



光模块内置 OTDR 数据及格式分析

欧月华,任 艳

(中国电信股份有限公司广州研究院 广州 510630)

摘 要:为了满足日益增多的 PON 的网络光纤检测需求,光模块内置 OTDR 技术正在不断地发展完善,提出了基于光模块内置 OTDR 的 PON 系统架构中 OTDR 相关接口的数据传输接口功能和数据分析功能,确定了 OTDR 数据文件结构,分析梳理了 OTDR 的数据内容,定义了 OTDR 的数据格式,目的是能够实现通用的内置 OTDR 数据格式,促进内置 OTDR 技术产业发展成熟。

关键词:接口;OTDR;PON;数据

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015224

Analysis of Data and Format for OTDR Integrated in Optical Module

Ou Yuehua, Ren Yan

(Guangzhou Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China)

Abstract: In order to satisfy the increasing optical testing requirements in PON, OTDR integrated in optical module is constantly developing. For the PON architecture based on OTDR integrated in optical module, the data transmission function and data analysis function of its OTDR relative interfaces were proposed, the OTDR data file structure and the OTDR data content were analyzed, and the data format of OTDR was defined. Therefore, the universal integrated OTDR data format can be realized.

Key words: interface, OTDR, PON, data

1 引言

“宽带中国”战略实施以来,我国的宽带网络建设得到了快速发展,各大运营商积极部署 FTTH,敷设光纤的数量日益增多,覆盖范围越来越广,光纤光缆所承载的业务量也越来越大,一旦发生故障,将会给整个通信网络造成极大的损失。因此,在骨干网的光缆故障检测中发挥了重要作用的 OTDR(optical time domain reflectometer,光时域反射仪)技术,也逐渐成为 PON(passive optical network,无源光纤网络)光缆故障定位的重要手段。

OLT 光模块内置 OTDR 技术(以下简称内置 OTDR)是 OTDR 的一种实现方案,其优势在于可实现与 OLT(optical line terminal,光线路终端)设备共同管理、机房布线简单、器件成本较低等,并且理论上能够实现接近外置 OTDR 检测故障的能力。但是 ODN(optical distribution network,光配线网络)环境复杂多样,器件种类繁多,内置 OTDR 面临在现网中测试的各种考验,目前内置 OTDR 技术由厂商各自内部开发,因此应用于 PON 系统时,没有统一接口和规范的测试结果数据,不利于运营商对内置 OTDR 的统一管理、设备的互通以及内置 OTDR 测试性能的优化。本文的

收稿日期:2015-06-02;修回日期:2015-09-02

论文引用格式:欧月华,任艳.光模块内置 OTDR 数据及格式分析.电信科学,2015224

Ou Y H, Ren Y. Analysis of data and format for OTDR integrated in optical module. Telecommunications Science, 2015224

目的是在分析 PON 系统中内置 OTDR 相关接口的 OTDR 数据要求和数据内容的基础上,设计接口输出的 OTDR 文件和数据格式等,以实现内置 OTDR 技术的规范化。

2 内置 OTDR 数据格式设计原则

2.1 总体原则

目前 OTDR 数据格式标准有 Telcordia SR-4731, SR-4731 主要是针对外置 OTDR 仪表的标准,用于规范单台 OTDR 测试仪表的输出文件,所以可以理解成单机版;另外由于外置 OTDR 仪表厂商没有互通的需求,所以 Telcordia SR-4731 没有包含 OTDR 互通的相关要求,各厂商读取解析 OTDR 数据输出文件的软件差异较大,无法兼容。同时,如果 OTDR 仪表厂商要使用 SR-4731,还需要购买 Telcordia 的认证服务。

因此,跟外置 OTDR 技术不同,内置 OTDR 技术无法直接利用 SR-4731 标准设计的 OTDR 数据格式。内置 OTDR 技术集成于运营商的 PON 系统,是在不影响原有的光模块传输功能基础上增加 OTDR 光纤故障检测功能,OLT 在硬件方面需要更换插拔式的具有 OTDR 的光模块,在软件方面需要升级以实现 OTDR 光纤故障检测功能,并且为了方便与 OLT 设备实现共同管理,OTDR 的管理模块也内置于 EMS (element management system, 网元管理系统)中。因此,对于内置 OTDR 数据和格式的要求,应在基于内置 OTDR 的 PON 系统的整体架构上考虑内置 OTDR 相关模块和接口的功能。

2.2 PON 系统中内置 OTDR 相关模块和接口分析

如图 1 所示,在基于内置 OTDR 的 PON 系统架构中,原来的 PON 系统增加了 PON ODN 测试诊断模块、OTDR 管理模块和 OTDR 功能模块,具体介绍如下。

(1)PON ODN 测试诊断模块是 PON 测试能力(OTDR 测试能力、网管测试诊断能力和设备自测能力等)的综合管理模块。

(2)OTDR 管理模块内置在 EMS 中,因此可以不用单独外设 OTDR 服务器,实现内置 OTDR 与 OLT 的共同管理,它的主要功能在于:OTDR 管理模块负责管理 EMS 下所有的 OTDR 功能模块;接收 PON ODN 测试诊断模块的查询和测试命令,命令 OTDR 功能模块对相关 PON 端口下的 ODN 进行测试,向 PON ODN 测试诊断模块发送相关查询结果以及从 OTDR 功能模块返回的 OTDR 测试数据。

(3)OTDR 功能模块内置在 OLT 中,实现 ODN 链路中

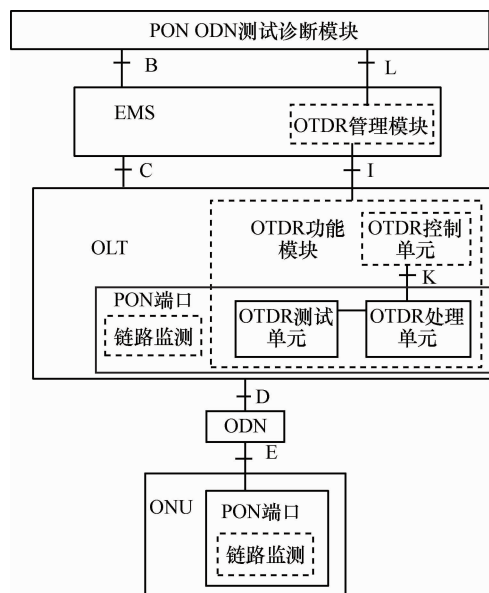


图 1 基于内置 OTDR 的 PON 系统架构

的 OTDR 测试,完成测试后把测试数据返回给 OTDR 管理模块,确定光纤的损耗、光纤链路上的反射事件和衰减事件等。OTDR 功能模块是由 OTDR 控制单元(OLT 的软件部分)、OTDR 处理单元(光模块中 OTDR 处理芯片)和 OTDR 测试单元(光模块中 OTDR 发射器和接收器等)组成。

系统架构中 OTDR 相关数据接口主要包括以下 3 种。

(1)L 接口

PON ODN 测试诊断模块通过 L 接口与 OTDR 管理模块相互关联,实现两个模块间数据传输,尤其是完成 OTDR 测试时,测试结果的 OTDR 数据文件由 OTDR 管理模块处理后通过 L 接口传递回 PON ODN 测试诊断模块。

(2)I 接口

OTDR 管理模块与 OTDR 功能模块之间的接口。OTDR 管理模块通过 I 接口查询和获取 OTDR 功能模块能力参数、配置、状态和模块故障信息等;OTDR 管理模块通过 I 接口向 OTDR 功能模块发送 OTDR 测试参数,启动 OTDR 功能模块进行 OTDR 测试,测试完毕后从 OTDR 功能模块获取测试结果的 OTDR 数据文件。

(3)K 接口

OLT 中的 OTDR 控制单元与 OTDR 处理单元的接口,硬件上复用 PON 光模块的 I2C 接口,OTDR 处理单元通过 K 接口接受 OTDR 控制单元参数和命令的写入,向 OTDR 控制单元输出原始采样数据。

2.3 接口数据要求

OTDR 数据格式研究与统一的目标在于在线 OTDR 测



试的配置、控制和结果获取。本文重点研究基于内置 OTDR 的 PON 系统架构中 L 和 I 接口传输的测试结果的 OTDR 数据文件的数据输出内容和格式,而 K 接口是 OLT 中 OTDR 功能模块的内部接口,考虑存在不同波长的内置 OTDR 实现方案以及实现硬件上的差异,建议其作为厂商内部接口,由厂商内部开发数据格式更为灵活。

另外,基于内置 OTDR 的 PON 系统架构中,PON ODN 测试诊断模块可以管理多个 EMS,每台 EMS 又管理多个 OTDR 功能模块,因此在 L 接口和 I 接口的 OTDR 数据传输可以理解为网络版,因此对 L 接口和 I 接口的 OTDR 数据格式的要求为:

- OTDR 管理模块、OTDR 功能模块存在多个厂商开发,因此接口数据互通要求高;
- 能够针对业务在线时实现 OTDR 测试的优化;
- 方便调试和开发,便于扩展。

对于整个系统架构,还要考虑区分 L 接口和 I 接口的数据功能,实现系统不同模块层面数据采集与数据分析功能的分离,建议数据分析功能应尽量向上集中,至少集中到 OTDR 管理模块层面或者在 PON ODN 测试诊断模块中实现。因此,I 接口的 OTDR 数据要求可以仅仅为 OTDR 测试采集到的原始数据,L 接口的 OTDR 数据要求为 OTDR 原始数据经过分析处理后的 OTDR 事件信息等,具体在下文中再作说明。

3 内置 OTDR 数据分析设计

3.1 OTDR 数据文件结构

OTDR 的测试数据以数据文件的形式传输,OTDR 数据文件内容可分成 6 个区段,包括文件信息区、OTDR 基本信息区、测试曲线数据点区、测试曲线事件区、扩展信息区和校验区,每段对应不同的数据内容,见表 1。根据数据采集与数据分析功能分离的思路,L 接口和 I 接口按照各自数据功能,选取合适的区段。

表 1 OTDR 数据文件区段划分

文件区段	说明
文件信息区	包含文件中所有区段基本信息
OTDR 基本信息区	包含 OTDR 通用信息、设备基本信息和 OTDR 测试配置信息
测试曲线数据点区	包含测试光纤形成的 OTDR 测试曲线的数据点信息
测试曲线事件区	包含分析 OTDR 测试曲线得出的 OTDR 事件信息
扩展信息区	包含运营商和厂商自定义信息
校验区	检查文件是否出错

I 接口的 OTDR 数据文件(由 OTDR 功能模块向 OTDR 管理模块传送)应以文件信息区开始,依次紧跟 OTDR 基本信息区、测试曲线数据点区、扩展信息区和校验区。其中,扩展信息区和校验区为可选,测试曲线事件区在 I 接口不作要求,如图 2 所示。

文件信息区	OTDR 基本信息区	测试曲线数据点区	扩展信息区(可选)	校验区(可选)
-------	------------	----------	-----------	---------

图 2 I 接口的 OTDR 数据文件

L 接口的 OTDR 数据文件(由 OTDR 管理模块向 PON ODN 测试诊断模块传送)应从文件信息区开始,依次紧跟 OTDR 基本信息区、测试曲线数据点区、测试曲线事件区、扩展信息区和校验区。其中,扩展信息区、校验区和测试曲线事件区在 L 接口可选,如图 3 所示。

文件信息区	OTDR 基本信息区	测试曲线数据点区	测试曲线事件区(可选)	扩展信息区(可选)	校验区(可选)
-------	------------	----------	-------------	-----------	---------

图 3 L 接口的 OTDR 数据文件

3.2 OTDR 数据内容

为了获取到可靠的 OTDR 测试结果,OTDR 数据文件中,除了与文件本身相关的信息内容外,必须包括一定有效的 OTDR 数据内容,如 OTDR 基本信息、测试曲线数据点和测试曲线事件等,本文对内置 OTDR 的数据内容进行了如下梳理。

- OTDR 的基本信息包括 OTDR 测试的概要信息(测试波长、测试光纤状态、测试点开始距离、测试次数等)、设备基本信息(OTDR 光模块供应商、设备模块信息、测试目标端口等)、OTDR 数据文件中一次或多次测试配置信息(包括测试序号、测试执行时刻、距离单位、脉宽长度、序列长度、背向散射系数、平均次数、采样间隔、测试所用时间、测试范围、底噪水平、底噪缩放系数、损耗门限、反射率门限、光纤末端判断门限和曲线类型等)。
- OTDR 测试结果主要表现为测试曲线,OTDR 的测试曲线由许多分离的曲线数据点组成,这也是 OTDR 数据文件的主要组成。测试曲线数据点信息包括了数据点的总数、缩放系数和采用了该缩放系数的 OTDR 数据点功率数值。OTDR 测试结果进一步可分析成事件信息,每次 OTDR 测试中存在多个事件(被监测光纤的事件,如光纤异常衰减、分光器和断纤等),可以通过事件参数表征其在 OTDR 测

试曲线上的分析结果。事件参数包括事件总数、每个事件的事件序号、事件位置、事件前的光纤衰减系数、事件的衰减、反射事件的相对高度、反射事件的反射系数、事件类型、事件的衰减计算方法代码和事件衰减计算的数据点位置等。

3.3 OTDR 数据格式

3.3.1 格式定义

OTDR 数据文件中的数据信息涉及的格式包括短整型、无符号短整型、长整型、无符号长整型、浮点型和字符串等,见表 2。OTDR 数据文件中的数据信息按照各自数值的特点选择相应的类型。

表 2 OTDR 数据格式定义

类型	描述
短整型	16 bit 有符号整数,2 byte
无符号短整型	16 bit 无符号整数,2 byte
长整型	32 bit 有符号整数,4 byte
无符号长整型	32 bit 无符号整数,4 byte
浮点型	32 bit 浮点类型数,4 byte
字符串	(1)字符序列; (2)中文字符采用 unicode 编码; (3)如无特殊说明,英文字符不区分大小写

3.3.2 曲线数据点格式选择

OTDR 数据文件主要是 OTDR 测试曲线数据点的存储,因此数据点存储的大小决定了文件的大小,另外数据点数值的类型选取需要考虑数据点数值的范围、数值精度等。能够满足 0.001 的数据分辨率,达到 0.1 dB 衰减的检测能力,同时能够满足 OTDR 测试曲线数据范围而不会造成溢出的数据点数值类型方案分别有单精度浮点型、原始数值经过放大后采用的无符号短整型。

- 单精度浮点数:带有小数的数值,单精度浮点数有

32 bit,即 4 byte 的存储空间。

- 无符号短整型:每个测试数据点的功率数值有 2 byte 存储空间。首先将数据点功率数值的原值放大成整数(比如默认 1 000 倍),忽略数值符号,按照无符号短整型存储。原值默认范围为 0~65.535。另外,为了灵活地分析比较测试曲线中数据点功率数值,可以将数据点分段再进行缩放,采用缩放系数将功率数值进行缩小或者扩展存储,即缩小或者放大该段数据点的相对功率范围。

综合以上分析,曲线数据点采用短整型+扩展系数,存储的空间比浮点数存储空间少一半。

3.3.3 数据文件存储格式

OTDR 数据文件存储可以采用二进制或者文本存储,两种存储方式各有优缺点,见表 3。

总的来说,采用文本存储时,OTDR 数据文件较大,为了提高数据的传输速度,可以采用 GZIP 进行压缩和解压缩。另外,文本方式定义较为简单、直观,如果 OTDR 数据点数值类型采用原始数值扩大预处理后存储的短整型,会使文本的可读性降低,因此建议数据点数值采用原值存储,定义为单精度浮点型。文本存储普遍适合网络应用场景。

采用二进制存储时,OTDR 数据文件存储空间较小,适合大量 PON 端口进行 OTDR 巡查。同时,建议将 OTDR 数据点数值预处理后定义为无符号短整型。

4 结束语

本文对内置 OTDR 的数据文件和数据格式的分析,也适合外置 OTDR 参考使用。规范化的 OTDR 数据文件、数据内容和格式,能够降低技术实现的复杂度,提

表 3 OTDR 数据文件两种存储方式对比

项目	二进制存储	文本
文件大小	如果点数固定,文件大小相对固定,总体文件大小较小	文本方式存储空间大,传输带宽要求大,建议采用压缩的文本格式,减少传递的数据量。对接入网中大量端口的周期监控测试的影响要进一步评估
可视化	不能够直接解析和不可视	取决于人对协议格式的熟悉程度,可简单设置显示测试曲线
信息安全	较为安全	信息直接显示,安全性稍低
开发、调试	需要解析工具配合	便于网元网管独立调试,可以依据实例文件进行开发
互通	需要互通测试,出现问题时需借助解析工具来判断和分析定位问题	事例文档直接对比分析,迅速定位问题
升级、扩展	需要重新研发文件解析器,工作量较大	现有文本解析器简单调整
实现方面	传统方式,由于使用无符号 int 方式存储,数据点需要预处理	压缩消耗一点 CPU 资源;压缩解压技术采用 GZIP 开源、自由



高实现基于内置 OTDR 的 PON 系统中不同厂商模块间互通的可能性,从而达到比较可靠的测试性能,并方便运营商维护管理。

参考文献

- 1 薛梦驰. 光纤弯曲损耗的研究与测试. 电信科学, 2009, 25(7): 57~62
Xue M C. Research and measurement of optical fiber macrobend loss. Telecommunications Science, 2009, 25(7): 57~62
- 2 梁爽, 王怀江. OTDR 事件分析和故障判断的研究与实现. 光通信技术, 2007, 31(1): 49~51
Liang S, Wang H J. The research and realization for OTDR event analysis and trouble judgement. Optical Communication Technology, 2007, 31(1): 49~51
- 3 朱波, 王磊. 光缆监测系统技术及应用. 邮电设计技术, 2015(7)
Zhu B, Wang L. Optical cable monitoring system technology and its application. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2015(7)
- 4 李腾. 浅谈 OTDR 测试曲线分析. 计算机光盘软件与应用, 2011(4)
Li T. Analysis of OTDR test curve. Computer CD Software and Applications, 2011(4)
- 5 高业胜, 郑光金. 光时域反射计校准及其测量不确定度分析. 宇航计测技术, 2010, 30(5): 73~78
Gao Y S, Zheng G J. Calibration of the optical time domain reflectometer and uncertainty evaluation. Journal of Astronautic Metrology and Measurement, 2010, 30(5): 73~78
- 6 杨家桂. 基于光时域反射技术的回波损耗测量. 光纤与电缆及其应用技术, 2008(6): 21~24
Yang J G. Return loss measurement with OTDR technique. Optical Fiber & Electric Cable and Their Applications, 2008(6):

21~24

- 7 田国栋. 基于 OTDR 技术的光纤测试方法探讨. 现代电子技术, 2009, 32(19): 99~101
Tian G D. Testing method of fiber-optic based on OTDR technology. Modern Electronic Technology, 2009, 32(19): 99~101
- 8 张琼方, 陈根祥, 田恺等. 基于 OTDR 的无源光网络在线监测系统研究. 光通信技术, 2015, 39(3): 1~3
Zhang Q F, Chen G X, Tian K, *et al.* Research on optical online monitoring for PON based on OTDR. Optical Communication Technology, 2015, 39(3): 1~3
- 9 李科, 杨飞, 陈峰华. OTDR 原理及其应用. 山西科技, 2010, 25(2): 46~47
Li K, Yang F, Chen F H. Principle and application of optical time domain reflect-meter. Shanxi Science and Technology, 2010, 25(2): 46~47

[作者简介]



欧月华,女,中国电信股份有限公司广州研究院工程师,主要从事 EPON、GPON 等 FTTH 光接入新技术及应用策略研究工作。



任艳,女,中国电信股份有限公司广州研究院工程师,主要从事 EPON、GPON 等 FTTH 光接入新技术及应用策略研究工作。