

引用本文:张崇英,霍焕松,曹喻霖,等. PON 系统中复合 ONU 软件镜像的远程升级方法研究[J]. 光通信技术,2024,48(6):94-97.

PON 系统中复合 ONU 软件镜像的远程升级方法研究

张崇英¹, 霍焕松², 曹喻霖¹, 田红梅¹, 吴晓晶¹

(1.深圳职业技术大学 工业训练中心,广东 深圳 518055;2.电子科技大学 航空航天学院,成都 611731)

摘要:针对无源光网络(PON)国际标准未就复合光网络单元(ONU)系统中软件镜像远程升级方法进行详细规定的情况,设计了一种复合 ONU 软件镜像的远程升级方法。该方法在满足国际标准的基础上进行了扩充,具体包括:设计了可包含多镜像文件的复合镜像文件格式和制作方法,并开发了基于以太网协议的带外管理和文件传输协议(用于高效传输镜像文件);同时,考虑了对多种国际/国内标准协议的兼容性。实验结果表明,所提远程升级方法功能有效,效率高。

关键词:复合升级文件;带外管理协议;远程升级

中图分类号:TN915.6 文献标志码:A 文章编号:1002-5561(2024)06-0094-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2024.06.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research on remote upgrade method of composite ONU software image in PON system

ZHANG Chongying¹, HUO Huansong², CAO Yulin¹, TIAN Hongmei¹, WU Xiaojing¹

(1. Industrial Training Center, Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen Guangdong 518055, China;

2. School of Aeronautics and Astronautics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: In view of the fact that the international standard for passive optical network(PON) has not specified the method of remote software image upgrade for the composite optical network unit(ONU) system, a remote software image upgrade method for composite ONU is designed. The method expands upon the international standard while meeting its requirements, including the design of a composite image file format that can contain multiple image files and the method of creating such files, as well as the development of an ethernet-based out-of-band management and file transfer protocol (used for efficient transmission of image files). At the same time, the method is compatible with a variety of international/domestic standard protocols. The experimental results show that the proposed remote upgrade method is functionally effective and highly efficient.

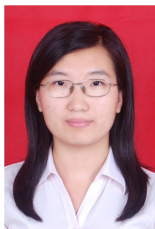
Key words: composite upgrade files, out-of-band management protocols, remote upgrades

0 引言

无源光网络(PON)在家庭和企业网络接入中得到大量应用。它是一种采用点到多点(P2MP)结构的单光纤双向接入网络。这种网络的局端称作光线路终端(OLT),终端称作光网络单元(ONU)。OLT 通常固定部署在机房中,而 ONU 则分散部署在住房、楼道、街边等,因此 ONU 通常需要远端管理。ONU 软件远程镜像

收稿日期:2022-08-26。

作者简介:张崇英(1988—),女,硕士,山东省诸城市人,深圳职业技术大学实验室技术人员,主要从事实验室管理、通信接入网技术和智能设备等领域的工作,多次指导学生参加电子设计类竞赛,在 IT 嵌入式计算机行业拥有 7 年多的研发工程师工作经验。



升级是远端管理中非常重要的一项功能,升级方法关系到升级成功与否和效率,尤其是在批量升级中更为重要。如果 ONU 是由单个处理器芯片方案实现的,则只有一个软件镜像,这种情况可以同时支持操作维护管理(OAM/OMCI)^[1-2]、用户终端设备广域网管理协议(CWMP)和简单网络管理协议(SNMP)^[3-5]远程升级,但通常需要在这些协议中保证一次只能进行一个升级。如果 ONU 是通过多个处理器芯片方案实现的,那么每个处理器将会对应一个软件镜像。这种形态的 ONU 主要有 2 种应用场景:一是当 ONU 提供双 PON 口上行做冗余保护时,会采用双 PON 处理器芯片方案;二是在大型多住户单元/多租户单元(MDU/MTU)中,会结合使用 PON 芯片和带处理器的交换芯片方案。本文

关注的是第二种应用场景。

对于第二种应用场景,有 2 种处理方法:一种是让每个芯片独立处理自己的镜像,这样做既要确保各软件镜像之间的兼容性,又需要至少进行 2 次升级操作,相对繁琐;另一种是将 ONU 视为一个整体进行升级,只需进行一次操作,而软件镜像的兼容性则由发布者负责保证。

目前,相关国际标准^[1-2]描述了单一 ONU 软件镜像的远程升级方法,但复合 ONU 系统中软件镜像远程升级方法并没有详细规定。因此,本文提出复合 ONU 软件镜像的远程升级方法,旨在描述复合 ONU 系统中软件镜像远程升级方法。

1 ONU 软件镜像特点与制作方法

1.1 ONU 软件镜像的特点

为了保证 ONU 升级过程中的稳定性,ONU 的 Flash 存储器通常包含 2 个软件镜像文件分区,如图 1 所示。其中,一个分区中的软件镜像被激活运行,称其为主软件镜像,简称主镜像;另一个镜像称作备份镜像。当执行远程升级操作时,将新的软件镜像升级到另一个文件分区,然后执行激活操作,待激活成功后,再执行确认操作。最后被确认的镜像为 ONU 的主镜像,后续 ONU 重启后将加载该镜像,直到下一次升级成功后主镜像和备份镜像切换^[1-2]。这样可以保证在写入软件镜像过程中出现掉电时,仍然能用当前镜像启动 ONU,并可重新尝试远程升级操作,避免了去设备现场维护的繁琐过程。Flash 分区中通常有一个单独的 non-volatile 存储分区,用来存储 2 个分区的布尔状态变量,包含变量激活、确认和有效 3 个标志位。启动加载器依据标志位来确定加载哪个分区中的软件镜像。

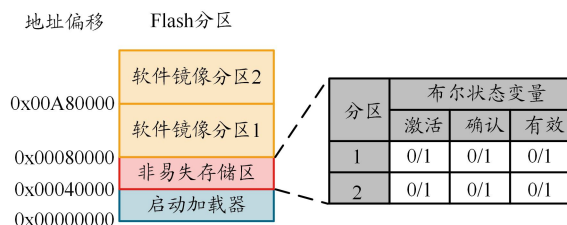


图 1 复合 ONU 软件镜像文件分区示意图

1.2 复合 ONU 软件镜像制作方法

一个单一的软件镜像通常为一个二进制文件,而复合 ONU 软件镜像则是将多个软件镜像二进制文件按照约定的格式拼接成一个二进制文件。为了能够标识软件镜像,复合镜像文件应该包含所含的软件镜像数量、每个镜像的类型、大小、数据和文件校验值。因

此,文件格式的设计包含了头部和载荷 2 个部分:头部存储该复合文件的整体信息,载荷则将每个子软件镜像按照顺序拼接。每个子软件镜像采用类型-长度-数据(TLV)格式。由于头部的校验值仅计算载荷部分,因此采用了双头部的设计,即 2 个头部按顺序拼接在一起。当这 2 个头部的信息完全一致时,该头部就被认为是有效的。复合 ONU 软件镜像的文件格式、字段描述分别如图 2、表 1 所示。

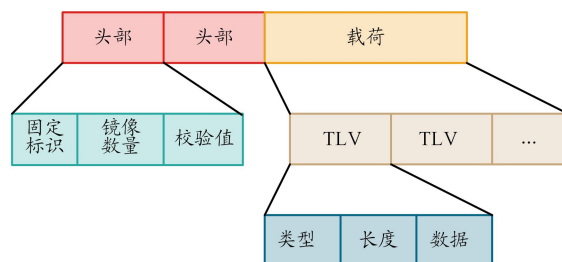


图 2 复合 ONU 软件镜像文件格式

表 1 文件格式字段描述

字段	长度/字节	描述
固定标识	4	固定为 0x4D554C54
镜像数量	1	该复合文件所含的软件镜像的数量
校验值	20	载荷部分的 SHA1 值
类型	1	该软件镜像的类型,为预先定义的枚举类型
数据	—	该软件镜像的文件数据

2 复合 ONU 软件镜像的升级方法

MDU 远程管理逻辑如图 3 所示。该 MDU 由相对独立的光接入单元和二层交换单元组成。它们之间的数据业务通道通常采用 2.5/10 Gb/s 以太网或更宽的带宽接口。为了方便管理并避免业务通道满载时对两者间管理数据通信造成影响,本文在两者间增加了一个额外的千兆以太网通信接口,通常称之为带外管理接口。光接入单元的功能由 OAM/OMCI 进行管理,而二层交换单元的功能则由 SNMP 进行管理。OLT 作为网络设备也需要支持 SNMP 管理。如果整个 PON 系统

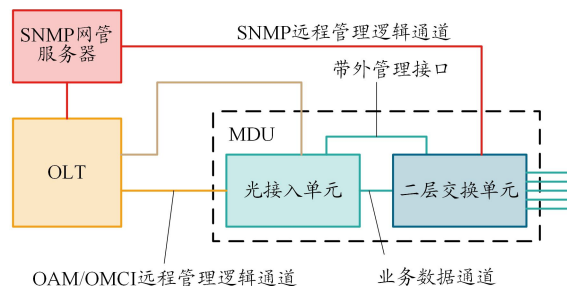


图 3 MDU 远程管理逻辑图

张崇英,霍焕松,曹喻霖,等: PON 系统中复合 ONU 软件镜像的远程升级方法研究

由 SNMP 网管服务器进行管理,那么网管服务器需要支持光接入单元的配置项,并通过 OLT 解析成 OAM/OMCI 管理协议后再配置到光接入单元。在这个过程中,OLT 起到了协议转换和中继的作用。ONU 远程软件镜像升级则需要同时支持上述 OAM/OMCI、SNMP 管理方式。

2.1 OAM/OMCI 方式远程升级

在进行以 OAM/OMCI 方式的远程升级时,OLT 通过 OAM/OMCI 将复合软件镜像传输到 ONU 的光接入单元,该单元负责接收和校验检查步骤。此时,要求 ONU 的剩余内存容量大于该文件大小。然后,按照前复合 ONU 软件镜像文件格式要求,从文件中抽取子镜像,待抽取完成后,准备执行升级动作。

光接入单元作为客户端,二层交换单元作为服务端。客户端向服务端发起文件传输请求,同时光接入单元执行镜像写入 Flash 操作。这两部分由多线程并发执行。文件传输完成后,客户端首先向服务端发起查询请求,询问是否可激活镜像。如果服务端返回值为“忙”,则表示正在进行 Flash 写入操作,客户端需等待一段时间后再次查询;直到返回值为“可激活”时,客户端再向服务端发送激活请求。服务端接收到激活请求后,如果确认已准备好,则执行激活操作并返回成功信息。光接入单元在收到服务端的成功信息后,也执行本地的激活操作。待两者均激活成功后,OLT 侧远程检查二者软件版本,并执行确认操作。与激活过程类似,光接入单元在收到 OLT 的确认请求后,向二层交换单元发送“确认镜像”的请求,待其返回成功后,再执行本地的确认操作,并最后响应 OLT。

2.2 SNMP 方式远程升级

SNMP 方式远程升级与 OAM/OMCI 方式的远程升级类似,只是客户端和服务端的角色互换,即二层交换单元为客户端,光接入单元为服务端。不同之处在于光接入单元在收到“激活镜像”操作请求后,需要延迟执行以保证 SNMP 响应报文能正确地发送到网管服务器。ONU 是一种嵌入式系统设备,其激活动作通常为重启,一般不考虑失败的情况。因此,在绝大多数情况下,上述延迟执行被认为是可以成功执行的。

2.3 带外管理协议及升级

为了满足两单元之间的通信要求,带外管理协议设计为基于以太网报文的全双工协议,双方均可发起通信请求。发起请求者被称作客户端,响应请求者被称作服务端。带外管理协议格式如图 4 所示。其中,操作类型字段为预先定义的枚举类型,与升级操作相关

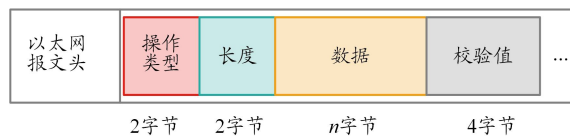


图 4 带外管理协议格式

的类型包括开始文件传输、文件块传输、完成文件传输、激活镜像、确认镜像。长度字段为数据部分的长度,校验值为操作类型、长度和数据字段的 CRC32 值。对于大部分的操作类型,均采用请求-响应的同步通信方式,并设置超时时间,超时重传功能则由上层软件保证;对于极少部分的操作类型,比如“文件块传输”,则采用收到请求块的数量到达预设值时响应一次的方式,目的是为了提高传输效率。块数量预设值和文件块大小等初始化为默认值,并可由“开始文件传输”操作设置该值。

与 OAM/OMCI 类似,带外管理协议升级镜像的过程分为 3 个部分,分别是文件传输、激活和确认。其中,激活和确认操作分别通过“激活镜像”和“确认镜像”2 个操作类型完成,而文件传输则通过“开始文件传输”、“文件块传输”、“完成文件传输”这 3 个操作的联合作用来完成,具体过程如下:

1)首先,客户端发起“开始文件传输”请求,内容包含文件名、文件类型、文件大小、分块大小、块数量预设值、文件校验值。然后,客户端按照约定的分块大小按顺序发起多个“文件块传输”请求,并在发送每个文件块后等待服务端的响应。当发送的文件块数量达到预设值后,停止发送并等待服务端响应。

2)客户端接收到服务端正确的响应报文后,重复前述“文件块传输”请求过程,直到整个文件传输完成。

3)客户端发起“完成文件传输”请求后,服务端接收文件并验证其校验值。若校验值验证通过,服务端将发送响应报文给客户端,并执行写入 Flash 操作。在“文件块传输”请求过程中,若响应报文中出现错误的返回值,则需重新传输该次文件块组。若多次收到错误的返回值,且次数达到预设的终止传输错误数,客户端可直接发起“完成文件传输”请求,并将报文内容设置为终止传输,以标识提前结束文件传输。此时,双方均知会此次文件传输失败,并在各自本地执行清理操作。

3 实验结果

3.1 单台 MDU 实验

单台 MDU 的实验环境由 SNMP 网管服务器、OLT、

分光器和 2 台 MDU 组成,其拓扑结构如图 5 所示。经过多轮测试验证,两台 MDU 均能顺利完成软件升级。依据日志记录的数据,3 次升级的耗时如表 2 所示。可以看出,升级耗时主要在写 Flash 和激活阶段;而带外文件传输的时间均控制在 15 s 以内;此外,额外开销时间的比例均低于 4%,显示出较高的升级效率。



图 5 单台 MDU 实验测试拓扑结构示意图

表 2 单个 MDU 软件镜像升级耗时表(单位:s)

次数	光接入单元耗时		带外文件传输耗时	二层交换单元耗时		额外开销时间占比
	写 Flash	激活		写 Flash	激活	
1	98	69	13	55	131	3.55%
2	99	70	13	56	127	3.56%
3	99	74	14	55	137	3.69%

3.2 多台单家庭单元(SFU)实验

多台 SFU 的实验环境由 1 个 OLT、1 个分光器和 64 个 SFU 构成。这 64 个 SFU 被分为 2 组,每组 32 个,分别挂接在 2 个不同的 OLT PON 端口上。同时,将这些 SFU 固件中原有的升级软件替换成了本文所设计的软件。多台 SFU 实验测试拓扑结构如图 6 所示。

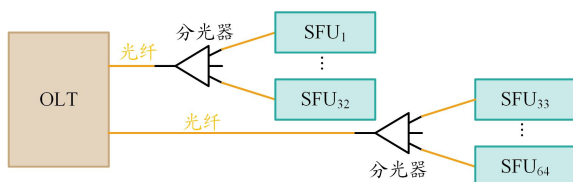


图 6 多台 SFU 实验测试拓扑结构示意图

实验过程如下:电脑串口连接 OLT 控制台接口,通过手工输入批量升级命令给 SFU 批量升级,输入命令后开始计时。SFU 升级完成后自动激活镜像,在 OLT 上可以观察到 SFU 的掉线和再注册过程,直到所有 SFU 再次上线为计时结束。单个 SFU 设备的升级镜像文件大小约为 15 MB,升级时间约为 3 min。将此镜像文件和一个 5 MB 的假镜像文件复合成一个 20 MB 左右的镜像文件用于测试,解析后的假镜像文件暂存

在 SFU 的内存中进行校验。

在完成单个 SFU 的升级时间测试之后,分别在 OLT 的 2 个 PON 端口进行了批量升级测试,这包括单 PON 端口测试和两端口同时升级的测试。测试结果如表 3 所示。可以看出,批量升级 SFU 相较于单个 SFU 设备的升级,虽然会稍微多花费一些时间,但由于能同时升级数台设备,总体效率仍然会有所提高。通过本

表 3 批量升级软件镜像升级耗时表

次数	测试项目	耗时/min	结果
1	第一 PON 口 30 台 SFU 批量升级	约 4.5	升级成功且假镜像校验无误
2	第二 PON 口 32 台 SFU 批量升级	约 4.5	升级成功且假镜像校验无误
3	2 个 PON 口同时批量升级 SFU	4.5~5	升级成功且假镜像校验无误

次批量升级测试,验证了本文提出的方案的有效性。

4 结束语

本文设计了一种支持多种远程管理协议的复合软件镜像升级方法,并搭建了实物验证环境。通过多次对单 ONU 升级和批量 ONU 升级操作,验证了该方法的有效性。同时,统计了各阶段的耗时,验证了该方法的升级效率。在验证过程中,本文假设了 ONU 空闲内存足够、激活保证成功等。虽然这些假设大多能满足,但考虑到通用性、鲁棒性等因素,该方法仍有改进的空间。未来,我们计划在 2 个系统以上的设备中进一步验证该方法的有效性。

参考文献:

- [1] IEEE-SA Standards Board. IEEE standard for ethernet section five: IEEE std802.3-2015[S]. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers inc., 2015: 46-96.
- [2] Telecommunication Standardization Sector of ITU. ONU management and control interface (OMCI) specification: ITU-T G.988[S]. Geneva: International Telecommunication Union, 2017: 611-616.
- [3] The Broadband Forum. Using EPON in the context of TR-101: TR-200 [S]. Published Online: The Broadband Forum, 2011: 22-25.
- [4] DSL Forum. CPE WAN management protocol: TR-069 [S]. Published Online: DSLHome-Technical Working Group, 2004: 1-109.
- [5] The Broadband Forum. Framework for TR-069 enabled PON devices: TR-142 [S]. Published Online: The Broadband Forum, 2010: 11-14.