许光线路终端(OLT) 进行下列动作^[31]：

- 1) 建立和释放与光节点（ONU）之间的连接；
- 2) 管理光节点（ONU）上的 UNI；
- 3) 请求配置信息和性能统计；
- 4) 向系统管理员自动上报事件，如链路故障。

管理控制接口(OMCI) 协议在光线路终端(OLT) 控制器和光节点（ONU）控制器之间的 GEM 连接上运行，该连接在光网络终端（ONT）初始化时建立。管理控制接口(OMCI) 协议是异步的：光线路终端(OLT)上的控制器是“主”，光节点（ONU）上的控制器是“从”。一个光线路终端(OLT) 控制器通过在不同的控制信道上使用多个协议实例来控制多个光节点（ONU）。管理控制接口(OMCI) 在下面几个方面对光节点（ONU）进行管理：

- 1) 配置管理：提供了控制、识别、从光节点(ONU)收集数据和向光节点(ONU)提供数据的功能；

- 2) 故障管理：OMCI 支持有限的故障管理功能，协议的大多数操作仅限于进行故障指示；
- 3) 性能管理：主要是针对 ONU 性能监控；
- 4) 安全管理：使能/去使能下行加密功能、全光纤保护倒换能力管理^[32]。

3.4 本章小结

本章主要分析了吉比特无源光网络（GPON）系统中管理控制接口(OMCI)协议的架构和流程，并对管理控制接口(OMCI)协议进行了初步的流程解析和介绍，从管理控制接口(OMCI)消息的传输和协议报文内容，最终提了吉比特无源光网络（GPON）终端管理系统的总体设计方案。

第四章 协议实现方案设计

光线路终端(OLT)是吉比特无源光网络(GPON)系统的局端设备,网络管理员可以通过光线路终端(OLT)的命令行接口光网络终端(ONT)进行远程管理和监控。光线路终端(OLT)终端管理系统的主要功能包括:分析处理执行输入的管理控制命令,并且将输入的命令转换成对应的管理控制接口(OMCI)消息发送给光网络终端(ONT),实现光网络终端(ONT)设备的零配置和业务的开通、发放;维护管理控制接口(OMCI)数据库的数据信息;获取光网络终端(ONT)的性能统计信息;显示光网络终端(ONT)上报的告警信息供管理员及时处理系统故障。

4.1 OLT 系统总体设计

4.1.1 软件结构设计

光线路终端(OLT)终端管理系统软件由四大模块构成:管理功能子模块、OMCI 协议管理子模块、命令处理子模块、OMCI 数据库库管理子模块,如图 4-1 所示。

1) 命令处理子模块。注册管理控制接口(OMCI)管理命令至 CLI 模块;对不同的命令创建新的子进程,并调用管理执行功能子模块进行处理执行;控制最多可以同时处理的管理控制接口(OMCI)命令数。

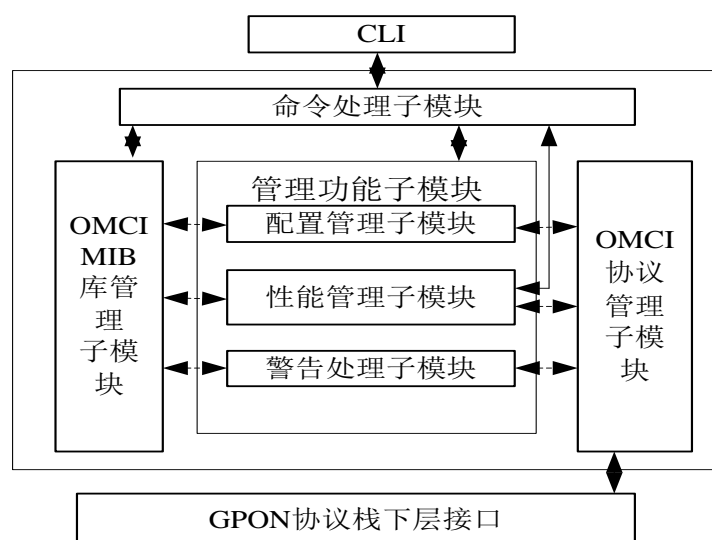


图 4-1 OMCI 软件架构图

2) 管理功能子模块。将各管理命令转化为 管理控制接口(OMCI)消息, 调用管理控制接口(OMCI)协议管理子模块向 光网络终端 (ONT) 发送, 获取光网络终端 (ONT) 的返回结果; 根据具体命令修改数据库库的信息。管理功能模块中的各个具体功能子模块为:

配置管理: 负责初始化网络, 建立资源管理库, 为网络中其它管理提供所需的信息。主要包括吉比特无源光网络 (GPON) 基本业务配置、光网络终端 (ONT) 端口配置、光网络终端 (ONT) 组播配置等。

性能管理: 监视、检测吉比特无源光网络 (GPON) 网络性能, 获取光网络终端 (ONT) 采集的性能统计数据, 供管理员分析、诊断, 为网络规划提供依据。

告警管理: 管理员可对关心的网络数据设置告警门限, 捕获光网络终端 (ONT) 发送的超过告警门限值的告警信息, 并在控制台界面显示该信息。

3) OMCI 数据库库管理子模块。初始化并建立于嵌入式数据库服务器的连接, 为其它模块提供对数据库库的访问接口, 完成数据库中实体的创建、删除、实体属性值的获取和修改。

4) OMCI 协议管理子模块。封装并发送管理控制接口(OMCI) 消息至光网络终端 (ONT); 解封装接收到的管理控制接口(OMCI) 消息, 传递给各管理功能子模块处理; 使用定时器实现管理控制接口(OMCI) 消息超时重传机制。

4.1.2 程序设计

吉比特无源光网络 (GPON) 的终端管理系统包括单进程和多个处理线程, 本节主要介绍光线路终端(OLT) 的终端管理系统中的进程, 及多个线程的处理机制问题。

首先简单介绍进程的概念、Linux 系统的进程管理及多线程的通信方式。进程和线程都是由操作系统所体会的程序运行的基本单元, 系统利用该基本单元实现系统对应用的并发性。进程与程序的主要区别在于程序只是代表指令的集合, 是一个静态的概念; 而进程可以申请系统资源, 除了包括程序代码外, 还包括程序计数器、处理寄存器的内容等表示当前运行活动的值, 是一个动态的概念。线程的划分尺度小于进程, 使得多线程程序的并发性搞。

另外, 进程在执行过程中拥有独立的内存单元, 而多个线程共享内存, 从而极大地提高了程序的运行效率。线程在执行过程中与进程还是有区别的。每个独立

的线程有一个程序运行的入口、顺序执行序列和程序的出口。但是线程不能够独立执行，必须依存在应用程序中，由应用程序提供多个线程执行控制。

从逻辑角度来看，多线程的意义在于一个应用程序中，有多个执行部分可以同时执行。但操作系统并没有将多个线程看作多个独立的应用，来实现进程的调度和管理以及资源分配。这就是进程和线程的重要区别。

进程（Process）是最初定义在 Unix 等多用户、多任务操作系统环境下用于表示应用程序在内存环境中基本执行单元的概念。以 Unix 操作系统为例，进程是 Unix 操作系统环境中的基本成分、是系统资源分配的基本单位。Unix 操作系统中完成的几乎所有用户管理和资源分配等工作都是通过操作系统对应用程序进程的控制来实现的。

进程创建之后，父进程与子进程处于不同的地址空间，各自独立运行，其中一个进程在数据上的修改对其他进程是不可见的，因此需要通过进程间的通信实现进程间的数据传输、共享及事件通知等。在 Linux 系统中进程间通信方式包括管道、信号、消息队列、共享内存、信号量及套接字。信号用于进程间的事件通知，当进程关注的条件满足时，发送进程通过系统调用 `kill()` 发送信号，接收进程通过函数 `signal()` 捕获相关信号，并设置信号处理函数；关于 `fork` 函数，功能就是产生子进程，由于前面说过，进程就是执行的流程活动。

那么 `fork` 产生子进程的表现就是它会返回 2 次，一次返回 0，顺序执行下面的代码。这是子进程。一次返回子进程的 PID，也顺序执行下面的代码，这是父进程。（为何父进程需要获取子进程的 PID 呢？这个有很多原因，其中一个原因：看最后的 `wait`，就知道父进程等待子进程的终结后，处理其 `task_struct` 结构，否则会产生僵尸进程，扯远了，有兴趣可以自己 google）。如果 `fork` 失败，会返回 -1。额外说 `at exit(print_exit);` 需要的参数肯定是函数的调用地址。

消息队列采用的是消息链表结构，需要消息传递的进程可以向队列中添加信息，同时接收进程的可以从队列中读取该信息；共享内存是指在内存中开辟一块内存空间可以供多个进程共同访问，从而实现进程的通信；信号量主要用于进程间的互斥或者同步；套接字是一种网络通信机制，主要应用于不同机器间的进程通信。

线程是可执行代码的可分派单元。这个名称来源于“执行的线索”的概念。在基于线程的多任务的环境中，所有进程有至少一个线程，但是它们可以具有多个任

务。这意味着单个程序可以并发执行两个或者多个任务。

简而言之,线程就是把一个进程分为很多片,每一片都可以是一个独立的流程。这已经明显不同于多进程了,进程是一个拷贝的流程,而线程只是把一条河流截成很多条小溪。它没有拷贝这些额外的开销,但是仅仅是现存的一条河流,就被多线程技术几乎无开销地转成很多条小流程,它的伟大就在于它少之又少的系统开销。(当然伟大的后面又引发了重入性等种种问题,这个后面慢慢比较)。

光线路终端(OLT) 终端管理系统进程结构如图 4-1 所示。其中各个进程主功能及进程间.

的通信方式如下所述:

1) CLI 模块主命令进程: 光线路终端(OLT) 系统初始化时创建。等待用户输入命令; 进行命令解析; 查找命令注册树, 调用命令处理函数创建新的子命令进程; 控制同时处理的管理控制接口(OMCI) 命令个数; 维护消息重传定时器链表, 规定时间内未收到光网络终端 (ONT) 的响应消息, 向子命令发送重传信号。

2) 子命令线程: 将命令转化为管理控制接口(OMCI) 消息发送给 光网络终端 (ONT); 通过阻塞方式等待读取对应消息队列中返回的光网络终端 (ONT) 响应消息; 处理响应消息, 修改 数据库 库, 显示查询信息等; 处理完成后发送进程结束信号至 CLI 模块主命令进程; 等待响应消息的同时捕获 CLI 模块主命令进程的消息重传信号, 实现消息的超时重传。

3) OMCI 消息接收中断处理程序: 芯片 hi5380 收到管理控制接口(OMCI) 消息产生中断, 根据管理控制接口(OMCI) 消息中的同步字段发送消息至相应的消息队列。

4) 告警管理进程: 通过阻塞方式等待读取消息队列 0 中的 管理控制接口 (OMCI) 告警消息, 分析接收到得告警消息, 显示告警信息。

4.2 OMCI 协议管理模块设计

4.2.1 OMCI 消息的封装和解析

消息是以管理控制接口(OMCI)帧格式发送, 消息的具体格式如表 4-1 所示:

表 4-1 OMCI 消息帧格式

Field	Byte	8	7	6	5	4	3	2	1	Comments
Transaction identifier	6-7									
Message type	8	0	1	0						DB=0,AR=1,AK=0, Bits 5-1;action=create
Device identifier type	9	0	0	0	0	1	0	1	0	OMCI=0x0A
Message identifier	10-11									Entity class
	12									msb entity instance
	13									Lsb entity instance
Message contents	14									Attribute value of first Set-by-create attribute(size depending on the type of attribute)
										...
										Attribute value of first Set-by-create attribute(size depending on the type of attribute) ^[33]
	xx-45	0	0	0	0	0	0	0	0	padding

如表 4-1 所示，管理控制接口(OMCI)帧的长度为 53 个字节，除去 5 个字节的帧头，从第 6 个字节开始分析消息的内容：

Transaction identifier: 2bytes，表示请求消息和相应消息之间的关联性，响应消息中包含请求信息的该字段

Message Type: 1byte，AR=1 表示需要确认信息，bit1-bit5 指明消息的类型为 action=create

Device identifier type: 1byte OMCI = 0x0A^[34]

Message Identifier: 4bytes，前两个字节表示被管理实体，后两个字节表示实体实例。

Message contents: 32bytes，所创建的被管理实体的实例的属性值

具体在设备上抓包如图 4-2 所示：

Log: onci	tick	file	line	level	message
3dd060af	onci_msg.c	158	A	tick: 0x3dd06076 PRI: 0, TI: 0x1f01, DID: 10, DB: 0, AR: 1, AK: 0, MT: 4, Class: 45, inst: 0x101	
3dd060f6	onci_msg.c	164	A	00 00 00 00 00 14 00 02 00 0f 00 00 00 00 00 00	
3dd06147	onci_msg.c	170	A	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
3dd06167	onci_msg.c	178	A	zero: 0x0, len: 0x28 crc: 0xf56adb3	
3dd062d5	onci_me.c	655	A	Handling CREATE msg class=45, entity=0x101	
3dd06841	onci_me.c	1819	A	OMCI_SyncMibData: dataSync =0x13	
3dd06bc2	onci_msg.c	465	A	Send out OMCI msg	
3dd06c21	onci_msg.c	158	A	tick: 0x3dd06bf6 PRI: 0, TI: 0x1f01, DID: 10, DB: 0, AR: 0, AK: 1, MT: 4, Class: 45, inst: 0x101	
3dd06c52	onci_msg.c	164	A	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
3dd06c81	onci_msg.c	170	A	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
3dd06c9c	onci_msg.c	173	A	zero: 0x0, len: 0x28 crc: 0xa04d2a8a	
3dd06d66	onci_me.c	549	A	Create MacBriConf after MacBriServProf: entity=0x101	
3dd0e2a4	onci_me.c	557	A	Create Dot1ag CFM Stack: entity=0x101	

图 4-2 OMCI 消息帧封装格式

一条管理控制接口(OMCI)消息通常由图中的 1、2、3、4、5、6 这样几个部分组

AR [acknowledge request] : OLT 的请求

AK [acknowledgement] : ONT 的响应

MT [message type]: 消息类型, 根据不同的消息类型, 管理控制接口(OMCI) 消息的格式也是有些差异的, 常见的 MT 类型

Class [mib 号]: mib 的标准编号

Inst [entity]: 每一个 mib 下具体的一个实例

Content [32byte]: 具体的 OMCI 消息的内容, 根据不同的消息类型, 格式略有差异。

OMCI 消息类型定义如表 4-2 所示。

4.2.2 OMCI 消息的发送和接受

当光网络终端 (ONT) 经由与管理信道关联的 port ID 收到 GEM 数据包时, 应计算 CRC, 并将其与从管理控制接口(OMCI) 尾中找出的值相比较。如果两个值不相匹配, 那么就应放弃该消息。建议由光网络终端 (ONT) 记录该事件, 也可通过某种带外机制与光线路终端(OLT) 联系, 但按协议, 对该消息可放弃而不予通告。

随后, 按照相关命令的优先等级 (即高等级或低等级) 将 CRC 无误的消息列入两个独特的进来的基于 FIFO 的消息列队之中的任意一列。要注意, 给定命令的优先等级要用事务相关识别符字段中的最高有效位进行编码。如果进来的相关消息列队早已满额, 那么光网络终端 (ONT) 就简单地放弃该消息。建议由光网络终端 (ONT) 记录该事件, 也可通过某种带外机制与光线路终端(OLT) 联系, 但按协

议，对该消息可放弃而不予通告。

表 4-2 所有的 OMCI 消息类型定义

MT	Type	Purpose	AK	Inc MIB data sync.
4	Create	Create a managed entity instance with its attributes	yes	yes
5	Create complete connection	Create an instance of ATM VP/VC Cross-Connection ME and two associated instances of VP Network CTP-G or VC Network CTP-G ME.	yes	yes
6	Delete	Delete a managed entity instance	yes	yes
7	Delete complete connection	Delete an instance of ATM VP/VC Cross-Connection ME and two associated instances of VP Network CTP-G or VC Network CTP-G ME	yes	yes
8	Set	Set one or more attributes of a managed entity	yes	yes
9	Get	Get one or more attributes of a managed entity	yes	no
10	Get complete connection	Get all attributes of an instance of ATM VP/VC Cross-Connection ME and the attributes of the associated instances of VP Network CTP-G or VC Network CTP-G	yes	no
11	Get all alarms	Latch the alarm statuses of all managed entities and reset the alarm message counter	yes	no
12	Get all alarms next	Get the active alarm status of the next managed entity	yes	no
13	MIB upload	Latch the MIB	yes	no
14	MIB upload next	Get latched attributes of a managed entity instance	yes	no
15	MIB reset	Clear the MIB and re-initialise it to its default and reset the MIB data sync counter to 0	yes	no
16	Alarm	Notification of an alarm	no	no
17	Attribute value change	Notification of an autonomous attribute value change	no	no
18	Test	Request a test on a specific managed entity	yes	no
19	Start software download	Start a software download action	yes	yes
20	Download section	Download a section of a software image	yes/no	no

有两个处理输入命令的协议实体（与每个优先等级关联），它们按照独立的相关输入 **FIFO** 队列处理业务消息。可并行执行这些协议实体的每一个消息。如果消息是一个单向的命令（即一个未确认命令），那么协议实体将简单地拥有被执行的命令。如果消息是一个确认命令，那么协议实体必须首先看事务相关识别符。如果它不等于最后执行的同一优先等级命令的事务相关识别符，那么协议实体将执行该命令，并将响应/确认列入同一优先等级的 **FIFO** 列队。如果该命令的事务相关识别符等于最后执行的同一优先等级的命令（比如请求没有确认的情况），那么协议实体将不执行该命令，而简单地把命令送入 **FIFO** 列队（即重发前一个确认响应）。假定在上述两种情况下用于命令处理的协议实体会被阻塞，直至 **FIFO** 队列有空间容纳消息（命令），流程如图 4-3,4-4,4-5,4-6 所示。

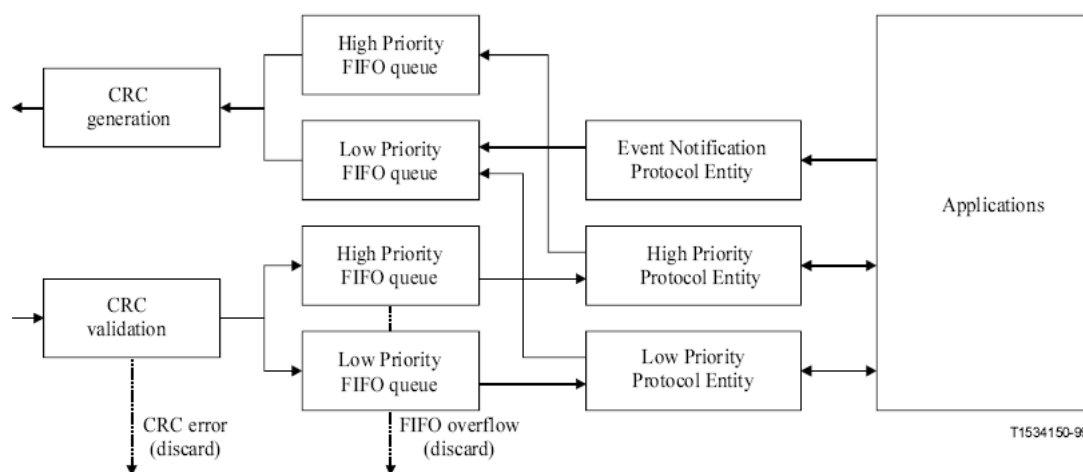


图 4-3 OMCI 消息处理机制

细分流程：

4.2.3 OMCI 消息的重传机制

具有期满时间 T_{maxi} 的事务请求定时器 T_i 在将优先等级“i”的事务请求消息发往光网络终端（ONT）时启动，在收到包含同样事务相关 id 值的无差错确认消息时停止计时。如果在 T_i 到时终止之后光线路终端(OLT) 仍未收到有效的确认消息，那么光线路终端(OLT) 就重发原先的事务请求消息。

重发的确认事务请求消息承载与原消息相同的相关 ID。每当由光线路终端

(OLT) 重发确认事务请求消息时，发送方就增加重试计数器 R_i （关联优先级“ i ”确认的事务处理请求的计数器）。当重试计数器（启动时，初始化为 0x00）达到最大重试值 R_{maxi} 时，发送方停止再发送消息，并宣告 OMCC 链路状态差错。

光网络终端（ONT）接收 OMCI 消息：

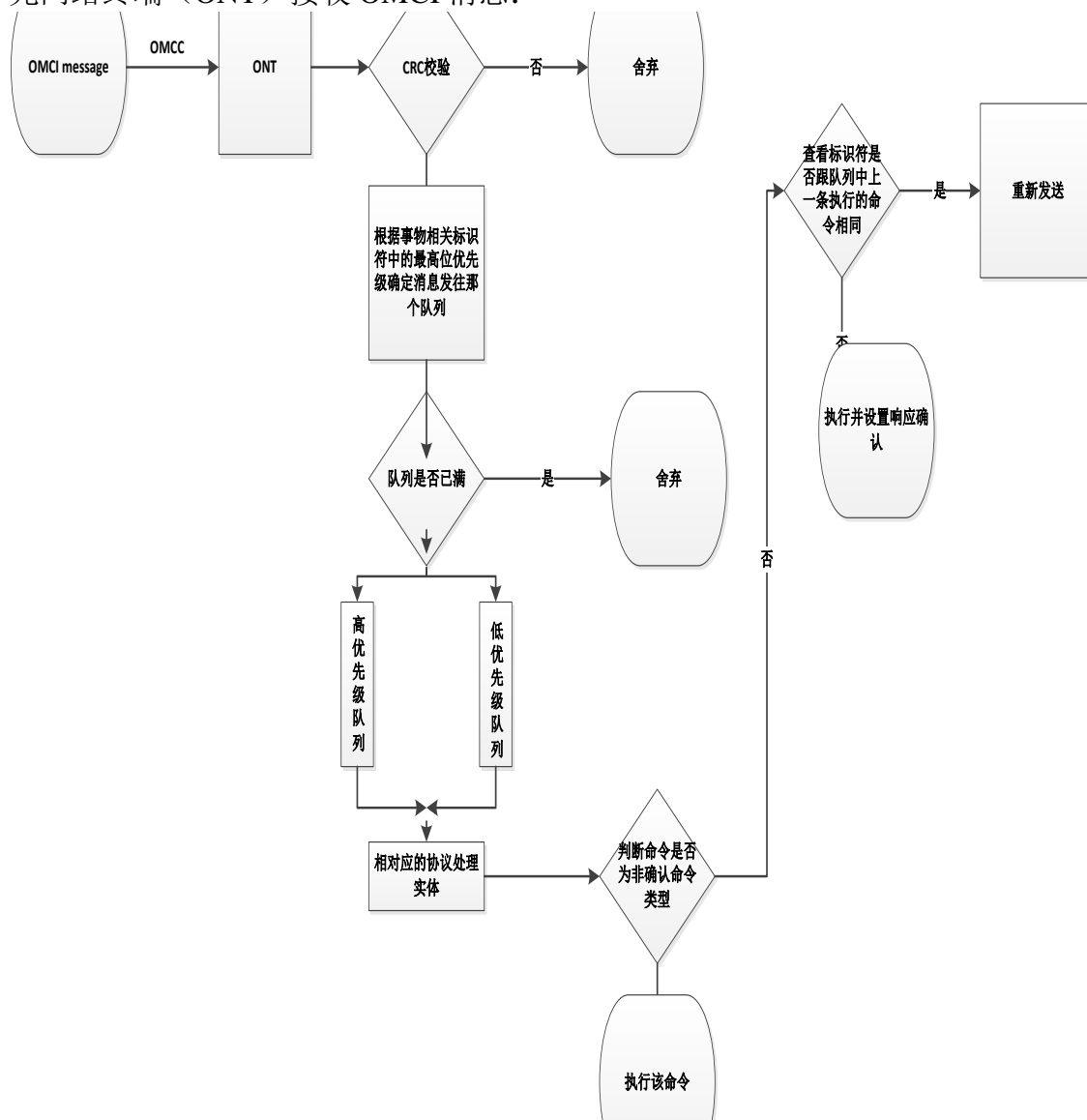


图 4-4 OMCI 接受消息

要注意，该定时器（ T_i ）和重试计数器（ R_i ）只保持在光线路终端(OLT) 控制器中，在光网络终端（ONT）中不存在这种定时器。此外，用于定时器到时终止（ T_{maxi} ）和重试（ R_{maxi} ）的缺省值的目标不是标准化。建议对于每个优先等级， T_{maxi} 和

光网络终端（ONT）发送 OMCI 消息：

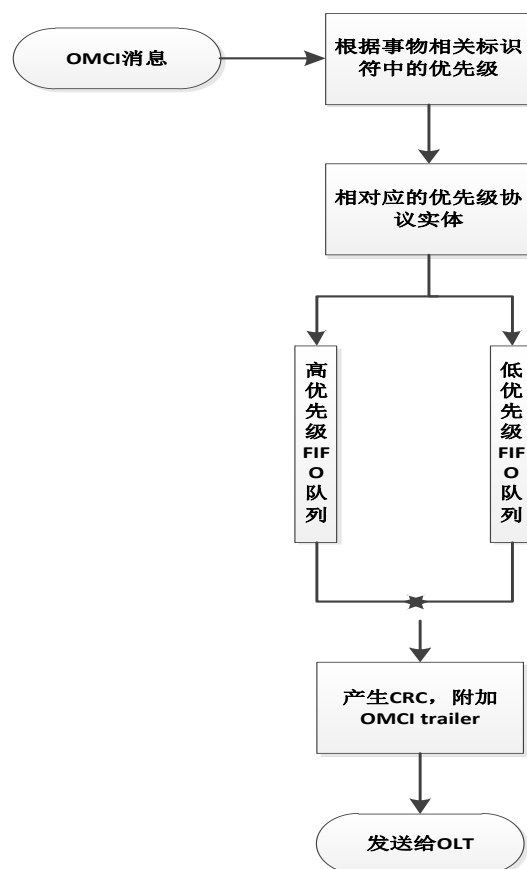


图 4-5 发送 OMCI 消息

R_{maxi} 的缺省阈值均可独立配置。对于典型的消息传输迟延加命令消息响应时间，应计入用于 T_{maxi} 的缺省值（即高优先等级阈限）。

下图示出 OMCC 链路不永久断开情况下的这些消息流的控制/差错纠正程序。首先，光线路终端(OLT) 发出一个优先等级为 0 的确认事务处理请求（消息 1）。接下来（即在消息 1 仍在持续时），光线路终端(OLT) 发出一个优先等级为 1 的附加确认事务处理请求（消息 2）。这两个命令被接收，并以相应的响应（确认消息）的方式被执行，通过光网络终端（ONT）送回光线路终端(OLT)。对消息 1 的确认由光线路终端(OLT) 按时接收，但对消息 2 的响应被丢失，不能接收。

光线路终端(OLT) 检出因定时器 T1 到时终止而劣化的某些成分，因此光线路终端(OLT) 重发原先的命令（消息 2）。要注意，光网络终端（ONT）检出该重发命令与最后收到的（用于优先等级 1 的）命令，因此不再执行它。光网络终端(ONT)

光网络终端（ONT）发送通知信息：



图 4-6 发送通知信息

简单地重发基于消息 2 前一次执行的原先的响应, 将其按时送达光线路终端(OLT)。最后, 光线路终端(OLT) 发出一个优先等级为 0 的确认事务请求 (消息 3), 但该消息本身已被丢失, 不能由光网络终端 (ONT) 正常接收。在相关定时器 (T0) 到时终止之后, 光线路终端(OLT) 重发该命令, 程序到此完成。发送信息重传如图 4-7, 接收信息重传如图 4-8。

4.3 配置管理模块设计

配置管理子模块主要是通过管理控制接口(OMCI) 定义的光网络终端 (ONT) 的各业务实体, 实现对光网络终端 (ONT) 的吉比特无源光网络 (GPON) 业务、组播业务、TDM、VOIP、端口管理等业务功能的配置。同时离线配置使 光网络

终端（ONT）不需要保存配置信息，上线后配置自动恢复。

本节介绍几种主要配置功能的设计，包括配置命令、配置的实体、属性值和命令处理函数的流程设计。

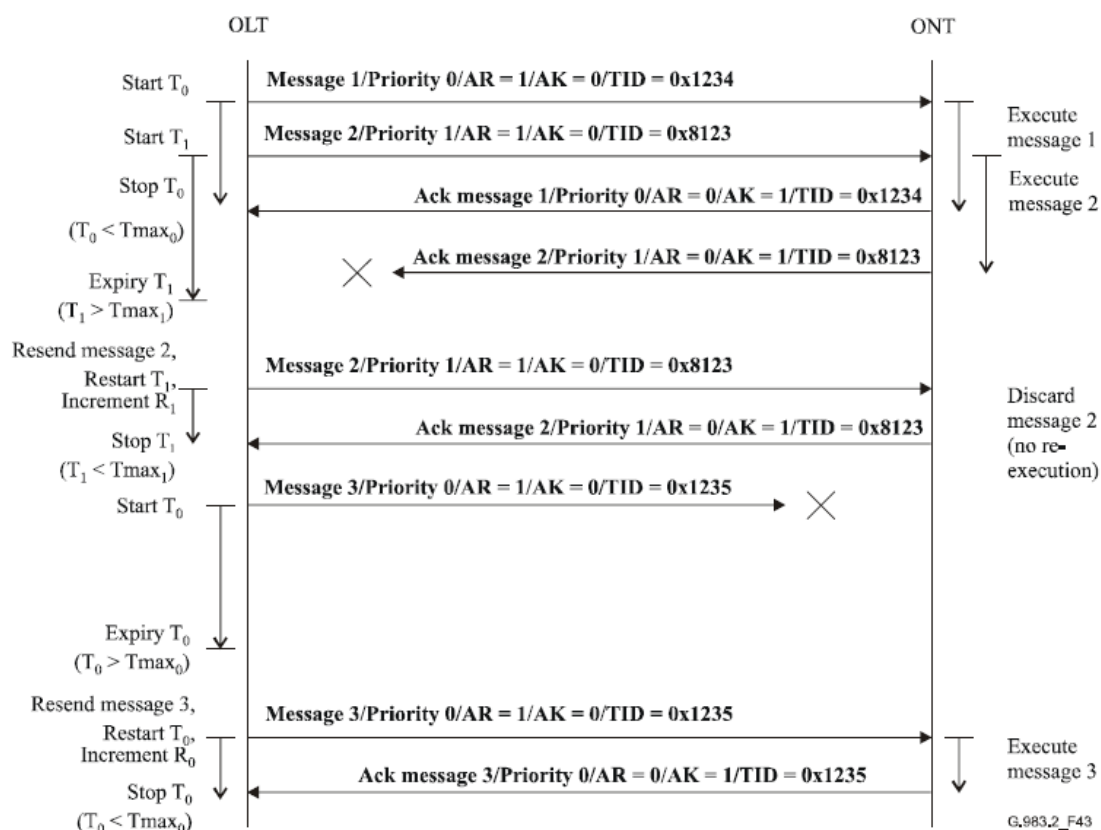


图 4-7 发送信息重传

4.3.1 端口配置

对光网络终端(ONT)端口配置分为端口性能参数配置和 VLAN 配置两部分。表 4-3 中描述了端口配置命令、命令功能及配置参数。命令中斜体表示需要输入的参数，[]表示命令配置时的可选项，{x|y|...}表示从两个或多个选项中选一个，表中命令的模式为吉比特无源光网络(GPON)端口配置模式，如 olt(config-gpon-0)为吉比特无源光网络（GPON）0 端口配置模式。

列出了完成端口性能参数的配置命令需要用到的实体、实体属性及命令处理函数。其中光网络终端（ONT）端口能力配置命令在光网络终端（ONT）注册前

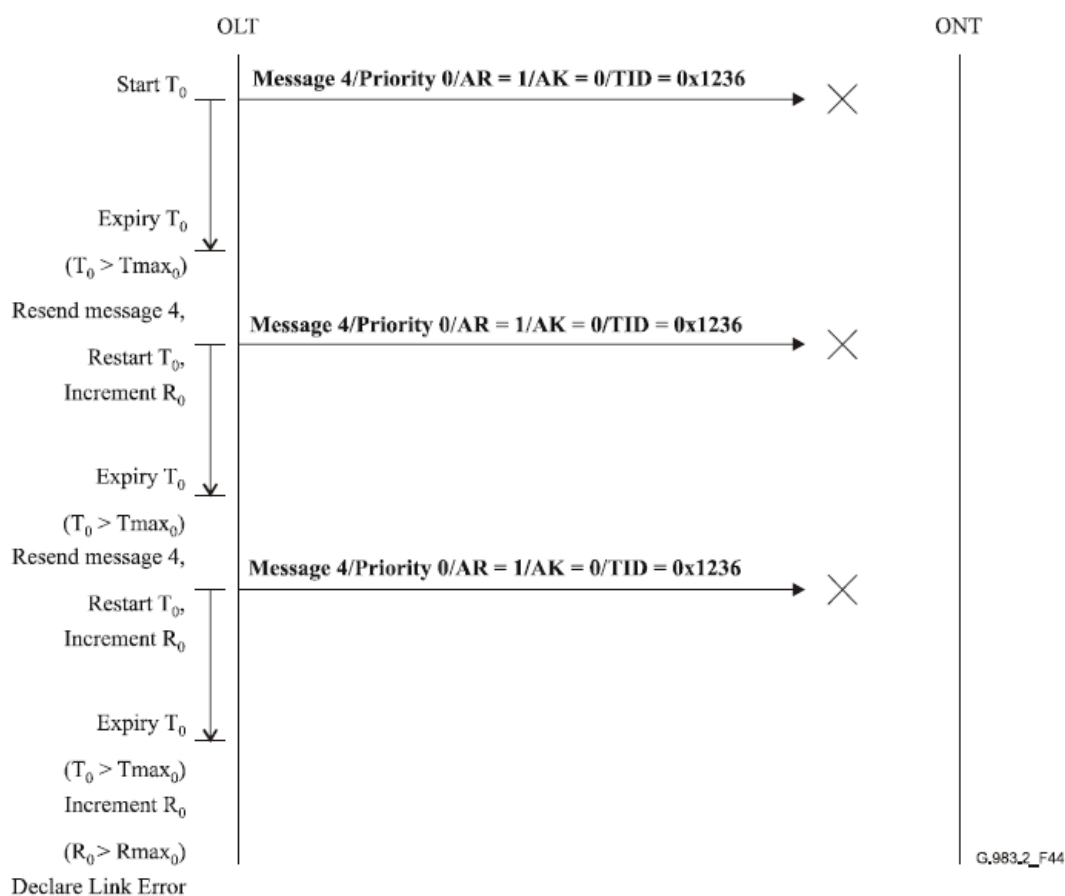


图 4-8 接受信息重传

完成，表明光网络终端（ONT）的端口类型及端口个数，应该与注册光网络终端（ONT）的实际端口类型保持一致。命令处理函数 `proPortType()` 不发送 管理控制接口(OMCI) 消息至光网络终端（ONT），用于光线路终端(OLT) 维护该光网络终端（ONT）的数据库库，根据输入的光网络终端（ONT）的端口类型及参数在光线路终端(OLT) 的数据库库中增加该光网络终端（ONT）的 Ethernet UNI 和 POTS UNI 实体。

4.3.2 基本业务配置

光网络终端（ONT）注册是指光网络终端（ONT）开通业务后，在 光线路终端(OLT)中录入光网络终端（ONT）的设备信息，当光网络终端（ONT）上电启动，光线路终端(OLT)检测到该光网络终端（ONT）时，通过 PLOAM 消息获取光网络终端（ONT）的序列号，查询数据库 库，如果存在该光网络终端（ONT）的注册信息，则允许其接入吉比特无源光网络（GPON）网络。

表 4-3 端口配置命令

配置命令	功能描述	配置参数
Ont id eth num pots num	ONT 端口能力配置应于 ONT 实际端口能力保持一致	Id: ont id Num:端口个数
Ont id eth portId Duplex {autoflhalf} Speed {101100110001auto}	设置以太端口双工模式和速率	Id: ont id portId:以太端口号
Ont id eth portId Flow control {onloff}	设置以太端口流量控制功能 开启和关闭	Id: ont id portId:以太端口号
Ont id eth portId vlan vlanId {commonltransparentl qinq } [pri pri]	设置端口 vlan Common:更改报文 vid Transparent: 透传报文 Qinq: 报文加外层 vlan	Id: ont id portId:以太端口号 vlanId: 端口 vlan id pri: 报文优先级

光网络终端（ONT）采用序列号注册，注册信息除序列号外还包括上行数据流的 QoS 模式：

速率控制和优先级调度；

1) 业务流映射模式：VID、优先级（pri）、TCI (vid 和 pri)，配置命令、配置参数、操作实体和命令处理函数如表 3-3 所示，其中命令处理函数 proOntRegister () 不存在与光网络终端(ONT)的管理控制接口(OMCI)消息交互，仅将输入的 ONT-G 和 ONT2-G 的实体属性信息插入到数据库库的设备数据表中。

2) GEM Port 与 T-CONT 绑定

描述了吉比特无源光网络（GPON）的复用机制，T-CONT 传输容器用于 ONT 上行数据带宽分配，每个 T-CONT 包括一个或者多个 GEM Port。因此为光网络终端（ONT）分配 GEM Port 和 T-CONT 后，还应指定两者的对应关系，对 GEM Port 和 T-CONT 进行绑定，同时指明该 GEM Port 对应的 QoS 方式是队列控制或速率控制，只有正确对 GEM Port 和 T-CONT 进行绑定后，光网络终端（ONT）才可以传输 吉比特无源光网络（GPON）业务。具体的配置命令及操作实体相关信息如下：^[24]

配置命令：Ont id gem bind port portId tcont tcontId {pri-queue queueId |gem port-rate cir pir}

配置参数：id:onu id portId:GEM PortID tcontId: T-CONT ID queueId:优先级队

列 ID cir:承诺速率 pir:峰值速率

操作实体：Priority queue-G、T-CONT、GEM traffic descriptor、GEM port network CTP。

实体属性：Alloc-id、Port id value、T-CONT pointer、Traffic management pointer for upstream、Traffic descriptor profile pointer、Related port、CIR、

命令处理函数：proGemBind()，函数的具体处理流程所示，图中详细描述了该命令对应的 管理控制接口(OMCI)消息及相关操作实体的属性信息。

3) 业务流映射

业务流映射功能是为了实现吉比特无源光网络（GPON）系统对宽带接入、VOIP、IPTV 等不同业务所要求的服务质量，而将多种业务流映射至不同的 GEM Port 内进行传输。为更明确业务流映射的方式及作用，下面先简单介绍下吉比特无源光网络（GPON）系统的 QoS 基本原理。上行方向的数据在光网络终端侧（ONT）首先对不同业务的数据信息进行分类，通过 VID 或者 802.1p 的 pri 优先级标记不同的业务，然后将不同业务映射至对应的 GEM Port。对于各个 GEM Port 的 QoS 可以通过指定其对应的 T-CONT 的优先级队列，通过队列调度实现其 QoS 的具体要求，也可以指定该 GEM Port 具体的限制速率保证其映射业务的 QoS 要求。对于各个 T-CONT 的管理采用 DBA 方式，由 光线路终端(OLT) 根据具体配置要求及 T-CONT 类型动态分配其所需带宽，保证不同业务的具体服务质量的要求。光线路终端(OLT) 从 T-CONT 中拆出 GEM 帧，然后对每个 GEM port 接收到的业务流分别进行流分类，并将用户侧的 VLAN 切换运营商网络的服务 VLAN，并指定不同业务流对应的 802.1p 优先级，再完成基于 802.1p 的 QoS 调度后发送到 SNI 接口。

4.3.3 组播功能配置

光网络终端（ONT）的组播配置主要是通过设置光网络终端（ONT）的 IGMP Snooping 及端口的组播 VLAN，实现光网络终端（ONT）的组播功能，从而节约 吉比特无源光网络（GPON）链路上的传输带宽。表 4-4 列出了组播功能的配置命令、命令参数及操作实体信息。

组播命令的具体处理函数，创建子进程前的处理流程与其它配置函数均相同，子进程首先在 数据库 库中查找是否存在配置光网络终端（ONT）的实体表项，

如果已经存在则通过 set 消息设置属性。其中 IGMP function enable 选项设为 0, disable 设为 3; VLAN Association type 属性为 2, Associated ME pointer 属性值为 Physical path termination point Ethernet UNI 实体的 meId。如果该实体不存在, 则通过 create 消息创建, 同时设置属性值。此外组播 Vlan 的配置收到 光网络终端 (ONT) 返回的成功消息后, 在发送一次 set 消息配置 Received frame VLAN tagging operation table 属性。

4.4 性能管理模块设计

性能管理模块主要是根据光线路终端 (OLT) 的配置命令参数, 发送 get 消息至光网络终端 (ONT), 从光网络终端 (ONT) 返回的 get_rsp 消息的解析出其以太网端口和 PON 端口的数据统计信息, 用于吉比特无源光网络 (GPON) 网络的数据监测及性能优化。

表 4-4 组播配置表

配置命令	功能描述	配置参数	操作实体	实体属性
Ont id igmp-snooping{ enable disable}	设置 IGMP Snooping 状态 使能,去使能	Id: ont id	Multicast Operations profile	IGMP function
Ont id multicast-vlan vlanId eth portId	设置以太网端口 组播 vlan	Id: ont id portId:以太网 端口 vlanId: 组播 vid	Physical path termination point Ethernet UNI Extended VLAN tagging operation configuration data	Association type associated ME pointer, received fram VLAN tag operation table

4.5 告警管理模块设计

为了能更好的实时监控吉比特无源光网络 (GPON) 网络, 及时对各种设备及链路路障做出响应, 提高吉比特无源光网络 (GPON) 系统传输的可靠性, G.984.3 标准中定义了监测链路及光网络终端 (ONT) 设备的多种告警, 大致可分为: 连通性告警, 如解除 ONU-ID、链路不匹配等; 服务质量类告警, 如下行信号失效、帧丢失等; 设备类告警, 如光网络终端 (ONT) 发射机失效、设备错误等; 处理失败类告警, 如 GEM 通道定界失败等; 环境类告警如 光网络终端 (ONT) 收到未知信息等。当光网络终端 (ONT) 监测到上述告警时, 不仅在链路上启动告警, 通过 PLOAM 消息或管理控制接口(OMCI)消息告知光线路终端(OLT), 而且还可选择在光网络终端 (ONT) 设备上显示告警, 及时处理告警信息, 同样光线路终端(OLT)对收到的光网络终端 (ONT) 的告警信息也应及时显示, 告知管理员进行

故障处理。告警门限配置如表 4-5。

目前对于标准中定义的告警信息，大部分是通过 PLOAM 消息交互的，在本文的吉比特无源光网络（GPON）系统中应用的吉比特无源光网络（GPON）芯片会对告警的 PLOAM 消息进行处理，并提供中断函数处理接口供系统调用。本文的终端管理系统处理的是应用管理控制接口(OMCI)消息交互的告警类信息，考虑到 管理控制接口(OMCI) 协议标准中部分告警信息与 PLOAM 消息中的定义重复，不需要再通过 管理控制接口(OMCI)消息传递，本文设计实现的是当光网络终端（ONT）数据采集模块检测到统计数据超过光线路终端(OLT)设定的告警阈值时，触发告警系统，同时发送管理控制接口(OMCI)消息至光线路终端(OLT)。

表 4-5 告警门限配置

配置命令	功能描述	配置参数	操作实体	操作函数
Gpon alarm-profile add pro-id	告警门 限模板 设置	Pro-id:模 板 id	Ethernet PM history data/2/3 Threshold data 1/2	proAlarm()
Ont id alarm-profile pro-id	绑定告 警门限 模版	Id: onu id Pro-id:模 板 id	GEM port performance monitoring history data Ethernet PM history data/2/3	proAdam()

光线路终端(OLT)的终端管理系统在初始化时，即创建告警进程用于监控接收到的光网络终端(ONT)的告警信息。光线路终端(OLT)接收到管理控制接口(OMCI)消息后，进行消息类型判断如果为 alarm 消息，则将其发送至对应的消息队列，同时告警进程阻塞等待接收该消息队列的消息，然后解析接收到的 alarm 消息，根据实体类型和属性掩码字段识别告警信息，并在光线路终端(OLT)的控制台显示告警信息。

4.6 本章小结

本章分析了 GPON 系统的软件架构，分析设计了 OMCI 协议的流程和具体的消息封装格式，分析设计了 OMCI 消息的从 OLT 发送和接受的机制和重传机制。分析设计了 OMCI 的各个子模块的功能，配置管理模块，性能管理模块，告警管理模块等的功能。

第五章 协议实现

光线路终端(OLT)是吉比特无源光网络(GPON)系统的局端设备,网络管理员可以通过光线路终端(OLT)的命令行接口对光网络终端(ONT)进行远程管理和监控。光线路终端(OLT)终端管理系统的主要功能包括:分析处理输入的管理命令,将命令转换成对应的管理控制接口(OMCI)消息发送给光网络终端(ONT),实现光网络终端(ONT)设备的零配置和业务的开通、发放;维护管理控制接口(OMCI)数据库的数据信息;获取光网络终端(ONT)的性能统计信息;显示光网络终端(ONT)上报的告警信息供管理员及时处理系统故障。

5.1 软件程序结构设计

5.1.1 软件结构设计

本章主要介绍管理功能子模块的具体设计方案。

光网络终端(ONT)终端管理系统软件由三大模块构成:管理控制接口(OMCI)数据库库管理子模块、管理功能子模块、管理控制接口(OMCI)协议管理子模块,如图5-1所示,其中管理控制接口(OMCI)数据库库管理子模块、管理控制接口(OMCI)协议管理子模块与光线路终端(OLT)设备的实现大体相同,且功能更为简单。

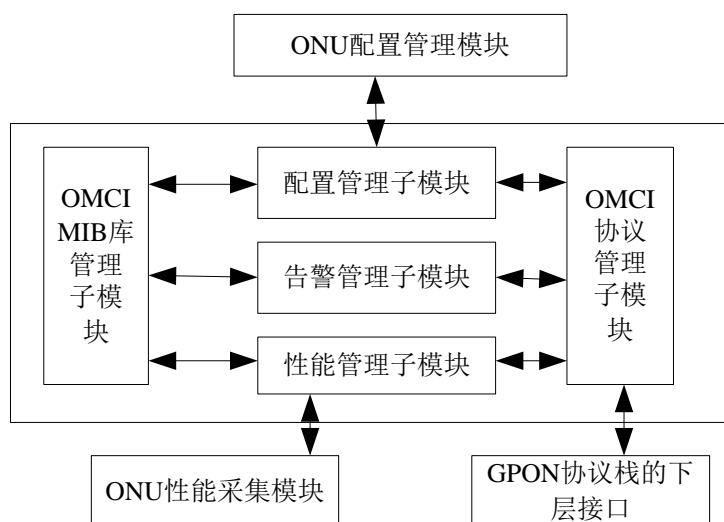


图 5-1 进程结构

1) 管理控制接口(OMCI)主进程:主要负责吉比特无源光网络(GPON)的硬

件参数初始化和控制接口 (OMCI) 参数初始化，

并在主进程中开启各个线程分别为：

omci-recv: OMCI 消息的收发

omci-handle: OMCI 消息的处理

omci-event: OMCI 状态改变事件的处理

omci_cli: OMCI 命令的处理

```
int omci_main(void *arg)
{
    init_me();
    init_all_me();
    init_all_me_anditional();
    os_create_thread(omci_recv_proc, "omci-recv",.....);
    os_create_thread(omci_handle_proc, "omci-handle", ....);
    os_create_thread(omci_event, "omci-event",.....);
    os_create_thread(cli_loop, "omci_cli", .....);
    for(;;) {sleep(1);}
    return 0;
}
```

5.2 OMCI 帧结构实现

管理控制接口 (OMCI) 协议管理子模块。封装 管理控制接口 (OMCI) 消息，通过吉比特无源光网络 (GPON) 协议栈的下层阻塞等待接收中断处理程序的消息队列发送的光线路终端 (OLT) 管理控制接口 (OMCI) 消息，解析管理控制接口 (OMCI) 消息，执行相应命令的操作动作，完成各个执行命令功能后，返回管理控制接口 (OMCI) 响应至光线路终端 (OLT)。对开启或关闭性能统计管理功能的消息，并且发送这些相应消息至性能采集消息队列，立即通知性能采集进程，OMCI

获取性能统计实体 entity 属性值时,通过互斥信号量的设置来防止性能采集进程同时被其他进程修改该实体的属性值。对告警门限的设置是:发送相应消息内容至其消息队列通知告警进程来修改或者创建相应实体,并且接收告警消息队列中的告警信息数据,并且发送至光线路终端(OLT)。

消息的 header 结构体定义

```
typedef struct
{
    unsigned short priority:1; /* packet priority */

    unsigned short trans_id:15;

    unsigned char db:1;      /*reserved for the destination bit (DB),In the OMCI
this bit is zero*/

    unsigned char ar:1;      /* acknowledge request, if or not need
acknowledgement */

    unsigned char ak:1;      /* acknowledgement, indicates whether or not this
message is an acknowledgement to an action request*/

    unsigned char msg_type:5; /*indicate the message type. Codes 0 to 3 and 29
to 31 are reserved for future use. Codes 4 to 28 are used by this specification*/

    unsigned char device_id; /*this field is defined as 0x0A*/

    unsigned short entity_type; /* Entity class */

    unsigned short entity_id; /* Entity instance */

}omci_packet_header_t;
```

以下是代码入口,入口处理函数是 omci_rcv_proc ():

```
void* omci_rcv_proc(void *arg)
{
    int len = 0;

    unsigned char omci_msg[128] = {0};
```

```
omci_packet_header_t *omci_header = NULL;

omci_header = (omci_packet_header_t*)omci_msg;

int priority = 0;

init_omci();

while (1)
{
    len = omci_rcv(omci_msg, (unsigned int)sizeof(omci_msg));

    if (len < 0)
    {
        init_omci();
    }
    else if (len > 0)
    {
        if ((omci_msg[0] & 0x80) == 0x80)
            priority = 1;
        else
            priority = 0;

        omci_msg_enqueue((char*)omci_msg, len, priority, 0);
    }
}

return NULL;
}
```

管理功能子模块的功能。管理功能子模块解析接收的管理控制接口 (OMCI) 消息，并且根据消息类型的不同来调用不同的管理模块，最终实现管理控制接口 (OMCI) 消息的指定执行操作内容，同时返回光网络终端 (ONT) 执行结果的管理

控制接口 (OMCI) 响应消息数据, 具体又包括以下三个管理子模块: 告警管理子模块; 性能管理子模块; 配置管理子模块。

5.3 配置管理实现

配置管理子模块功能: 根据管理控制接口 (OMCI) 消息内容修改 光网络终端 (ONT) 数据库库的对应实体属性值, 调用光网络终端 (ONT) 的相关配置管理模块实现具体配置命令, 将配置命令的执行结果数据内容返回至光线路终端 (OLT)。光网络终端 (ONT) 设备作为终端管理系统中被管理的对象实体, 不需要主动发起除告警信息以外的其它任何管理控制接口 (OMCI) 消息至光线路终端 (OLT), 因此其中运行的管理系统的主要任务即为解析接收到的光线路终端 (OLT) 的管理控制接口 (OMCI) 消息, 根据其中的消息内容、操作实体、消息类型判断需要光网络终端 (ONT) 执行的具体操作, 然后调用相关的光网络终端 (ONT) 功能模块, 完成具体配置任务后, 将配置结果返回至光线路终端 (OLT)。配置管理功能各配置命令的实现流程大体相同, 图 5-2 表示的即为光网络终端 (ONT) 配置管理函数的具体处理流程。

1) 端口参数配置

实现函数为 `ml_pptp_eth_uni_prehandle()` 首先根据报文中属性屏蔽和属性值, 修改数据库表项 `me_pptp_eth_uni_attr UNI` 的各属性值。再调用以太网端口模块提供的接口函数完成端口配置相关操作, 最后确认回复给光线路终端 (OLT)。结构体为:

```
typedef struct
{
    unsigned char *expected_type;    /* 1 byte */
    unsigned char *sensed_type;      /* 1 byte */
    unsigned char *auto_detect_config; /* 1 byte */
    unsigned char *eth_loopback_config; /* 1 byte */
    unsigned char *admin_state;       /* 1 byte */
    unsigned char *operate_state; /* 1 byte */
    unsigned char *config_ind;        /* 1 byte */
}
```

```

unsigned short *max_frame_size; /* 2 bytes */
unsigned char *dte_dce_ind;      /* 1 byte */

```

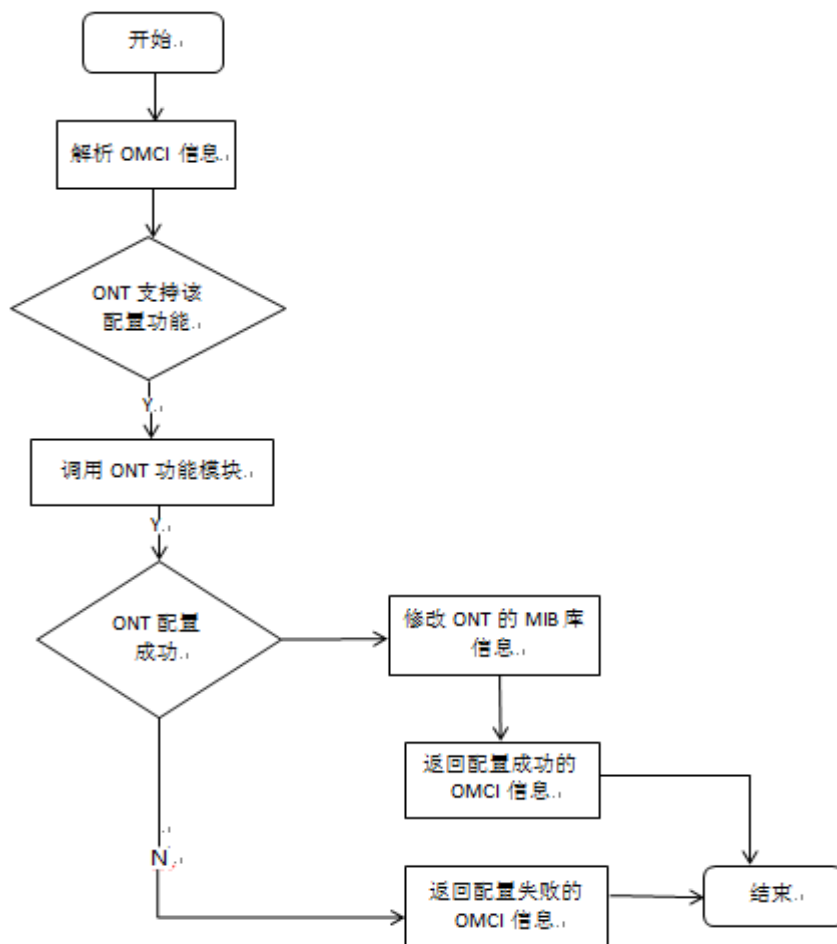


图 5-2 配置管理流程图

```

unsigned short *pause_time;      /* 2 bytes */
unsigned char *bridge_ip_ind;    /* 1 byte */
unsigned char *arc;               /* 1 byte */
unsigned char *arc_interval;     /* 1 byte */
unsigned char *pppoe_filter;     /* 1 byte */
unsigned char *power_control;    /* 1 byte */
}me_pptp_eth_attr_t;

```

2) 端口 VLAN 配置

实现函数 `extend_vlan_tocd_create` 是首先完成数据库表项的操作后,调用 VLAN 模块的接口函数 `ml_vlan_rule_uni_query (int uni_entity_id)` 将对应以太网端口加入 VLAN,调用接口函数 `me_add_object` 设置 VLAN 模式,回复给 光线路终端(OLT)。

3) GEM Port 与 T-CONT 绑定

ONU 根据接收 OMCI 报文的类型判断为 `set` 报文,调用函数 `ml_set_rsp()`。`ml_set_rsp()`函数根据实体类型判断为 T-CONT 的具体实体数值,调用 `ml_setTcont()`函数。`ml_setTcont()`函数首先修改数据库 T-CONT 内容的 Allocid 值,然后增加 ONT Data 值,再调用芯片提供的 API 设置 Tcont 的 Allocid,最后发送 `ml_send_set_rsp` 给 光线路终端(OLT)。

ONU 根据接收 OMCI 收报文的类型判断为 `create` 报文,调用函数 `ml_create_rsp()`。`ml_create_rsp()`函数根据实体类型判断为 GEM traffic descriptor 实体,调用 `ml_createTrafficDes ()`函数。

`ml_createTrafficDes ()`函数首先根据 OMCI 报文中的属性屏蔽及属性值来创建相应的 GEM traffic descriptor 实体,然后增加 ONT Data 的值,再调用芯片提供的 API `ml_Configure_Rate_controller (Rate-Controll-ID,cir,pir)` 设置速率控制器的参数。最后发送 `ml_creat_rsp` 给光线路终端(OLT)。

ONU 根据接收 OMCI 报文的类型判断为 `create` 报文,调用函数 `create_rsp()`。`ml_create_rsp()`函数根据实体类型判断为 GEM port network CTP 实体,调用 `ml_createGemPort ()`函数。`ml_createGemPort ()`函数首先根据报文中的属性屏蔽及属性值来创建相应的 GEM port network CTP 表项实体的值,然后增加 ONT Data 数据表项的值。如果 GEM port network CTP 实体的 Traffic management pointer for upstream 上传数据值有效,则查找 `meId` 与该属性值相同的优先级队列 `Priority queue-G` 实体获取相关 Related port 的属性值,最后发送 `ml_creat_rsp` 给 OLT。

4) ONT 业务与 GEM PORT 映射

在 4.4.3 节中描述了实现各种映射方式的具体过程。光网络终端 (ONT) 在回应 OLT 的请求

创建的各实体 GEM interworking termination point, MAC bridge service profile, MAC bridge port configuration data 对芯片 API 调用设置在函数 `ml_create802.1p()`

和 ml_createVlanFilter()中。

5.4 性能管理实现

性能管理子模块（QOS）功能：具有单独的处理操作模块功能，根据具体命令创建或删除统计实体数据，对启动统计功能的实体定时访问光网络终端（ONT）的性能采集模块，获取光网络终端（ONT）的性能统计数据，更新数据库库的统计实体属性，QOS 并定时交换实体的当前实例与历史实例匹配，对查询统计命令将实体信息封装至管理控制接口（OMCI）消息中，最终发送统计结果内容至 OLT。

以下是创建 QOS Me 实体的入口函数：

```
void ont_create_priority_queue_id()
{
    unsigned short id = 0;

    int i = 0;

    id = 0x8000;

    for (i = 0; i < TCONG_GEM_QUEUE_NUM; i++) {

        priority_queue_init_create(id);

        id++;    }

    id = 0x0000;

    for (i = 0; i < UNI_PORT_QUEUE_NUM; i++){

        priority_queue_init_create(id);

        id++;    }}
```

5.5 告警管理实现

告警管理子模块功能：ONU 接收告警门限设置消息，并且创建在 ONU 对应实体，定时比较统计数据和设置门限值，对超过阈值的属性及时发送管理控制接口（OMCI）告警消息至 OLT。

```
int omci_send_alarm_to_olt(me_t *me, me_object_t *me_object)
{
    omci_packet_t packet;

    .....

    packet.header.entity_id = me_object->entity_id;

    packet.me_data.me_object = me_object;

    packet.me_data.alarm_seq = g_alarm_seq++;

    .....

    omci_build_response(me, &packet, OEC_SUCCESS, NULL, out_buf);

    omci_send(out_buf, OMCI_MESSAGE_LEN);
}
```

5.6 数据管理实现

管理控制接口 (OMCI) 数据库管理子模块功能。初始 `init` 并建立与嵌入式数据库表服务器的连接和交互，对其它功能模块提供对数据库的数据表的访问接口，完成数据库中实体的删除、创建等，实体属性值的获取和设置。

上传数据表到 OLT, 跟光线路终端 (OLT) 同步数据服务。

```
omci_process_mib_upload(omci_packet_t *packet, me_t *me)
```

数据表结构:

```
typedef struct
{
    dlist_t          head;

    me_base_t        me_base;

    unsigned short    object_count;

    unsigned short    reser1;

    me_init_callback_t init_callback;

    create_hook_t     create_hook;
}
```



```
set_hook_t      set_hook;  
  
delete_hook_t   delete_hook;  
  
check_hook_t    check_hook;  
  
dlist_t object_list; /* me_object_t */  
  
}me_t;
```

5.7 本章小结

本章具体实现了 OMCI 协议的执行，程序主进程主要负责 GPON 的硬件参数初始化和控制接口 (OMCI) 参数初始化，各个子线程执行具体的 OMCI 功能模块的实现：包括消息的收发处理，解析等。设计实现了各个子模块的主结构体和功能实现流程。也为第六章的测试分析验证，搭建了初步的测试环境和网络构架。

第六章 测试与分析

6.1 测试环境的搭建

吉比特无源光网络（GPON）终端管理系统的功能测试所需要验证的主要功能包括：我们的光线路终端（OLT）采用华为的 MA5680T，具体参数和性能上文已经介绍，吉比特无源光网络（GPON）、端口性能统计功能、端口告警门限设置、基本业务的开通等，其中吉比特无源光网络（GPON）基本业务的开通功能是指通过配置 ONT- MA5680T，开通吉比特无源光网络（GPON）业务后，用户的 PC 机能通过吉比特无源光网络（GPON）系统接入互联网输入命令操作，并能进行正常的数据通信传输。根据上述测试环境项要求，搭建如图 6-1 所示网络用于搭建测试该 GPON 终端管理系统，其中用户 PC 机连接光网络终端（ONT）设备的以太网端口，光网络终端（ONT）的吉比特无源光网络（GPON）端口由光纤、分光器连接至 光线路终端（OLT）的吉比特无源光网络（GPON）端口，光线路终端（OLT）通过 GE 以太网接口上连 LAN 交换机接入互联网，光线路终端（OLT）查看注册上的 ONU 设备信息，如图 6-1 所示，光线路终端（OLT）通过 serial RS232 串口连接 PC 机，PC 机上运 SecureCRT 终端仿真软件，通过串口协议连接光线路终端（OLT），因此对光网络终端（ONT）终端设备的远程管理，即可通过在 SecureCRT 终端输入管理命令实现。

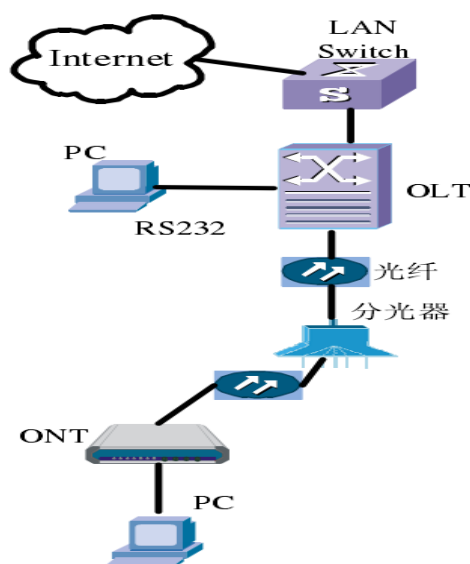


图 6-1 测试环境

6.2 GPON 基本业务的测试

测试目的：验证业务流映射、GEM Port 与 T-CONT 绑定、光网络终端（ONT）端口的配置、光网络终端（ONT）注册等吉比特无源光网络（GPON）基本业务的配置功能。

在进行功能测试前，必须要先配置好网络环境，OLT 和 ONU 等这些设备都需要进行单独配置。OLT 的配置命令都由厂家提供，华为公司能够提供，根据提供的资料，资料在网上都能够查找到！

首先开启 OLT 设备，在 SecureCRT 终端按下述操作步骤输入配置命令：

1. 进入特权模式
`Olt#enable`
2. 进入全局配置模式
`Olt#configure`
3. 创建 VLAN
`Olt(configure)#vlan 20`
4. 上行端口加入 VLAN
`Olt(configure)#port 0 vlan 20`
5. 进入 GPON 端口模式
`Olt(configure)#gpon 0`
6. DBA 配置
`Olt(configure-gpon/0)#ont 0 type1 fix 1024000`
7. ONT 注册
`Olt(configure-gpon/0)#ont add 0 sn mp-01234 gem 8 qos pri map vid`
8. ONT 端口 VLAN 配置
`Olt(configure-gpon/0)#ont 0 eth 0 vlan 10 common`
9. GEM Port 与 T-CONT 绑定
`Olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem bind port 155 tcont 3 pri-queue 3`
10. 业务流映射
`Olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem map 155 vlan 10`
11. 配置保存
`Olt(configure-gpon/0)#exit`
`Olt(configure)#save`

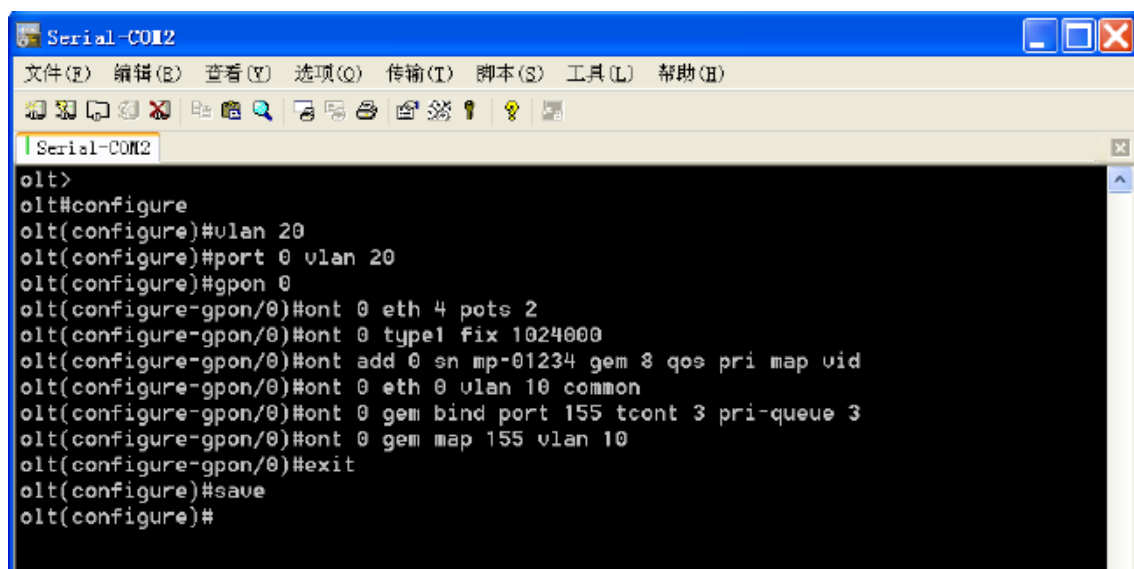


图 6-2 ONT 基本业务开通测试 OLT 配置图

完整的配置过程如图 6-2 所示，OLT 配置完成后，开启 ONT 设备，待 ONT 启动初始化完成后，在 OLT 输入查询命令，获取 ONT 的信息。

12. 查询 ONT 信息

```
Olt(configure)#exit
```

```
Olt(configure)#exit
```

```
Olt#show pon 0 ont 0
```

在OLT上完成ONU注册，ONU数据规划表如表6-1。

1. （可选）新增 DBA 模板，用于 ONU 上行带宽的控制和调度。DBA 模板的操作指导请参下面。

```
MA5680T(config)#dba-profile add
{ profile-id<K>|profile-name<K>|type1<K>|type2<K>|type3<K>|type4<K>|type5<K> } :profile-id
{ profile-id<U><10,512> } :10 //模板编号为 10
{ profile-name<K>|type1<K>|type2<K>|type3<K>|type4<K>|type5<K> } :type3
//带宽类型为“保证带宽+最大带宽”的 DBA 模板
{ assure<K> } :assure
{ assure-bandwidth<U><128,1235456> } :102400 //保证带宽为 100Mbit/s
{ max<K> } :max
{ max-bandwidth<U><128,1235456> } :153600 //最大带宽为 150Mbit/s
Command:
dba-profile add profile-id 10 type3 assure 102400 max 153600
```

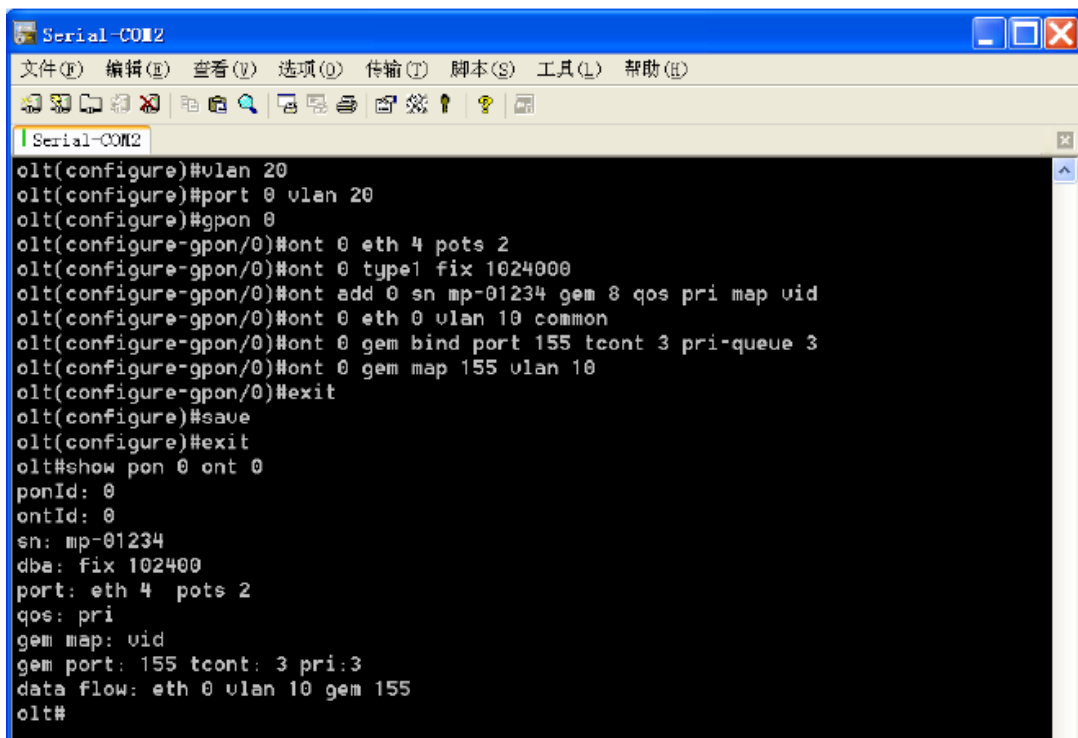


图 6-3 ONT 信息查询结果图

表 6-2 ONU 数据规划表

参数		参数说明
管理通道参数		<ul style="list-style-type: none"> • 管理方式：由网管通过 SNMP 直接管理 • 管理 IP：10.71.43.100/24，网关为 10.71.43.1/24 • 管理 VLAN：8（与 OLT 侧相同） • 认证方式：序列号认证
业务 VLAN（CVLAN）		<ul style="list-style-type: none"> • 上网业务：501~524（一个用户分配一个 VLAN） • 语音业务：4004（OLT 上的一个 PON 端口分配一个 VLAN）
ONU ID		0
序列号（Serial Number）		32303131B39FD641
上行端口		0/0/1（PON 光口）
上网用户	FE 端口	0/1/1~0/1/24
	下行速率	4 Mbps
	上行速率	4 Mbps

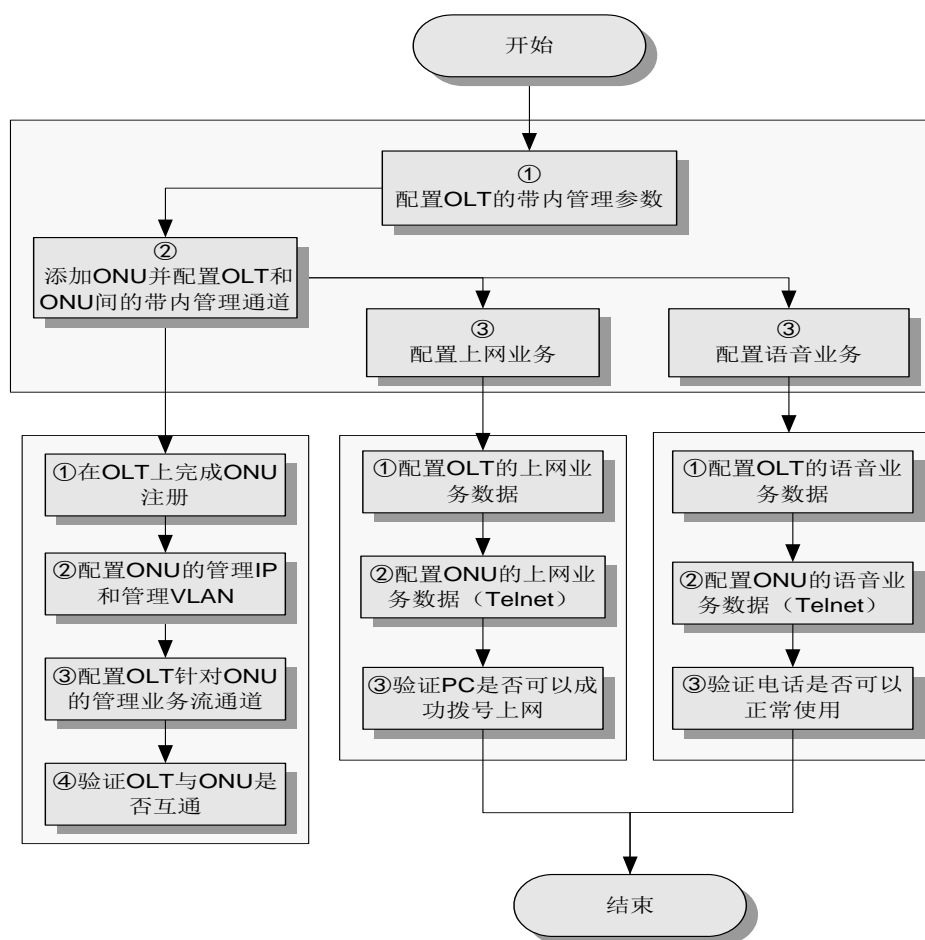


图 6-4 业务配置具体流程

测试结果分析：光网络终端（ONT）接收到吉比特无源光网络（GPON）基本业务配置命令后，将配置信息记录到数据库中，并调用吉比特无源光网络（GPON）协议栈相关函数配置具体光网络终端（ONT）芯片的相关参数。光网络终端（ONT）接收到查询命令时，将数据库中的实体信息封装至管理控制接口（OMCI）消息内，返回至光线路终端（OLT），光线路终端（OLT）解析该管理控制接口（OMCI）消息，显示查询的光网络终端（ONT）信息。

结果图 6-3 中显示的查询获取的 ONT 信息与配置命令中的数据规划相同，说明终端管理系统正确完成了对 ONT 基本业务的配置，包括 T-CONT 与 GEM Port 的绑定及业务流的映射，使得 ONT 设备能通过 GPON 协议栈与 OLT 进行通信，此时连接 PC 机至 ONT，PC 机能成功接入互联网，并进行正常的通信。业务配置具体流程如图 6-4 所示。

6.3 ONT 离线配置测试

测试目的：验证 OLT 对 ONT 的离线配置功能，即 OLT 可以对处于离线状态的 ONT 进行配置，在 ONT 上电启动后，终端管理系统自动发放记录的配置命令，完成 ONT 的相关配置。

测试通过对离线 ONT 的以太网端口 VLAN 进行配置，验证该离线配置功能。首先关闭 ONT 设备，在 OLT 的控制台按下述步骤输入命令：

1. 查询离线配置前的 ONT 以太网端口 VLAN 数据信息

```
Olt (configure) #exit
```

```
Olt#show pon 0 ont 0 vlan
```

2. 进入 GPON 0 的端口模式

```
Olt#configure
```

```
Olt (configure) #gpon 0
```

3. 配置以太网端口 VLAN

```
Olt (configure-gpon/0) #ont 0 eth 1 vlan 10 common
```

4. 保存配置信息

```
Olt (configure-gpon/0) #exit
```

```
Olt (configure) #save
```

由图 6-5 可以看出，在对 ONT 进行离线配置前，ONT 的以太网端口 VLAN 表中仅包括在 GPON 基本业务开通时，配置的端口 0 的 VLAN 表项。

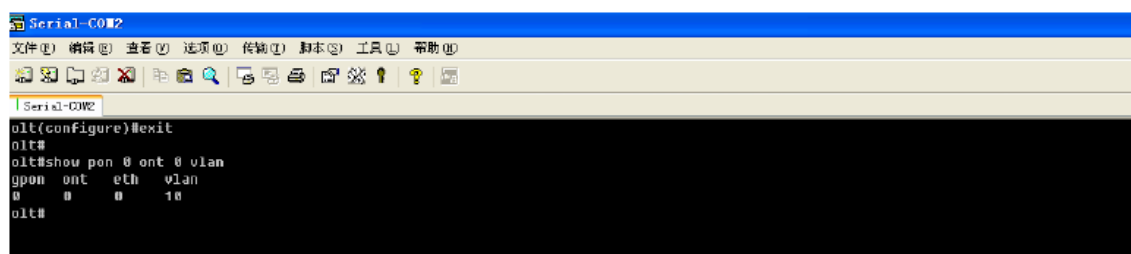


图 6-5 离线配置前 ONT 的以太网端口 VLAN 图

具体输入配置命令的 OLT 控制台如图 6-6 所示，配置以太网端口 1 的

VLAN ID 为 10。在完成配置后，开启 ONT 设备，待其完成启动，且正常接入互联网后，在 OLT 端输入查询 ONT 端口 VLAN 命令，查看配置结果。

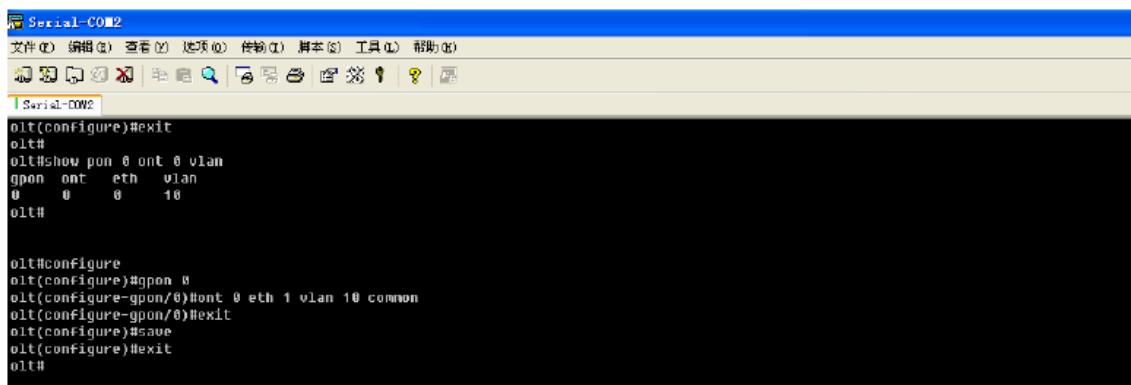


图 6-6 ONT 离线以太网端口 VLAN 配置图

5. 查询 ONT 的以太网端口 VLAN 数据表

Olt (configure) #exit

Olt#show pon 0 ont 0 vlan

测试结果分析：图 6-7 为离线配置后的 ONT 以太网端口 VLAN 表项图，从图中可以看出，与配置前的 VLAN 表项相比，VLAN 表项中增加了离线配置的以太网端口 1，成功验证了终端管理系统对 ONT 的离线配置功能。

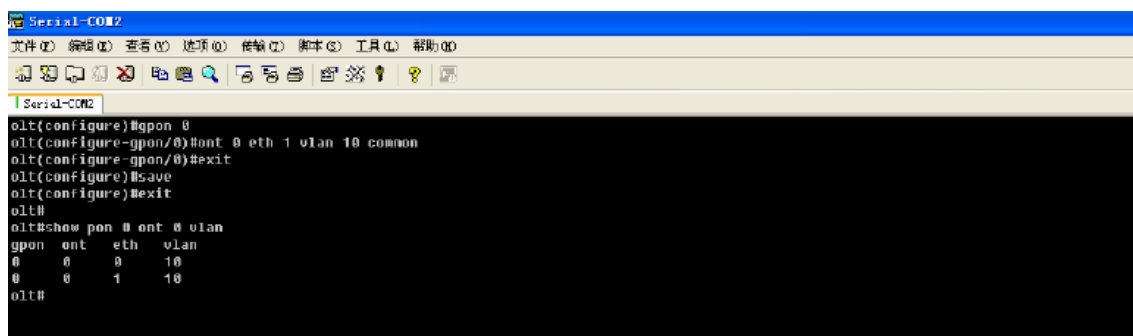


图 6-7 ONT 离线以太网端口 VLAN 配置结果图

6.4 ONT 组播配置测试

测试目的：验证终端管理系统对 ONT 的组播 IGMP-Snooping 及组播 VLAN 的配置功能。

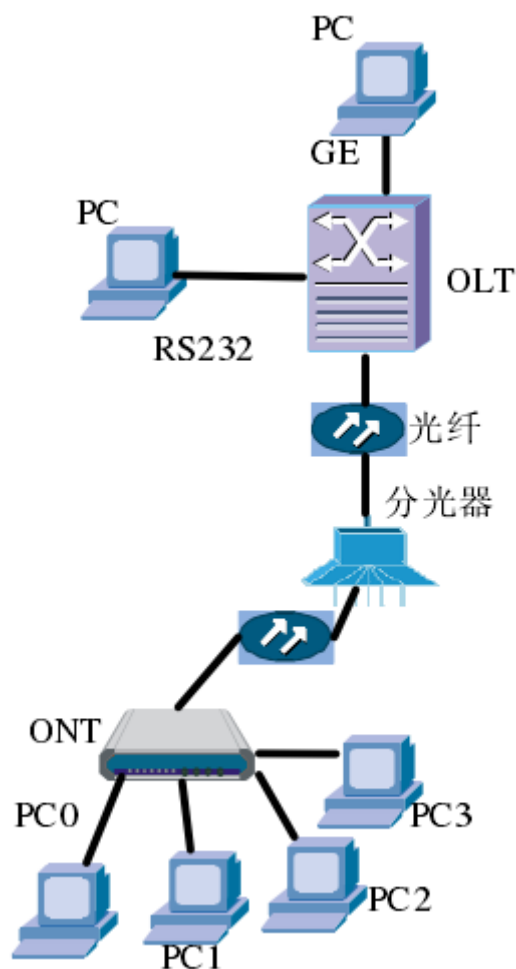


图 6-8 ONT 组播配置测试组网图

图 6-8 为 ONT 组播配置的组网图，与上述测试 GPON 基本配置所使用的网络不同的是 OLT 的 GE 端口不再连接 LAN 交换机而是连接 PC 机，目的是通过在 PC 机上运行发包软件 WlidiPackets OmniPeek 编辑组播报文发送至 OLT，ONT 的 4 个 FE 以太网端口均连接 PC 机，且均运行 WlidiPackets OmniPeek 软件，通过该软件编辑、发送组播加入申请的 IGMP 报文，同时通过该软件的抓包功能，查看是否能收到 OLT 发送的组播报文。

测试的数据规划，ONT 的 0、1 端口属于同一个组播组，端口 2 属于另外的组播组，而端口 3 不加入任何组播组，每个组播组对应一个组播 VID

和 GEM Port ID。

参照数据表的数据规划，单播数据与上文中的配置相同，仅需要在原有的配置命令的基础上，再增加 ONT 端口 VLAN 配置、GEM Port 的绑定、业务流映射及 ONT 的 IP 地址配置等命令，具体输入配置的步骤如下：

1. ONT 端口 VLAN 配置

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 eth 1 2 3 vlan 10 common
```

2. GEM Port 与 T-CONT 绑定

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem bind port 23 tcont 3 pri-queue 4
```

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem bind port 24 tcont 3 pri-queue 4
```

3. 业务流映射

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem map 23 vlan 30
```

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem map 24 vlan 20
```

4. ONT IP 地址配置

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 IP 198.23.67.2
```

配置完成后接入各 PC 机，通过 Wireshark 软件在 OLT 连接的 PC 机与 ONT 连接的 PC 机之间发送报文，抓取报文的结果显示 OLT 与 ONT 之间能正常通信。为进行组播配置，OLT 与 ONT 默认状态下均不开启 IGMP 协议的相关功能。ONT 的端口 0 连接的 PC，编辑申请加入组播组 224.1.4.5 的 IGMP 报文发送至 OLT，OLT 连接的 PC，编辑目的地址为 224.1.4.5 的组播报文发送至 ONT，此时在 ONT 连接的各 PC 机均可以抓到该组播报文，说明 ONT 未开启 IGMP-Snooping 功能，因此端口 0 的 PC 申请加入组播组失败，ONT 对接收到的组播报文进行了广播。

输入配置命令开启 ONT 的 IGMP-Snooping 功能，并设置端口的组播 VLAN，操作命令如下：

5. 开启 ONT 的 IGMP-Snooping 功能

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 IGMP-Snooping enable
```

6. 配置 ONT 端口组播 VLAN

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 multicast-vlan 30 eth 0
```

```
Olt(configure-gpon/0)#ont 0 multicast-vlan 20 eth 2
```

ONT 的 0、1 端口与 2 端口连接的 PC，分别编辑申请加入组播组 224.1.4.5 和组播组 226.3.6.7 的 IGMP 报文发送至 OLT。

7. 查询 ONT 的组播信息

```
Olt(configure-gpon/0)#exit
```

```
Olt(configure)#exit
```

```
Olt#show ont 0 multicast-vlan
```

```
Serial-COM2
gem port: 155 tcont: 3 pri:3
data flow: eth 0 vlan 10 gem 155
olt#

olt#configure
olt(configure)#gpon 0
olt(configure-gpon/0)#ont 1 2 3 vlan 10 common
olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem bind port 23 tcont 3 pri-queue 4
olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem bind port 24 tcont 3 pri-queue 4
olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem map 23 vlan 30
olt(configure-gpon/0)#ont 0 gem map 24 vlan 20
olt(configure-gpon/0)#ont 0 IP 198.23.67.2
olt(configure-gpon/0)#ont 0 IGMP-Snooping enable
olt(configure-gpon/0)#ont 0 multicast-vlan 30 eth 0
olt(configure-gpon/0)#ont 0 multicast-vlan 20 eth 2
olt(configure-gpon/0)#exit
olt(configure)#save
olt(configure)#exit
olt#show ont 0 multicast-vlan
ont 0 IGMP-Snooping enable
IP Address    port ID  ULAN ID
224.1.4.5     0、1    30
226.3.6.7     2       20
olt#
```

图 6-9 ONT 组播配置测试结果图

测试结果分析：图 6-9 为 OLT 对 ONT 进行配置的命令及显示的 ONT 组播信息，可见通过终端管理系统的配置，ONT 启动了 IGMP-Snooping 功能，并建立了对应的组播表项。此时 OLT 根据该组播表分别发送组播报文至 ONT，在 ONT 连接的 PC 机上抓包，结果显示端口 0 和端口 2 能接受到对应的组播报

文，而端口 1 因为没有加入组播 VLAN 没有收到组播包，同样端口 3 未加入任何组播组也没有收到组播报文，说明 ONT 能根据建立的组播表项转发组播报文，成功验证了对 ONT IGMP Snooping 的配置功能。

6.5 QoS 测试

测试目的：验证 ONU 终端管理系统对光网络终端（ONT）的 QoS 性能的功能。

如果需要修改系统缺省的 QoS 模式，请使 QoS-mod 命令配 QoS 模式为 flow-car 或者 gem-car，我们并且使用 gem add 命令来设置此 GEM Port 绑定的流量模板索引。QoS 模式采用 PQ 模板时，OLT 默认的队列优先级为 0；QoS 模式采用 flow-car 时，默认绑定的流量模板索引为 6（不限速）；QoS 模式采用 gem-car 时，默认绑定的流量模板索引为 6（不限速）。如果建业务流时选择使用命令 multi-service-port 批量建立业务流，需要保证 Gem port 和用户侧 VLAN 的个数相同，所以要根据用户侧 VLAN 的个数来建立 Gem port。注册信息显示如图 6-10。

```
Command: display ont info 3 all
```

F/S/P	ONT ID	SN	Control flag	Run state	Config state	Match state	Protect side
0/ 1/3	0	444C494EBA112211	active	offline	initial	initial	no
0/ 1/3	1	46485454002460E2	active	offline	initial	initial	no
0/ 1/3	2	46485454002460E8	active	offline	initial	initial	no
0/ 1/3	3	46485454002460EA	active	offline	initial	initial	no
0/ 1/3	5	46485454002460E6	active	online	normal	mismatch	no
0/ 1/3	127	46485454002460EE	active	online	normal	mismatch	no

In port 0/ 1/3, the total of ONTs are: 6, online: 2

F/S/P	ONT-ID	Description
0/ 1/3	0	ONT_NO_DESCRIPTION
0/ 1/3	1	ONT_NO_DESCRIPTION
0/ 1/3	2	ONT_NO_DESCRIPTION
0/ 1/3	3	ONT_NO_DESCRIPTION
0/ 1/3	5	ONT_NO_DESCRIPTION
0/ 1/3	127	ONT_NO_DESCRIPTION

图 6-10 注册信息显示

命令配置，流量模板关键参数说明如表 6-3：

1. 创建 smart VLAN 501~524，用于标识 24 个上网用户的业务 VLAN。
MA5620 (config)# vlan 501 to 524
2. 把上行口 0/0/1 加入上述宽带业务 VLAN。
MA5620 (config)# port vlan 501 to 524 0/0 1
3. 删除 ONU 上已有的所有业务流，确保后续的业务流添加成功。

MA5620(config)# undo service-port all

4. （可选）配置流量模板用于限速，模板索引号为 8，保证信息速率（即 cir 参数值）为 4 Mbps。

MA5620 (config)# traffic table ip index 8 cir 4096 priority 0 priority-policy tag-In-Package

表 6-4 流量模板关键参数说明

参数	参数说明
cir	保证信息速率，必须 64 的整数倍，取值范围：64 Kbps-524288 Kbps。
priority	调度优先级关键字，数值越大则优先级越高，取值范围：0-7。
priority-policy	报文的调度优先级选择策略，可选： <ul style="list-style-type: none">• Local-Setting：表示报文按照流量模板中指定的优先级进行调度。• Tag-In-Package：表示报文按照报文中所带的优先级进行调度。

测试结果分析：图 6-11 smarbit 打包限流 1M 的测试结果，由统计结果图可见该信息的累积时间为 1024000 秒，具体的统计数据包括广播帧、端口丢弃的帧、发送及接收的单播帧、组播帧、CRC 校验错误的帧及根据帧的字节长度分类的各帧的个数。

A	B		C		D		E		F
	Events	Port 2-	Rates	Port 2-	Events	Port 2-04	Rates	Port 2-04	LAN-3324A
Tx Frames	2,972,742		844,605		3,099,444		844,606		
Rx Frames	2,972,692		844,602		4,282		935		
Tx Bytes	380,511,104		108,109,618		396,728,960		108,109,580		
Rx Bytes	368,615,029		104,730,676		565,224		123,461		
Tx Triggs	0		0		0		0		
Rx Triggs	0		0		0		0		
CRC Error	11		0		0		0		
OverSize	0		0		0		0		
Frag/Unde	0		0		0		0		
Tx From S	0		0		0		0		
Rx To Sta	3		0		0		0		
ARP Repli	0		0		0		0		
ARP Reque	0		0		0		0		
ARP Repli	0		0		0		0		
ARP Reque	3		0		0		0		
Gratuitou	0	N/A			0	N/A			
PING Repl	0		0		0		0		
PING Requ	0		0		0		0		
PING Repl	0		0		0		0		
PING Requ	0		0		0		0		
Signature	2,972,749		844,606		3,099,451		844,606		
Signature	2,972,694		844,602		4,282		935		
Data Inte	0		0		0		0		
VLAN Fram	2,972,696		844,602		4,282		935		
Jumbo Fra	0		0		0		0		

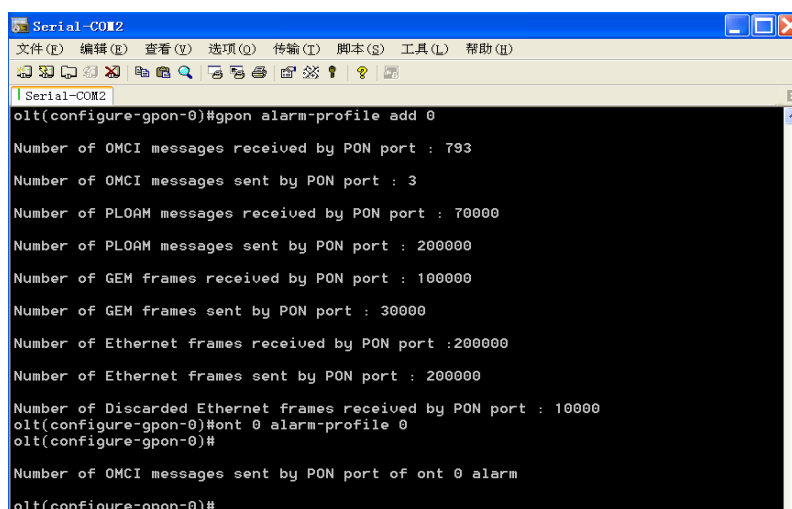
图 6-11 QOS 流量测试图

6.6 告警功能测试

测试目的：设置光网络终端（ONT）以太端口和 PON 端口统计数据的告警门限，当统计数据超过门限值后，光网络终端(ONT)发送告警管理控制接口(OMCI)消息至光线路终端(OLT)，并在光线路终端(OLT) 的控制台显示该告警信息。为了验证该告警功能，可将端口的某项统计数据的告警门限值降低，这样当统计值超过该门限值时，即可验证光线路终端(OLT) 是否收到告警信息。具体光线路终端(OLT) 的测试命令，增加 ONU 后，建议使用 display ont info 命令或者 display ont state 命令查询 ONU 的当前状态，确保 ONU 的“Config State”为“normal”，“Match State”为“match”。

如果检查发现 ONU 的状态跟上面描述的不一致，请使用 display ont capability 命令查询 ONU 的实际能力，然后依据实际能力创建合适的 ONU 模板，并重新增加 ONU。

测试结果分析：如图 6-12 所示为光线路终端(OLT) 显示的告警信息，表示 ONT 0 发送的管理控制接口(OMCI) 消息超过了设定的门限值。由图上配置的告警门限模块可以发现为验证系统的告警功能，PON 口发送的管理控制接口(OMCI) 消息的门限值为 3,远小于正常 PON 端口发送的管理控制接口(OMCI) 消息个数，因此当光网络终端（ONT）的终端管理系统监测到该统计数据的价值超过设置的门限值时，即发送相应的管理控制接口(OMCI) 消息至光线路终端(OLT)，光线路终端(OLT) 负责监控接收告警信息的模块接收到该信息后即打印至控制终端显示，从而验证了系统的告警功能。



```
Serial-CON2
文件(F) 编辑(E) 查看(V) 选项(O) 传输(T) 脚本(S) 工具(L) 帮助(H)
Serial-CON2
olt(configure-gpon-0)#gpon alarm-profile add 0
Number of OMCI messages received by PON port : 793
Number of OMCI messages sent by PON port : 3
Number of PLOAM messages received by PON port : 70000
Number of PLOAM messages sent by PON port : 200000
Number of GEM frames received by PON port : 100000
Number of GEM frames sent by PON port : 30000
Number of Ethernet frames received by PON port : 200000
Number of Ethernet frames sent by PON port : 200000
Number of Discarded Ethernet frames received by PON port : 10000
olt(configure-gpon-0)#ont 0 alarm-profile 0
olt(configure-gpon-0)#
Number of OMCI messages sent by PON port of ont 0 alarm
olt(configure-gpon-0)#
```

图 6-12 告警信息显示

6.7 本章小结

通过对 OMCI 各个功能配置模块的测试,实现了 ONT 和 OLT 的测试通信,使得光网络终端 (ONT) 设备能通过 GPON 的 OMCI 协议栈与光线路终端(OLT) 进行通信,此时连接 PC 机至光网络终端 (ONT),PC 机能成功接入互联网上网浏览,并进行正常的数据通信。而且也能够通过 QOS 进行网络流量的限制。

第七章 结 论

本论文通过对 OMCI 分析的基础上，实现了 GPON 终端管理系统的各个功能模块，并且对这些功能进行了测试验证，本论文在开始阶段综合分析了 GPON 系统的控制管理平面、体系结构、OMCI 协议，对本文 GPON 系统的软件架构和硬件平台进行了说明。再结合 GPON 系统的结构和特点，提出了 GPON 终端管理系统的总体设计方案，包括系统模块框图及数据处理流程。接下来设计实现了 OMCI 协议的数据存储系统，对 me entity 数据实体进行创建、删除、查询和修改功能的数据库操作。第三步设计实现了 OMCI 协议的软件流程和各个子线程模块的工作流程，OMCI 消息的交互及超时重传机制的实现；配置、性能、告警三大管理功能的实现。

最后对 GPON 终端管理系统功能进行测试。在开发的 GPON 原型机上运行终端管理程序，通过在 光线路终端(OLT) 设备的控制终端输入命令，验证了系统的配置、性能、告警三大管理功能，实现了对 ONT 的远程管理维护。成功验证了 GPON 系统的各项管理功能，实现光网络终端（ONT）的零配置。

当前论文已经基本上能实现 OMCI 标准文档 984.4 协议规范定义的所有要求功能，接下来论文需要进一步改进的地方在于该份协议代码的进一步测试和标准协议进一步提出了的协议规范标准文档 984.8。

测试方面，需要进一步测试各个子功能模块的稳定性和功能完善度，对于协议的稳定性，需要在 test lab 需要进行长时间的模拟测试和测试案例实测，和在实际工程项目的应用中的改进。对 OMCI 协议的代码也需要进行进一步的优化和改进，尽量减少代码漏洞和不规范的地方。

致 谢

在研究生学习即将结束之际，首先在这里我要衷心感谢我的导师马立香副教授。马老师以其严谨的治学态度、高度的敬业精神、积极进取的工作作风渊博的理论知识、丰富的工程实践经验，使我在这一年多的论文写作中受益匪浅，从马老师身上我学到的不仅仅是专业的知识理论，还有科学的研究方法和一丝不苟的态度，这都将是我以后的工作学习中宝贵财富。

在此，我向马老师表示最诚挚的谢意。

在经过多年的工作实践后，能够重新踏入学校的大门，较为系统的学习通信工程知识，对我来说，实在是难得的机会。在两年多的学习过程中，既得到了良师的教诲，又得到了同学和益友的启发，使我受益良多

在这篇论文的写作过程中，我的导师马老师给予了我很大的帮助，本论文能够顺利完成，本论文从选题到完成，每一步都是在导师的指导下完成的，倾注了导师大量的心血。在此，谨向导师表示崇高的敬意和衷心的感谢！

感谢我的妻子，对我在业余时间学业一贯的鼓励、支持和理解，给予了我不断战胜困难的决心和勇气。

在此还要感谢对本论文提出过宝贵意见的同行专家、老师和同学以及评审本论文的各位专家教授。