

新型 OTN 承载 SDH 业务映射方式的研究

王贇坤¹,陈松涛²

(1.武汉华夏理工学院,武汉 430223; 2.烽火通信科技股份有限公司,武汉 430073)

摘要:为了提高同步数字体系(SDH)信号映射到光传送网(OTN)信号之后在 OTN 域内的调度效率,提出了一种分组光传送网(POTN)系统架构下的 OTN 承载 SDH(SoO)模型业务映射方式来承载 SDH 业务。在 SoO 业务映射模型下,4 个同步传输模块(STM-4)信号通过通用帧封装和时钟透传的方式映射到低阶光数据单元(ODU0),再复用到高阶 ODUk 传输信号。通过与传统的 SDH 业务映射 OTN 信号方式比较,SoO 模型可有效提升 SDH 信号调度效率,为传统方式的 2~8 倍。采用网络测试方法验证了该映射方式的可行性,同时该方式还具有低功耗、低时延和调度灵活等优点。

关键词:光传送网承载同步数字体系;分组光传送网;光传送网;同步数字体系

中图分类号:TN914 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-5561(2019)11-0025-04

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2019.11.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research on new mapping method carrying SDH service on OTN

WANG Zekun¹, CHEN Songtao²

(1. Wuhan Huaxia University of Technology, WuHan 430223, China;

2. Fiberhome Telecommunication Technologies Co. Ltd., Wuhan 430073, China)

Abstract: In order to improve the scheduling efficiency of the synchronous digital hierarchy (SDH) signal mapped to the optical transport network (OTN) signal in the OTN domain, a new service mapping method SDH over OTN (SoO) model under the packet optical transport network (POTN) system architecture is proposed to carry the SDH service. Under the SoO service mapping model, 4 synchronous transport modules (STM-4) signal is mapped to the low order optical channel data unit (ODU0) through a general frame process and timing transparent transcoding, and then multiplexed to the ODUk transmission signal. Compared with the traditional SDH service mapping OTN signal mode, the SoO model can effectively improve the SDH signal scheduling efficiency, which is 2~8 times that of the traditional mode. The network test method is used to verify the feasibility of the mapping method, and has the advantages of low power consumption, low latency, and flexible scheduling.

Key words: synchronous digital hierarchy over optical transport network; packet optical transport network; optical transport network; synchronous digital hierarchy

0 引言

随着金融、证券、物流和互联网等业务大力发展,专网业务需要承载网具备 100M 以上带宽刚性管道承载能力。同时,传统党政、军业务仍需要专网能够提

供 2~100M 带宽刚性管道承载能力。由于自身技术限制,同步数字体系(SDH)在大带宽传输方面存在缺陷,已难以适应新型网络形势下专线业务带宽不断提高的要求。然而,目前 SDH 仍然是中小颗粒高价值业务的必然选择,所以要维护 SDH 的端到端专线承载,甚至部分扩容,就需要更先进的传输技术来接替 SDH 的承载业务,才能向前发展。当前主流传送技术中,光传送网(OTN)在安全性、低时延和可靠性等方面继承了 SDH 的全部优势,且具有带宽更大、光路直达和时延更低等特点,因此 OTN 可作为替代 SDH 承载专线业务的一种解决方案^[1-3]。根据信号传输业务属性的不同,会提供不同的设备对不同大小颗粒业务进行承

收稿日期:2019-07-05。

基金项目:武汉华夏理工学院科研基金项目(18034)资助。

作者简介:王贇坤(1981-),女,湖北武汉人,硕士,讲师,主要从事光通信技术、集成电路设计等方向的科学研究与教学工作;主持参与湖北省教育厅项目 3 项,校级教科研项目、质量工程项目等多项,并多次获得校教学成果奖、教学质量优秀奖。



载。在国际化标准中, 1G 以上大颗粒的业务采用 OTN 设备承载传输; 1G 以下小颗粒业务的承载方案, 主要有 SDH+OTN 技术、虚拟通道 (VC)-OTN 技术和 1G 以下颗粒 (Sub-1G) 技术。SDH+OTN 承载方式存在小颗粒 SDH 信号映射到 OTN 信号之后在 OTN 域内调度效率低的问题^[4]。Sub-1G 是一种全新的承载技术, 其国际标准仍在研讨中, 是未来的承载技术, 短期内不具备可实现性, 该技术不能和传统 SDH 网络进行互通。基于此, 本文提出一种基于分组光传送网 (POTN) 设备架构下的 VC-OTN 承载方案——SoO (SDH over OTN) 映射方式, 适合用来处理 2M~100G 的不同颗粒业务。

1 POTN 技术

POTN 是统一的交换架构平台, 兼具 SDH 传输网、分组传输网和 OTN 的技术优势, 且能有机融合光层 (L0 层)、SDH/OTN 层 (L1 层) 和分组传输层 (L2 层); POTN 在提升带宽和传输距离方面优势尤为突出, 可实现 2M~100G 全速率业务接入及大颗粒业务的长距离传输。POTN 设备架构与传统 SDH 设备叠加 OTN 设备技术在功耗、延时、设备成本和机房面积等方面的比较情况如表 1 所示。可以看出, 相比 SDH+OTN, 采用 POTN 设备可减小机房面积, 缩减人力资源、机房电源等方面的支出, 降低运营商的资本支出和运营成本。

表 1 POTN 与 SDH+OTN 综合对比表

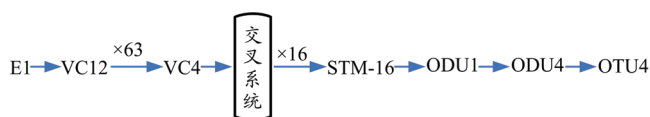
架构	模型	功耗 (归一化)	延时	设备 成本	机房面积
SDH+OTN	SDH-OTN	1 倍	100 μ s	300 万元	2×300 mm×600 mm
POTN	SoO	0.6 倍	80 μ s	150 万元	300 mm×600 mm

2 SoO 映射方式

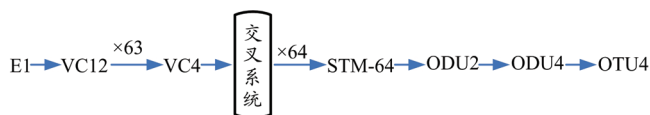
2.1 传统映射方式

依据 ITU-T G.709 标准协议, 有 2 种主要类型的 SDH-OTN 业务映射路径, 以传输 E1 业务信号为例, 其信号处理流程如图 1 所示。

图 1(a) 中, E1 通过 SDH 的成帧封装进入 VC12, 63 个 VC12 级联映射到 VC4。VC4 颗粒进入交叉矩阵进行交叉调度, 再从线路板卡中将 16 个 VC4 汇聚成 1 个同步传输模块 (STM-16) 映射到光数据单元 (ODU1), 复用到 ODU4。



(a) E1 业务基于 ODU1 封装的信号处理流程



(b) E1 业务基于 ODU2 封装的信号处理流程

图 1 传统业务信号流

图 1(b) 与图 1(a) 类似, VC4 颗粒进入交叉矩阵进行交叉调度, 再从线路板卡中将 64 个 VC4 汇聚成 1 个 STM-64 映射到 ODU2, 复用到 ODU4^[5-7]。

2.2 新型 SoO 映射方式

SoO 技术基于 POTN 架构, 通过定义 VC 适配 ODU 帧结构, 采用混合线卡进行封装映射, 实现用 OTN 承载 SDH 业务。OTN 多业务承载网络结构如图 2 所示。由 POTN 设备构成本地接入环, OTN 设备构成核心骨干环, 形成了一张端到端 OTN 多业务承载网络。POTN 设备中的 SoO 映射模型如图 3 所示。业务处理映射路径如图 4 所示。

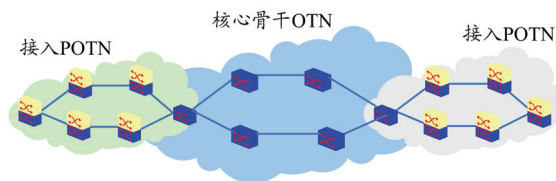


图 2 OTN 多业务承载网络结构

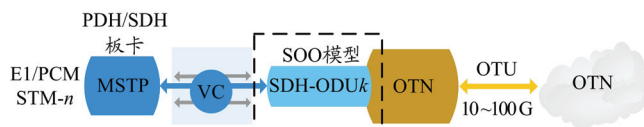


图 3 SoO 映射模型

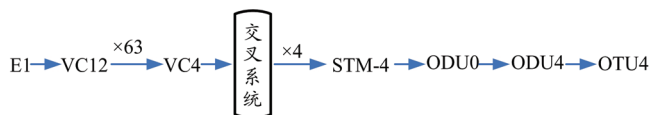


图 4 E1 业务基于 ODU0 封装的 SoO 信号处理流程

图 4 中, E1 通过 SDH 的成帧封装进入 VC12, 63 个 VC12 级联映射到 VC4。VC4 颗粒进入交叉系统交叉调度, 这时从线路板卡中仅将 4 个 VC4 汇聚成 1 个 STM-4, STM-4 通过透传映射的方式封装到 ODU0 中, 再复用到 ODU4。

2.3 映射方案对比

以 2M 业务复用到 4 阶光传输单元 (OTU4) 进行

光纤传输为例, 2M 的业务速率是 2.488 Mb/s, 等同于 1 个 VC12 的速率; 63 个 VC12 汇聚 1 个 VC4, 其速率为 155.52 Mb/s, 等同于 1 个 STM-1 的速率。STM-4 的速率为 $4 \times 155.52 \text{ Mb/s} = 622.08 \text{ Mb/s}$ 。

采用图 4 中的 SoO 业务映射路径, 将 2M 信号成帧封装到 VC12, 复用到 VC4, 再复用到 STM-4, 然后进入到 OTN 交换域之后, 可以以 OTN 系统最小颗粒 ODU0 进行交叉调度。这种方式可以有效提升网络对 2M 业务调度能力, 对比图 1(a) 路径承载 2M 信号, 将 2M 业务复用封装到 STM-16 映射到 ODU1 进行 OTN 域转发调度, SoO 业务映射路径可有效提升 2M 信号调度效率 2 倍; 与图 1(b) 路径承载 2M 信号对比, 将 2M 复用封装到 STM-64 映射到 ODU2 进行 OTN 域转发调度, SoO 业务映射路径可有效提升 2M 信号调度效率 8 倍。由此可见, 采用 SoO 业务映射路径, 可大幅提升 SDH 信号映射到 OTN 信号之后在 OTN 域内的调度效率。

3 新型 SoO 映射方式原理

3.1 映射原理

STM-4 信号向 ODU0 信号映射方向如图 5 所示。在定时透明转码 (Timing Transparent Transcoding) 编码过程之前, 接收串行器 (Rx SERDES) 接收 STM-4 客户端业务信息, 并进行信号并发, 实现性能监视。根据 ITU-T G.709 标准, 将 STM-4 信号通过系列通用成帧封装为 75 字节的通用成帧规程 (GFP) 帧, 其运行速率恰好是客户端比特率的 15/16。将成帧后的 GFP 帧信

号视为固定比特率 (CBR) 信号流, 再将 CBR 信号转码并存储在中央处理模块 (CPB) (放入 CPB 的分组将是 $B \pm 1$ 字节)。ODU0 通用映射规程 (GMP) 映射器从 CPB 读取数据包并映射到 ODU0 帧结构, GMP 校正过程由 $B \pm 1$ 数据包大小控制。ODU0 信号流在进入 ODUk 缓存器 (CBRB_FLEX) 时被打包, 将多路 ODU0 信号复用到高阶 ODU4 中, 进行 OTU4 成帧之后通过发送串行器 (Tx_SERDES) 接口输出。

ODU0 信号解映射 STM-4 信号方向如图 6 所示。从 OTUk 信号中解复用出 ODU0 信号; 在 ODUk 缓存区 (CBR) 接收 ODU0, 从 ODU0 信号中提取出随路时钟信息, 通过带外时钟控制方式在 STM-4 信号输出端作为发送参考时钟。ODU0 有效载荷通过 GFP 解映射方式解出 STM-4 信号, 通过信号转码恢复出 STM-4 信号流, 之后利用 8 B/10 B 编码模块组成 CBR 流, 再通过发送时钟进行 CBR 信号发送。

3.2 基于 FPGA 的功能仿真

本文根据以上对 SoO 映射原理的分析, 采用 Xilinx 10 系列的 FPGA 芯片进行编译测试, 观察所得数据。STM-4 信号映射封装到 ODU0 输出的功能模块仿真图如图 7 所示。STM4_CLK1 为 STM-4 输入信号时钟, 测试速率为 155.52 MHz, rst_n 为输入复位信号, STM4_Data1 为 STM-4 输入 312 bit 数据信号, ODU0_Data2 为 ODU0 输出 312 bit 数据信号, ODU0_CLK2 为输出时钟信号, 其速率约为 167.3 MHz, 符合 ITU-T G.709 标准。

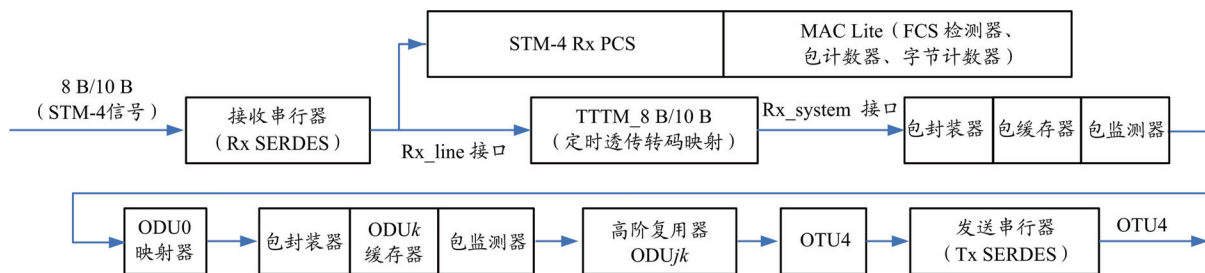


图 5 STM-4 映射 ODU0 的透传处理流程

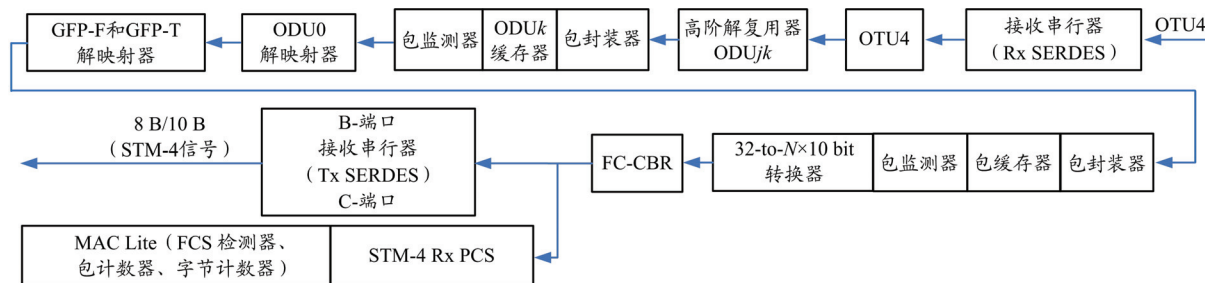


图 6 ODU0 解映射 STM-4 的透传处理流程

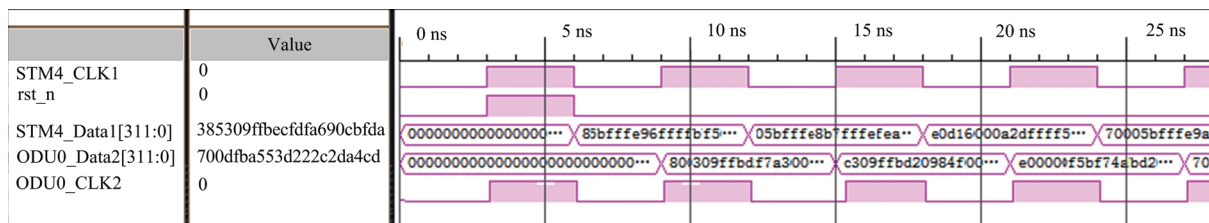


图 7 SoO 功能仿真波形

4 新型 SoO 映射方式性能测试

通过上文对 SoO 的分析与研究, 本文采用 JDSU 公司仪表 OTN-600 对 STM-1 信号源测试, 得到 STM-1 信号输出抖动指标为 0.037UI, 具体如图 8 所示, 符合 ITU-T G.7051 标准。

同样采用 STM-1 信号作为信号源, 利用 FTBx-8880 仪表测试, 双节点单向测试转发延时为 0.317 ms, 如图 9 所示, 显示延时非常小。STM-1 业务信号稳定性测试结果如图 10 所示, 显示正常无误码。

根据以上测试结果可知, POTN 系统架构下的基于 ODU0 封装 SoO 业务映射方式业务性能指标符合标准要求, 同时可以有效提升业务调度效率。

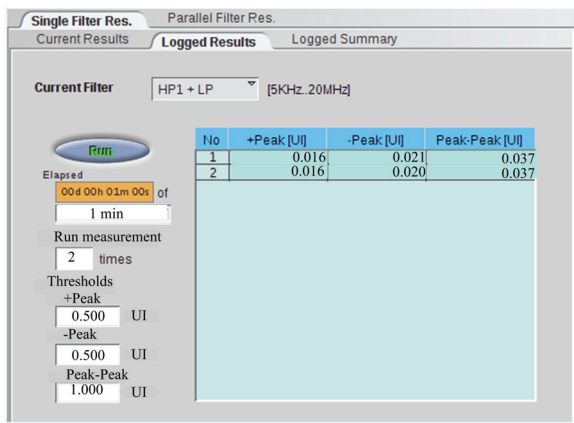


图 8 抖动延时

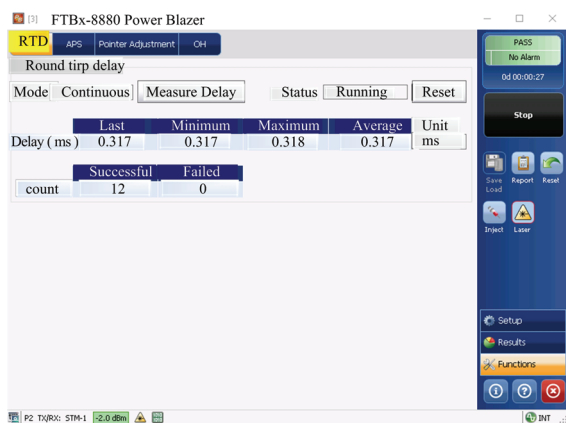


图 9 单向转发延时测试

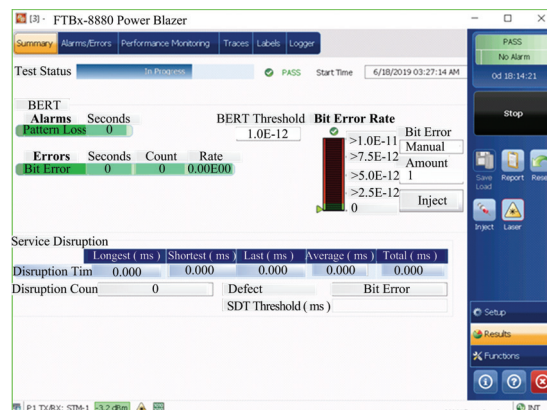


图 10 稳定性测试

5 结束语

本文依据 ITU-T G.709 标准, 对传统 SDH-OTN 业务映射路径的原理进行了分析, 重点对 POTN 系统架构中新型的 SoO 映射路径的原理与设计方法进行了研究, 并将其与传统映射路径进行了对比。在新型的 SoO 映射业务路径中, 将 STM-4 信号直接向 ODU0 信号映射增强了信号调度的灵活性, 提高了调度效率。另外, SoO 映射方式能在现有 OTN 设备上平滑升级 POTN 架构, 且能与传统的 SDH 或多业务接入平台 (MSAP) 设备对接, 可产品化。通过测试可知, 基于 ODU0 封装的 SoO 处理方法在抖动容限、业务转接延时等方面符合标准, 性能测试稳定。

参考文献:

- [1] 聂磊. 专线业务与 SDH 网络现状分析 [J]. 广东通信技术, 2017(5): 3-4, 15.
- [2] 肖萍萍. SDH 原理与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [3] ITU-T. Interface for the Optical Transport Network: G.709/Y.1331[S]. Geneva: ITU-T, 2016.
- [4] 范俊. 传输承载由 SDH 向 MS-OTN+any 的演进 [J]. 通信设计与应用, 2019(2): 75-76.
- [5] 冯子悦, 毛晓波, 潘庆雯. 一种 VC 交叉的 OTN 板卡设计[J]. 网络新媒体技术, 2019, 2(8): 53-58.
- [6] 林何平, 王澄, 张金亮. 一种融合 VC 交叉功能的 OTN 系统技术应用 [J]. 电信科学, 2018(2): 173-180.
- [7] 张志利, 马晓明, 张通勇, 等. 基于 FPGA 的 VC12 交叉汇聚系统研究 [J]. 光通信技术, 2017, 41(5): 23-26.