

面向智算光网络的OSU/fgOTN

Research and Analysis of OSU/fgOTN New Technology System and Application for Intelligent Computing Optical Network 新技术体制及应用研析

段宏¹,马小梅²,权晨旭¹,杨伟¹,薛明¹,刘刚¹,张传熙¹(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南郑州450007;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京100033)

Duan Hong¹,Ma Xiaomei²,Quan Chenxu¹,Yang Wei¹,Xue Ming¹,Liu Gang¹,Zhang Chuanxi¹(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

摘要:

在智算时代,各类应用场景对光网络提出了新的需求,其中高品质政企专线亟需光网络提供刚性管道、便捷接入、安全可靠、灵活敏捷的全光入算能力,OSU、fgOTN等新技术应运而生。介绍了OSU与fgOTN技术的国内外标准进展及业界动态,并对二者的技术体制进行分析和对比,详细阐述了二者在组网架构、业务承载、网络演进等方面的技术特点和实现方式,最后对OSU与fgOTN技术路线选择进行了总结,并给出建议。

Abstract:

In the era of intelligent computing, various application scenarios have put forward new demands for optical networks, among which high-quality government enterprise dedicated lines urgently need optical networks to provide rigid pipelines, convenient access, safe and reliable, flexible and agile all-optical computing capabilities, so new technologies such as OSU and fgOTN have emerged. It introduces the standard progress and industry trends at home and abroad, and then it analyzes and compares the technical systems of the two. Then, it elaborates in detail on the technical characteristics and implementation methods of the two in terms of network architecture, service bearer, network evolution, etc. Finally, it summarizes the selection of OSU and fgOTN technology routes, and recommendations are provided.

Keywords:

OSU; fgOTN; Frame structure; Mapping; Multiplexing

引用格式:段宏,马小梅,权晨旭,等.面向智算光网络的OSU/fgOTN新技术体制及应用研析[J].邮电设计技术,2024(12):14-21.

0 引言

近年来,运营商持续加强面向政企行业客户(党、政、军、金融等)的光网络建设^[1-2],提供高品质、高可靠性、低时延、刚性带宽保障的政企SDH/OTN专线^[3-4]。专线带宽绝大多数为百Mbit/s及以下量级^[5],主要由SDH网络、OTN网络承载。随着智算时代的到来,政企专线数量和品质的“双提升”使得现有网络技术和架构逐渐难以满足需求,主要存在以下问题^[6]:一是SDH网络处于技术生命终了期,运营商正在加速推进

关键词:

OSU; fgOTN; 帧结构; 映射; 复用

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2024.12.003

文章编号:1007-3043(2024)12-0014-08

中图分类号:TN913

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



SDH退服退网;二是传统OTN网络面临ODUk管道传送Mbit/s量级业务效率低,EoSoOTN映射层级多、时延大且网络VC交叉消耗资源巨大等问题^[7]。因此,亟需新的技术体制解决百Mbit/s及以下量级专线业务需求的“质、量双涨”问题,在此背景下光业务单元(Optical Service Unit, OSU)和细粒度光传送网(fine grain Optical Transport Network, fgOTN)等新技术应运而生^[8]。

1 OSU/fgOTN新技术发展现状

OSU、fgOTN均归属于光网络OTN技术范畴^[9],其相同点为二者均能提供Mbit/s级别的小颗粒刚性业务,OSU以2.6 Mbit/s为最小业务单位^[10],而fgOTN以

收稿日期:2024-11-01

10.4 Mbit/s 为最小业务单位;它们的不同点为帧结构不同,OSU 为 1×192 字节,而 fgOTN 为 $4 \times 3\ 824$ 字节。2 种技术路线的选择、发展和演进,一直是业界关注研讨的重点,也对设备商及运营商的设备研发、网络投资建设的决策,产生深远的影响^[11]。

1.1 国际/国内标准规范

OSU/fgOTN 标准规范进展如下。

a) 国际方面。2018 年 2 月,ITU-T 日内瓦全会首次提出启动 OTN 小颗粒研究,并在同年 10 月立项(G. sup.sub1G 项目)。2021 年 12 月,G.OSU 因其不满足类似 SDH 的完全 TDM 特征被建议重新审视技术方向,最终达成了传承 SDH/OTN 标准体系的具有完全 TDM 特性、低时延、低抖动、简化 CBR 时钟方案等特点的 fgOTN 技术方案。2023 年 4 月 ITU-T 决定将项目由 G.OSU 更名为 G.fgOTN,并经 2023 年 11 月和 2024 年 7 月的 ITU-T SG15 全会讨论达成全面共识,正式发布 fgOTN 技术方案,包扩总体、接口、无损带宽调整、架构等 7 部分主要技术架构内容。

b) 国内方面。中国通信标准协会(CCSA)于 2019 年 12 月完成了《光业务单元(OSU)技术要求》行标的立项。其中 OSU 由于在技术诞生、发展的过程中逐渐演化为多个技术版本(帧结构有区别),OSU 在 CCSA 的推进较为缓慢,甚至一度因分歧停滞。经多轮研讨,在 2023 年底确定收敛为 2 个技术版本(OSU 00/01 版本),并于 2024 年正式发布。此外,2024 年 CCSA 对 ITU-T G.fgOTN 新技术进行国内标准规范立项。

1.2 业界动态

1.2.1 运营商

面对 OSU/fgOTN 2 种不同技术路线的小颗粒 OTN 承载技术,运营商的技术路线各不相同。中国电信率先明确选择 OSU 01 版本作为企标,引领设备商积极进行 OSU 01 版本设备开发,并开展规模性集中采购。中国移动前期开展了 OSU 00' 版本研究,后来在 ITU-T、CCSA 积极推进 fgOTN,并最终选择 fgOTN 作为企标,计划于 2024 年底开展验证性测试。中国联通正在对 2 种技术的发展进行密切跟踪和研判。

1.2.2 设备商

由于 OSU 技术体制立项较早,且中国电信首先明确发布 OSU 01 版本企标,多数设备商支持 OSU 01 版本并参与了中国电信组织的试验测试、集采测试、公开招标;另有少数设备商支持 OSU 00 版本并参与了运营商组织的 OSU 00 版本验证性技术测试、OSU 00 版

本与 01 互通及穿通测试,体现了 OSU 00 版本的技术能力。随着 ITU-T G.fgOTN 技术体制的成熟与发布,设备商已同时着手 fgOTN 设备研发,其中头部设备商于 2024 年 6 月前已完成运营商组织的原型机测试。

2 OSU/fgOTN 新技术体制简介

2.1 OSU

OSU 帧结构由开销区域、净荷区域组成,帧长为 192 字节(见图 1)。其中,开销区域为第 1~7 字节,包括通用 VER、TPN、FT、PM、TCM、CV、SQ、映射开销、CRC8;净荷区域为第 8~192 字节。OSU 00 与 01 版本的帧长均为 192 字节,其差异主要为开销区域中各功能单元所分布的字节、比特位不完全一致。OSU 至 ODU 的映射复用过程为:首先多个 OSU 帧复用形成光业务支路单元(OSTU),然后多个 OSTU 复用形成光业务支路单元组(OSTUG)封装至 OPU 的净荷区,之后 OPU 至 ODU 的封装过程遵从传统的 OTN 封装过程。

OSU 00 和 01 版本的差异对比如表 1 所示。从技术层面来看,二者的总体功能原理和技术特点基本一致,但实际应用层面因帧结构、字段和比特位不同,给设备商在产品研发、芯片流片、制造成本等方面,以及运营商在版本选择、技术路线、建设投资等方面均造成诸多不利因素,这也是 OSU 未在三大运营商统一规模性商用部署的主要原因。

2.2 fgOTN

fgOTN 的帧结构如图 2 所示,它在传统 ODU 帧结构的基础上进行了优化^[12],由 $4 \times 3\ 824$ 个字节组成。其中,开销区由第 1~16 列字节和第 1 905~1 920 列字节组成,其余为净荷区。开销区域除传统的 ODU 开销外,fgOTN 帧结构增加了 DA 和 FAS 等功能开销,分别用于优化 CBR 时钟机制和支持更快的帧定位。

fgOTN 至 ODU 的映射复用过程为:首先业务信号被映射到 fgOPUflex 净荷区中,并且将生成的调整控制信息插入到 fgOPUflex 开销区中,之后生成 fgODUflex 通道连接监控信息和串联连接监控信息,并分别插入到 fgODUflex 通道监控(PM)和串联连接监视(TCM)开销,其中 fgODUflex 最多支持 2 级 TCM。最后将 fgODUflex 信号映射到服务器 OPU 的 1 个或多个细粒度支路时隙 fgTS 中。

2.3 技术体制对比

OSU、fgOTN 是对传统 OTN 的进一步细分,把 OTN 的 OPU 划分为更小的颗粒度,更聚焦于 Mbit/s 级别的

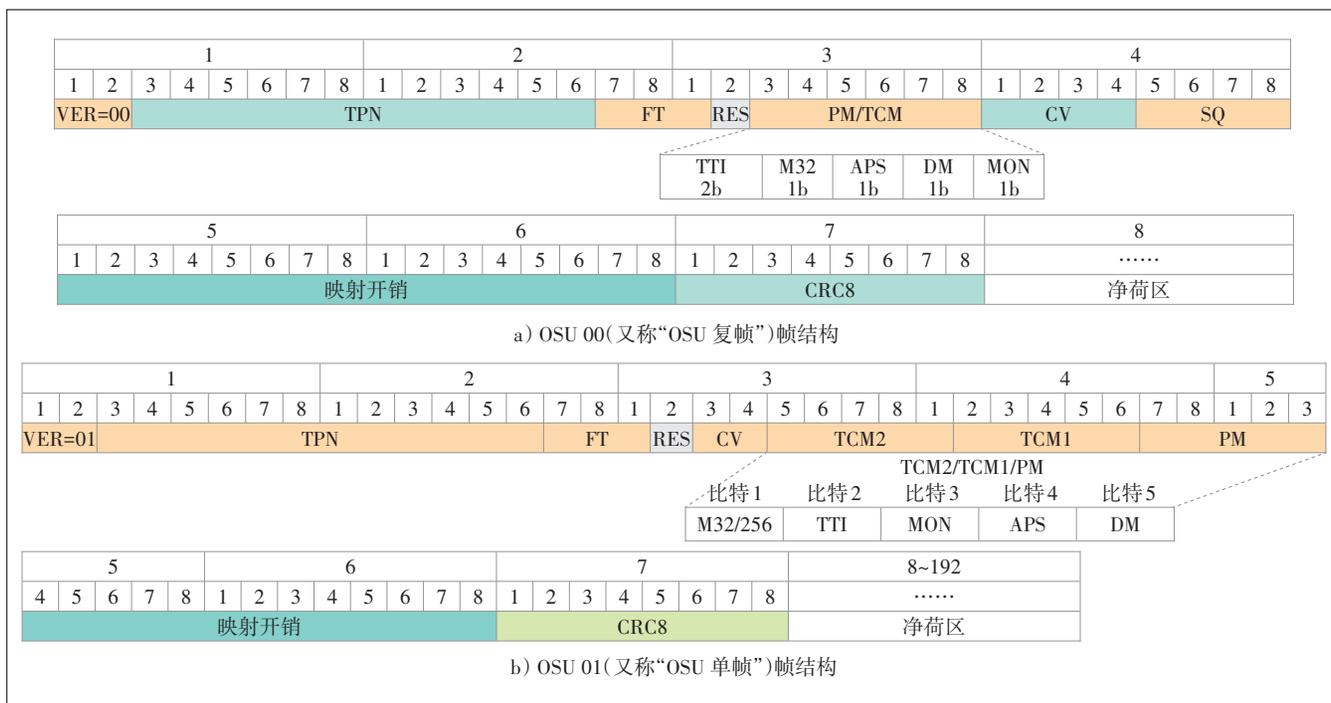


图1 OSU 帧结构

表1 OSU 00与01版本差异对比

差异点	OSU (00)	OSU (01)	对比结论
CV	4 bit: ①0~15连续累加,通过计数连续性判断是否存在丢帧;②通过TCM/PM字段TTI后256个bit承载带宽信息	2 bit: ①通过CV第1个bit复帧图案检测8帧为单位连续性;②通过CV第2bit的32复帧承载BW信息	CV字段功能基本相同,应用上基本无差别
FT	基本帧和维护帧等,额外定义了扩展帧	无扩展定义	FT字段长度相同,应用上基本无差别
PM/TCM 字段	TCM: 1级TCM,支持APS(与PM复用)/DM(与PM复用)/BIP8/BDI/BDEGP PM: 支持TTI/APS(与TCM复用)/DM(与TCM复用)/BDI/BIP8/BDEG	TCM: 2级TCM,TCM1支持BIP8/BDI/BEI/DM;TCM2支持BIP8/BDI/BEI/APS PM: 支持TTI/APS/DM/BDI/BIP8/BEI	除OSU 00不支持BEI外,功能基本相同,都可以支持分段监控和分段保护
TCM等级	①TCM支持分段监控 ②增强PM SNCP/N支持分段保护	①TCM1支持分段监控 ②TCM2 SNCP/S支持分段保护	TCM级别数量不同;应用中差异:OSU01多一级TCM
SQ	针对CBR和PKT业务均有定义:①4 bit,0~15连续累加,通过计数连续性判断是否存在丢帧;②最大可以识别15帧丢失	仅对CBR业务定义:①2 bit,0~3连续累加,通过计数连续性判断是否存在丢帧;②最大可以识别3帧丢失,大于3帧后反转	SQ功能相同位宽不同,应用中基本无差别
RES	6 bit	1 bit	预留字段,对应用无影响

小颗粒业务承载,其特点及对比如表2所示。

a) 帧结构:OSU帧长为1×192字节,有2种不同版本的帧结构;而fgOTN帧长为4×3 824字节,仅有1种帧结构,不存在帧结构版本不同的问题。

b) 时隙颗粒度:OTN最小时隙颗粒度为ODU0(1.25 Gbit/s),承载Mbit/s级别业务时带宽利用率较低。而OSU、fgOTN最小时隙颗粒度分别为2.6、10.4 Mbit/s,可以更好地解决Mbit/s级别的业务承载^[13]。

c) 无损带宽调整:OTN基于ODUflex和G.HAO进行无损带宽调整^[14-15],调整过程协议复杂且步长为

512 Mbit/s,现网实际应用较少。而OSU、fgOTN的调整过程针对上述缺点进行了迭代提升,可以一步快速调整至目标带宽且精准至Mbit/s量级。

d) 切片数量(最大支持业务条数):以100G为例,OTN的切片数量为80个,而OSU、fgOTN切片数量达到k量级,远远大于OTN,可以大大提高专线用户的并发承载能力。

2.4 小结

从技术体制层面来讲,OSU、fgOTN均是专门解决Mbit/s级别业务承载的新型OTN技术,技术理念基本

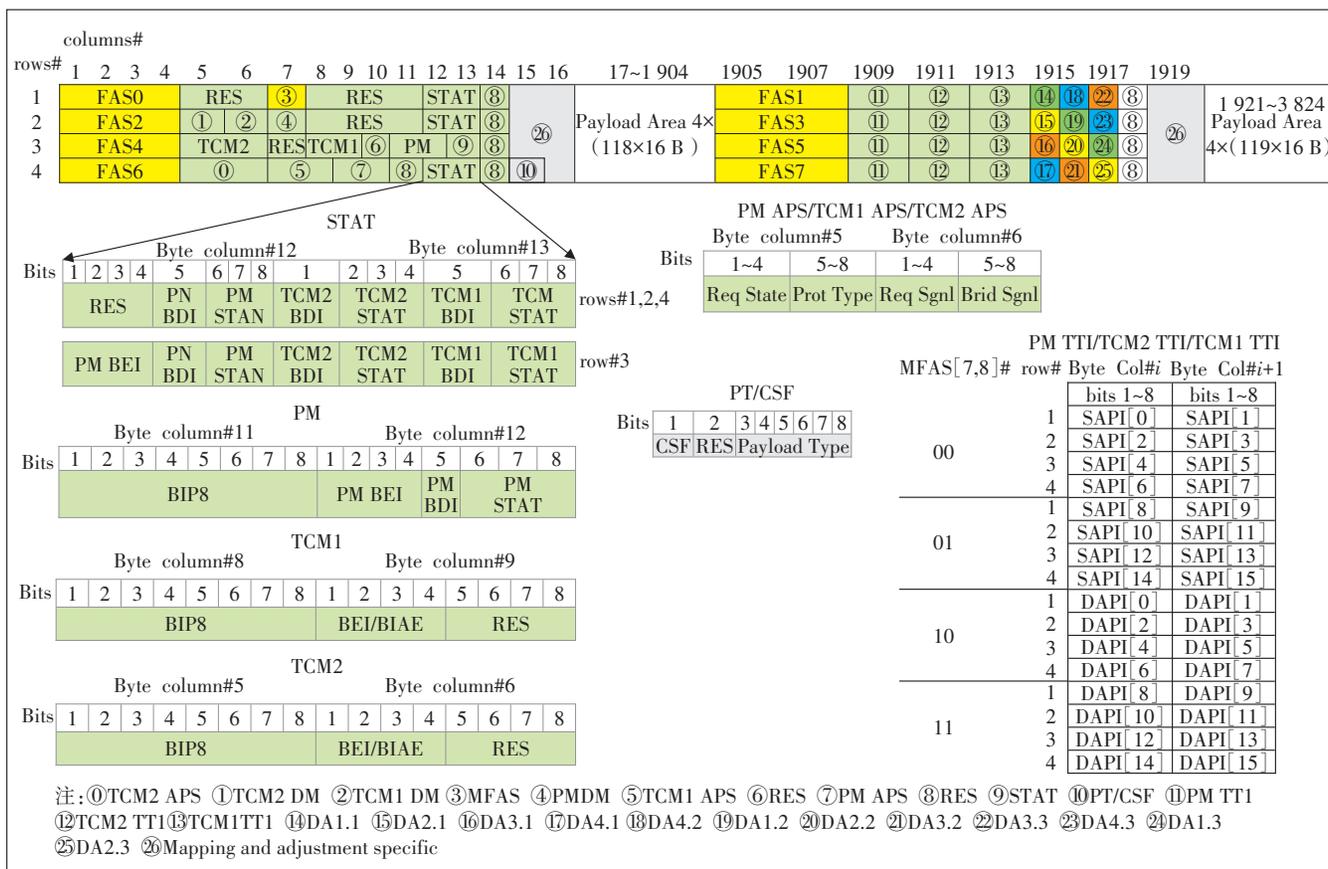


图2 fgODUflex 框架结构

表2 OSU、fgOTN、OTN 技术对比

对比项	OSU00	OSU01	fgOTN	传统 OTN
帧结构	1×192(基础帧+扩展帧)	1×192(基础帧)	4×3 824(ODU 帧改进)	4×3 824(ODU 帧)
净荷比	185/192	185/192	237/239	238/239
时隙粒度	2.6 M	2.6 M	10.4 M	1.25 G
最大服务层	100 G ODU4	100 G ODU4	10 G ODU2	n×100 G OTUCn
接入业务速率	2 M~100 G	2 M~100 G	10 M~1 G	1.25 G~n×100 G
支持最大业务条数	协议支持4k条 (每100 G)	协议支持4k条 (每100 G)	N×119 (N为1.25 G 时隙数)	n×80条 ODU0 业务
OAM 开销能力	PM + 1级 TCM	PM + 2级 TCM	PM + 2级 TCM	PM+6级 TCM
分组业务映射	IMP	IMP	IMP	GFP-F、IMP
CBR 业务映射	GMP	GMP	GMP	GMP、AMP、BMP
VCn 业务映射	GMP	GMP	GMP	Over STM-N(CBR)
时钟方案	同步或 ACR	同步或 ACR	逐点相差累积	逐点同步或透传
无损带宽调整	一步快速调整	一步快速调整	一步快速调整	512 Mbit/s 缓慢调整
新增开销	VER、TPN、FT	VER、TPN、FT	DA、FAS	-

一致。虽然二者帧结构和实现的具体方式不同,但基本功能无本质差异。从实际应用方面来讲,帧结构不同意味着二者的实现方式不同,产业界需单独进行2种技术的设备研制,这对于运营商后续的技术路线选

择、网络演进、建设投资等均有较大影响。

3 OSU/fgOTN 新技术业务承载策略

3.1 OSU/fgOTN 组网架构

图3描述了典型的 OSU/fgOTN 组网场景,涉及骨干层(省干、国干)、城域网(核心节点、汇聚节点)、接入层(综合接入点、客户机房)。按业务源节点、宿节点的地域范围可分为:本地域内业务、省内跨地(市)业务、跨省业务3种方式。

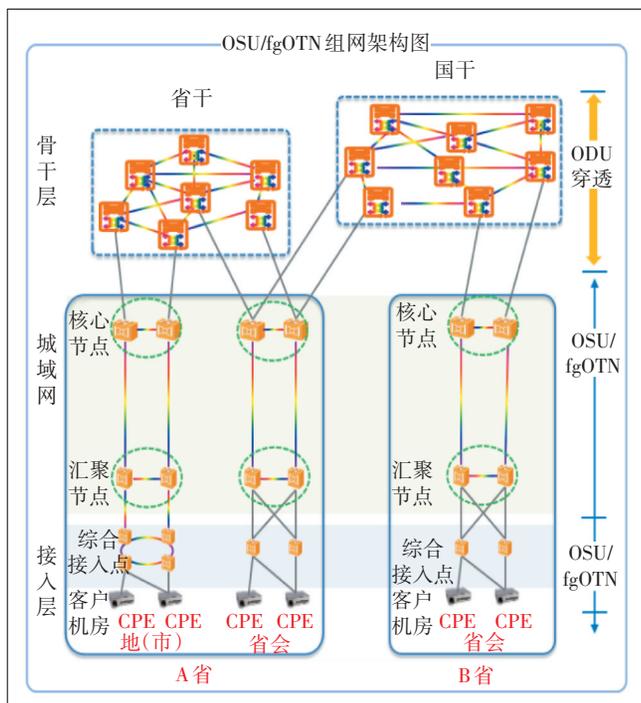


图3 典型的 OSU/fgOTN 组网架构

3.1.1 接入层

客户机房的 CPE 设备是业务的端点(源节点、宿节点),负责 OSU/fgOTN 的发起和终结。专线业务速率主要为 Mbit/s~百 Mbit/s 量级,CPE 设备将业务映射封装至 OSU/fgOTN,并通过综合业务接入点向上传递。

3.1.2 城域网

汇聚节点与接入层对接,负责整合接入层 OSU/fgOTN 业务的调度,并传递至核心节点。源宿节点位于同一本地域内的业务可通过汇聚节点、核心节点实现互通。城域网内业务颗粒度主要为 Mbit/s 级别,仍用 OSU/fgOTN 技术承载。

3.1.3 骨干层

源宿涉及到省内跨地(市)业务和跨省的业务,由核心节点按传输方向将小颗粒 OSU/fgOTN 汇聚为大颗粒的 ODUk,传递至骨干层进行互通,骨干层仅需支持传统 OTN 即可,可暂不具备 OSU/fgOTN 功能。

需要说明的是,目前运营商的城域网主流厂家基本已具备 OSU 能力,但 OSU 00/01 这 2 个版本无法互通

(源宿节点必须是同一版本),穿通功能受限(如 OAM 功能等),对网络演进、建设投资、业务端到端开通有较大影响。

3.2 OSU/fgOTN 业务承载

3.2.1 客户信号至 OSU/fgOTN 的映射

OSU/fgOTN 承载的业务类型主要为以太网分组(PKT)、STM-N、E1 和 VC-n,至 OSU/fgOTN 的映射方式分别如下。

a) 以太网分组(PKT)。首先对以太网分组业务信号进行 64B/66B 编码(OSU/fgOTN 均涉及)、256B/257B 转码(仅 OSU 涉及),形成的码块流按照 IMP 方式分别映射至 OSU/fgOPUflex 净荷区,并通过插入或删除空闲码块完成业务信号码块和 OSU/fgOPU 净荷之间的速率适配,其过程中的控制功能字节分别映射至 OSU 开销、fgOPUflex 开销,进行帧对齐后完成整个映射过程。

b) STM-N。将 STM-1/4(STM-16/64 暂不支持)业务通过 GMP 方式分别映射至 OSU 净荷和 fgODUflex 净荷,映射过程中的净荷速率可以采用本地或系统时钟生成。OSU 映射过程是将业务字节数据按照从左往右的顺序依次映射,而 fgOTN(帧长比 OSU 长)是将 fgOPUflex 净荷的第 1~2 行和第 3~4 行形成 2 个独立的净荷容器分别映射,其过程中的控制功能字节分别映射至 OSU 开销和 fgOPUflex 开销。需要说明的是,fgODUflex 开销中创新性地引入 DA 字节,它提供了一种累加相邻 fgODUflex 处理节点之间的相对时钟偏移方案,进而不需要在中间 fgODUflex 交换节点进行低通滤波,简化时钟传递方式。

c) VC-n、E1。首先从 STM-1/4 中提取 VC-4/VC-3/VC-12,再映射至 AU-4/TUG-3/TU-12(fgOTN 直接提取 AU-4/TUG-3/TU-12),然后通过 GMP 方式将其分别映射到 OSU 净荷和 fgOPUflex 净荷。其中,fgOPUflex 承载的 VC-12 的数量,目前 ITU-T 中规定为 1 个或 5 的整数倍(最大 60 个)个,而 OSU 承载不受限,可为 1~63 个 VC-12。对于 E1 信号,首先将其异步映射到 ITU-T G.707 中规定的 VC-12 中,之后 VC-12 被同步映射到 TU-12 中,后续同 TU-12 至 OSU/fgOTN 的映射过程。表 3 是 OSU/fgOTN 2 种技术映射方式的对比。

3.2.2 OSU/fgOTN 至 OPU 的映射复用

3.2.2.1 OSU 至 OPU

如图 4 所示,用于承载 OSU 的 OPU 帧包含 2 部分,一是 OPU 帧净荷区域,二是 OPU 帧开销区域。OPU 帧净荷区(第 17~3 808 列×4 行)按照 192 字节为单位划分

表3 OSU/fgOTN 2种技术映射方式对比

业务类型	OSU	fgOTN	对比
以太网分组(PKT)	业务带宽:2.6 Mbit/s~10 Gbit/s;映射方式:IMP,先64/66B编码,再257B转码	业务带宽:10.4 Mbit/s~1 Gbit/s;映射方式:IMP,64/66B编码	fgOTN不进行257B转码,业务带宽小于OSU
STM-N	业务类型:STM-1、STM-4;映射方式:GMP;物理时钟恢复:物理层时钟同步或ACR机制	业务类型:STM-1、STM-4;映射方式:GMP;物理时钟恢复:基于服务层相差传递的时钟恢复机制	fgOTN提出创新的时钟相位逐跳累加技术,优化时钟传递方式;二者均暂不支持STM-16、STM-64
E1/VC	业务类型:E1、VC-12、VC-3、VC-4;映射方式:GMP;AU/TU映射:映射至OSU净荷,按顺序依次(从左往右)依次映射	业务类型:E1、VC-12、VC-3、VC-4;映射方式:GMP;AU/TU映射:映射至fgOTN净荷,以16字节为单位映射	fgOTN承载的VC-12的数量,目前约定为1个或者是5的整数倍(最大60个),而OSU不受限(1~63个)

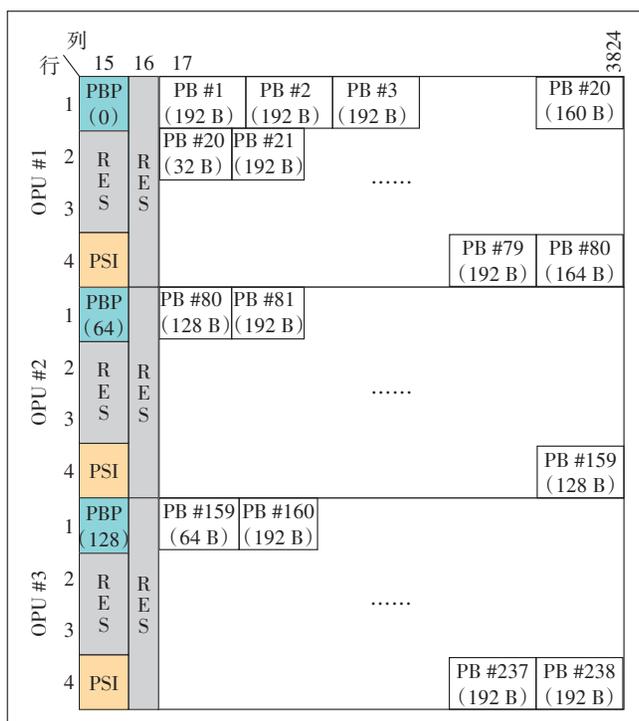


图4 OSU至OPU的映射复用示意

PB块(长度与OSU一致),然后将OSU帧按照顺序依次放置于PB块中,由于 $[(3808 \times 4) \times 3] / 192 = 238$,因此连续3个OPUk帧净荷区刚好能够容纳238个OSU帧。OPU开销区域的PBP指针,主要实现OSU跨OPU帧边界的PB块的定位;OPU开销区域的PSI主要包含PT字段,用于指示OSU映射复用结构对应的PT值;保留字段RES默认设置为0。

3.2.2.2 fgOTN至ODU的复用

如图5所示,用于承载fgOTN的OPU帧包含2部分,一是OPU帧净荷区域,二是OPU帧开销区域。OPU帧净荷区(第17~3808列 \times 4行 \times 32帧)按照16字节为单位划分fgTS时隙,客户业务信号映射到fgODU-flex后,fgODUflex以16字节为单位基于fgGMP映射方式映射到fgODTU中,fgODTU净荷区的16个字节块依

次对应fgTS中的16个字节块,连续32个OPU帧净荷区刚好能够容纳119个fgOTN。OPU开销区域的fgTSOH、fgTSMxOH、OMFI,主要用于fgOTN时隙开销、fgOTN时隙复用开销、OPU复帧指示功能。

通过上述OSU/fgOTN的复用过程可以看出,二者的原理基本一致,均是将OPU净荷进一步细分出OSU PB块、fgTS时隙,从而实现Mbit/s级别的业务承载。二者的差异点在于OSU在OPU中PB块的位置有可能按照优先级等因素进行调整,而fgOTN在OPU中的时隙位置是完全固定的,相较而言fgOTN具有更加“刚性”的管道特性。

3.3 OSU/fgOTN网络演进

运营商经过多年的网络建设,OTN网络架构已经日趋完善、体量庞大,涵盖国干、31省省干以及330多个地(市)。对于国干、省干而言,经过地(市)核心节点已将小颗粒OSU/fgOTN汇聚为大颗粒ODUk,因此国干、省干可暂不演进。对于接入层客户机房和综合接入点而言,由于对应设备价格十分便宜,一般按需直接新增OSU/fgOTN设备即可。对于核心节点、汇聚节点,现网演进主要存在以下2种方式(见图6)。

a) 新增OSU/fgOTN支路板卡、线路板卡。核心及汇聚节点设备利旧现有交叉板卡,新增支持OSU/fgOTN功能的支路板卡、线路板卡。支路侧/线路侧业务通过新增的板卡完成OSU/fgOTN的映射与解映射,然后在交叉板卡实现交叉功能。目前设备商的交叉板主要基于信源切片方式实现,在源端按照固定字节长度进行切片并进行交叉,然后在宿端重新拼接。因此现网交叉板卡资源和能力可充分利旧。

b) 新增OSU/fgOTN桥接板卡。核心及汇聚节点设备利旧现有交叉板卡、支路板卡、线路板卡,新增支持OSU/fgOTN功能的桥接板卡。桥接板卡从交叉板卡的源端获取ODU信号,在桥接板内解映射至OSU/fgOTN,然后再送至交叉板卡完成基于信源切片方式

OPU0 frame # MFAS [4:8]	row#per OPU0 frame	Column15								Column16								17 to 32	33 to 47		1 905 to 1 920	1921 to 1 936	1937 to 1 952		3 809 to 3 824
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	119	1	2	119
#0	1																fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	
	2	fgTSOH of fgTS #1		fgTSOH of fgTS #2		fgTSOH of fgTS #3		fgTSOH of fgTS #4		fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
	3	fgTSOH of fgTS #1		fgTSOH of fgTS #2		fgTSOH of fgTS #3		fgTSOH of fgTS #4		fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	
	4	PT&RES or fgTSMxOH or RES				OMFI				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
#1	1															fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119		
	2	fgTSOH of fgTS #5		fgTSOH of fgTS #6		fgTSOH of fgTS #7		fgTSOH of fgTS #8		fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
	3	fgTSOH of fgTS #5		fgTSOH of fgTS #6		fgTSOH of fgTS #7		fgTSOH of fgTS #8		fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	
	4	fgTSMxOH or RES				OMFI				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
.....		
#29	1															fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119		
	2	fgTSOH of fgTS #117		fgTSOH of fgTS #118		fgTSOH of fgTS #119		RES		fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
	3	fgTSOH of fgTS #117		fgTSOH of fgTS #118		fgTSOH of fgTS #119		RES		fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	
	4	fgTSMxOH or RES				OMFI				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
#30	1														fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119			
	2	RES				RES				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
	3	RES				RES				fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	
	4	fgTSMxOH or RES				OMFI				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
#31	1														fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119			
	2	RES				RES				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				
	3	RES				RES				fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2	.....	fgTS #119	
	4	fgTSMxOH or RES				OMFI				fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119	fgTS #1	fgTS #2		fgTS #119				

图5 fgOTN 至 ODU 的映射复用示意

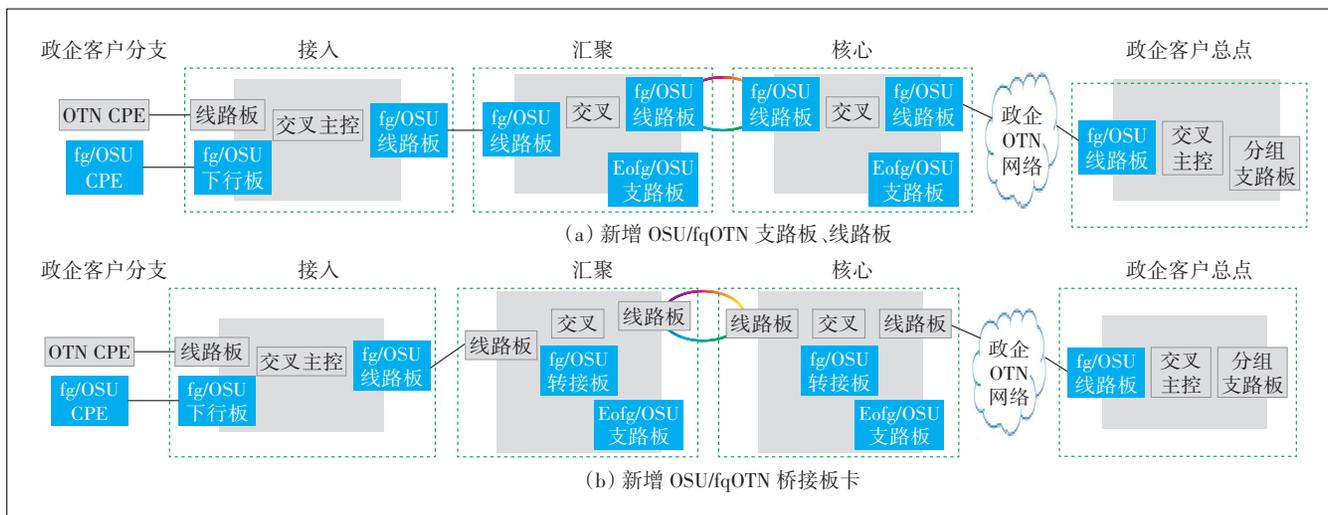


图6 核心/汇聚设备 OSU/fgOTN 演进方案

的交叉,交叉后重新返回至桥接板卡,完成 OSU/fgOTN 至 ODU 的映射后传送至交叉板卡的宿端,最终传递至后续线路板卡或支路板卡。

这 2 种方式相比,方式 b) 对现有网络架构和存量业务的影响较小,增量 OSU/fgOTN 业务按需配置桥接

板卡,但桥接板卡的容量一般较低,且额外占用设备的板卡槽位,对于业务量十分巨大的应用场景可能存在“瓶颈效应”。方式 a) 由于新增线路板卡,可能涉及存量业务的中断、割接,规模性替换会造成现网大规模投资建设,但其优点是不存在桥接板卡所带来的

“瓶颈效应”,也无需额外占用设备的板卡槽位,符合长期演进的需求。

因此,可根据业务增量、网络规模、应用场景等因素统筹考虑,业务热点场景或新建场景优选方式a),普通场景或有快速开通需求场景优选方式b)。

4 OSU与fgOTN技术路线研判

OSU与fgOTN 2种技术路线的对比和选择一直是业界关注的焦点。在标准规范方面,国际ITU-T已将G.OSU变更为G.fgOTN(G.OSU终止)并发布冻结,国内CCSA已正式发布OSU行标(保留OSU 00/01 2个版本),并对fgOTN行标进行了立项。运营商方面,中国电信选择OSU 01作为企标并组织开展OSU设备的测试、招标、网络建设,中国移动选择fgOTN作为企标并计划于2024年底前开展验证性试验,中国联通正在对2种技术发展进行密切跟踪和研判。对设备商来说,OSU技术版本不统一对产品研制、开发投入造成较大影响,绝大多数设备商支持OSU 01,少量支持OSU 00。fgOTN不存在版本不统一问题,设备商积极开展fgOTN设备的研制开发试验等工作,目前尚未成熟商用。从网络能力及建设来看,运营商的在网设备目前均不支持fgOTN(预计2025年~2026年规模商用),部分设备已支持OSU功能并可利旧现网资源开通业务,但存在的主要问题是OSU版本不统一所带来的实际应用问题。

总体来讲,OSU和fgOTN均为Mbit/s小颗粒专线业务提供了新的解决方案,具有高可靠性、高稳定性、低时延、刚性管道等新特性。在技术层面,二者特点相同并无本质技术体制差异,在网络演进层面,OSU版本不统一而fgOTN技术体制统一,更有利于产业链形成合力、网络互联互通、运营商网络演进及投资建设。因此,建议统筹考虑业务需求、技术体制、网络既有投资和能力、长远演进目标等多方面因素,如果业务需求迫切,需要充分挖潜利旧现网能力和快速开通业务,则可考虑已商用的OSU技术;从长远发展来看,建议选择fgOTN作为技术选择、网络演进的长远目标。随着新技术的发展、网络的建设和演进,也希望业界能够在小颗粒技术领域逐渐统一技术、形成合力,推进产业链的良好发展。

参考文献:

[1] 张成良,韦乐平.新一代传送网关键技术和发展趋势[J].电信科

学,2013,29(1):1-7.

- [2] 王成运,龚宇光.基于OSU技术的全光网络弹性NG-OTN研究[J].移动信息,2024,46(5):7-10.
- [3] 谭旺生.一种基于政企OTN专网的SDH退网改造方案[J].通信技术,2022,55(4):526-532.
- [4] 程功利,孙龙武.分组增强型光传送网在政企专线中的应用探讨[J].邮电设计技术,2019(3):64-67.
- [5] 唐雄燕,王海军,杨宏博.面向专线业务的光传送网(OTN)关键技术及应用[J].电信科学,2020,36(7):18-25.
- [6] 瞿少凯,李勇,贺政,等.面向政企专线业务的OSU技术探讨[J].广东通信技术,2022,42(7):47-50,57.
- [7] 中华人民共和国工业和信息化部.分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求:YD/T 2484-2021[S].北京:人民邮电出版社,2021.
- [8] LIANG D, BAI Y W, ZHANG P, et al. Research method for redundant optical transmission network mapping based on SDH/OTN[C]//2024 6th International Conference on Internet of Things, Automation and Artificial Intelligence (IoTAAI). Guangzhou: IEEE, 2024: 407-410.
- [9] 胡筱莎,廖彬涵.OSU技术浅析[J].通信与信息技术,2023(2):39-41.
- [10] ITU-T standards on fgOTN (such as G.709.20)[EB/OL]. [2024-07-06]. <https://www.itu.int/>.
- [11] 龚雅栋,荆瑞泉,周恒,等.基于OSU的M-OTN技术创新和应用部署研究[J].电信科学,2022,38(11):96-105.
- [12] LIU W H, ZHAO Y L, LI Y J, et al. Segmented protection scheme based on maximum bandwidth sharing in F5G[J]. Journal of Optical Communications and Networking, 2024, 16(11):1145-1158.
- [13] YU T K, YANG H, YAO Q Y, et al. Intelligent service-oriented graph representation-assisted high-efficiency fine grain grooming for OSU-based OTN[C]//2024 22nd International Conference on Optical Communications and Networks (ICOCN). Harbin: IEEE, 2024: 1-3.
- [14] 中华人民共和国工业和信息化部.光传送网(OTN)带宽无损调整技术要求:YD/T 3119-2016[S].北京:中国通信标准化协会,2016.
- [15] ITU-T. Hitless adjustment of ODU flex (GFP): G.7044[S/OL]. [2024-03-02]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.7044-201110-I/en>.

作者简介:

段宏,高级工程师,硕士,主要从事光网络领域WDM、OTN的研究、开发、咨询、设计等工作;马小梅,高级工程师,硕士,主要从事光网络领域WDM、OTN的技术应用工作;权晨旭,助理工程师,硕士,主要从事WDM、OTN领域的研究及测试工作;杨伟,高级工程师,学士,主要从事光网络技术产品研究工作;薛明,高级工程师,学士,主要从事本地传送网研究工作;刘刚,高级工程师,硕士,主要从事开放光网络技术体制研究工作;张传熙,高级工程师,硕士,主要从事光传送网咨询规划与研发测试工作。