



专题：细颗粒光传送网

fgOTN 关键技术和组网应用研究

廖尚金

(华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310051)

摘要: 随着 5G+垂直行业、高品质政企专线的发展, 细颗粒业务需求仍然保持旺盛的生命力。从细颗粒光传送网 (fine grain optical transport network, fgOTN) 的技术发展入手, 重点阐述 fgOTN 的关键技术方案, 开展组网研究, 探讨 fgOTN 的应用场景, 旨在为各运营商如何结合现网部署 fgOTN 提供借鉴思路, 从而有效保护网络投资, 最终推进 fgOTN 在国内网络的部署和应用。

关键词: fgODUflex 帧结构; 细颗粒技术; fgOTN 部署

中图分类号: TN915

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025021

Research on key technology and network deployment of fgOTN

LIAO Shangjin

Huaxin Consulting Co., Ltd., Hangzhou 310051, China

Abstract: With the development of 5G+ vertical industries and high-quality government-enterprise dedicated lines, the demand for fine particle business still maintains strong vitality. Starting with the technical development of fine grain optical transport network (fgOTN), the key technical schemes of fgOTN were focused on, network planning was studied, and the application scenarios of fgOTN were explored. The research provided reference ideas for operators how to deploy fgOTN in combination with the live network, so as to effectively protect network investment. Finally the deployment and application of fgOTN in domestic networks were expected to promote.

Key words: fgODUflex frame structure, fine grain technology, fgOTN deployment

0 引言

随着 5G+垂直行业、政企专线、人工智能 (artificial intelligence, AI) 等算力业务的深入发展, 业务与网络融合发展趋势逐渐明朗。同步数字体

系 (synchronous digital hierarchy, SDH) 正在逐步退网, 传统光传送网 (optical transport network, OTN) 终端承载小颗粒业务效率低, 故而急需一种新的演进技术来实现小颗粒业务的硬隔离、高可靠、高安全承载。细颗粒光传送网 (fine

grain optical transport network, fgOTN) 应运而生。从 2021 年开始, 国际电信联盟电信标准化部门 (International Telecommunications Union for Telecommunications Standardization Sector, ITU-T) 陆续开展细颗粒需求及技术讨论, 到 2023 年 4 月全部关键技术明确, 2023 年 12 月正式发布 fgOTN 核心标准 (包括概述、核心方案、带宽调整、架构), 2024 年 7 月发布 fgOTN 系列标准 (包括告警性能、保护、时钟、管控)。随着 fgOTN 标准的相继发布和商用, 标准组织、电力行业、设备厂商等都在积极探索 fgOTN 的应用之道。在国内, 中国移动已经明确将 fgOTN 技术纳入企业标准^[1]。

本文介绍 fgOTN 的关键技术方案, 开展组网研究, 结合现网提出演进策略, 探讨 fgOTN 的应用场景, 旨在为各运营商如何结合现网部署 fgOTN 提供借鉴思路。

1 关键技术

fgOTN 主要在灵活承载容器技术、映射复用机制、恒定比特速率 (constant bit rate, CBR) 业务时钟机制、无损带宽调整机制等方面进行了关键技术创新。

1.1 灵活承载容器技术

fgOTN 面向小颗粒业务, 重新优化了光通道数据单元 (optical channel data unit, ODU) 帧结构设计: 改进 OTN 现有帧结构, 形成 4 行 × 3 824 列的细粒度灵活光通道数据单元 (fine grain optical ODU flexible, fgODUflex) 帧结构, 插入新的操作、管理和维护 (operation administration

and maintenance, OAM) 开销^[2]。

为继承 OTN 定帧机制, fgODUflex 在第 1 905~1 920 列插入新的 fgODUflex OAM 开销。第 1~14 列开销区域重新定义, 第 15~16 列仍保持为映射开销区域, 第 17~1 094 列和第 1 921~3 824 列为净荷区。fgOTN 通用开销大部分继承了光通道数据单元 k (optical channel data unit- k , ODU k) 开销, 包括串联连接监视 (tandem connection monitoring, TCM, 如 TCM1/TCM2)、通道监控 (path monitoring, PM)、路径踪迹标识 (trail trace identifier, TTI)。每行增加帧定位信号 (frame alignment signal, FAS) 开销, 支持更快的帧定位; 时延测量 (delay measurement, DM) 开销支持纳秒级的高精度时延测量能力。映射开销与 ODU k 类似, 包括 CBR 业务映射的调整控制 (justification control, JC) 字节开销、分组传输 (packet transmissions, PKT) 映射的光净荷单元复帧指示 (OPU multi frame indicator, OMFI) 业务定帧开销、净荷类型 (payload type, PT) 等。fgODUflex 帧结构如图 1 所示。

客户信号被映射到 fgODUflex 净荷区, 生成的调整控制信息被插入细颗粒光净荷单元 (fine grain optical payload unit flexible, fgOPUflex) 开销区。产生的 fgODUflex 通道连接监视信息, 插入 fgODUflex PM 开销, 并生成 fgODUflex TCM 信息, 插入 fgODUflex 的 TCM 段开销中, 支持两级 fgODUflex TCM, 将生成的 fgODUflex 信号映射到服务器光净荷单元 (optical payload unit, OPU) 的一个或多个细粒度时隙中。优化的 fgODUflex 帧结构, 采用

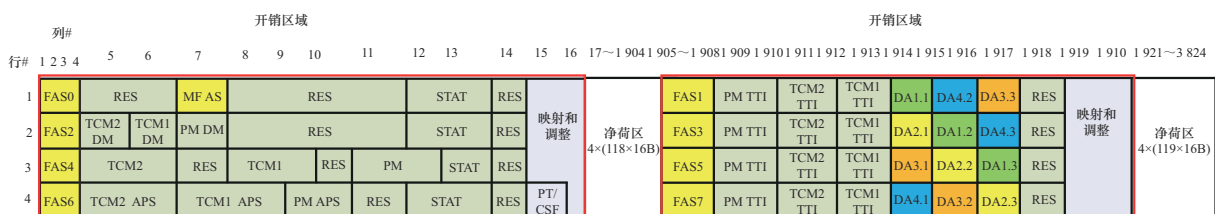


图 1 fgODUflex 帧结构



PM+2级TCM方式，实现精简OAM层次，提供快速可靠的OAM能力，可实现快速告警监控、快速保护倒换和纳秒级的高精度时延测量能力。

1.2 映射复用机制

fgOTN支持多业务映射，包括支持PKT、CBR和虚容器(virtual container, VC)/E1等，fgOTN业务映射如图2所示。细颗粒通用映射规程(fine grain generic mapping procedure, fg-GMP)采用固定16 byte时隙交织，可以提供微秒级低时延及超低时延抖动。

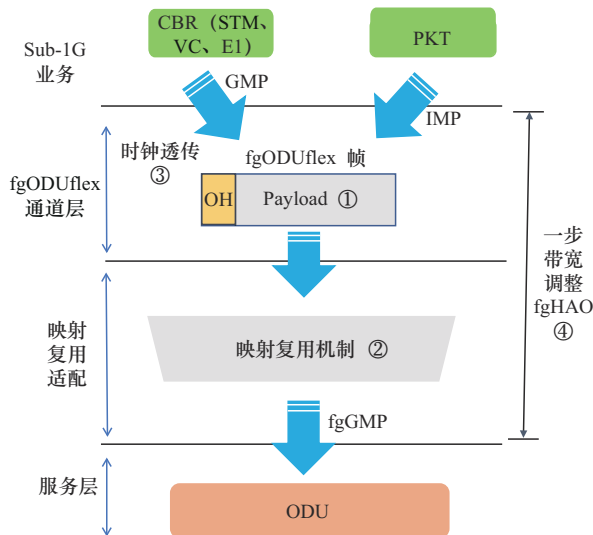


图2 fgOTN业务映射

1.2.1 fgOTN承载PKT业务

PKT映射到fgOTN，业务带宽为10~10 240Mbit/s，按照 $n \times 10$ Mbit/s带宽粒度承载，采用空闲映射规程(idle mapping procedure, IMP)映射方式。媒质访问控制(media access control, MAC)帧按照电气电子工程师学会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)标准IEEE 802.3 clause82的内容进行64B/66B编码，保持了64B/66B编码的低时延和低处理复杂度等优点。IMP映射主要将64B/66B编码的包业务映射到ODUflex中；IMP映射通过在ODUflex净荷中按

IEEE 802.3标准定义的插入或删除I码块(Idle, 空闲码块)来适配业务净荷与服务层的速率偏差。

1.2.2 fgOTN承载CBR业务

CBR映射到fgOTN，业务类型为STM-1/STM-4(STM-N为synchronous transport mode-N, 即同步传送模块, $N=1, 4, 16, 64$)，采用fg-GMP映射方式。每帧进行2次GMP映射，GMP映射的颗粒度统一为16 byte，即按行分，每半帧为一次映射周期。前半帧GMP的映射开销 $C_m=C128$ ，放置在第1行第16列、第1行第1 920列和第2行第1 920列的JC1、JC2、JC3中，用来指示后半帧的净荷区承载的业务数据；后半帧GMP的映射开销 $C_m=C128$ ，放置在第3行第16列、第3行第1 920列和第4行第1 920列的JC1、JC2、JC3中，用来指示下一个帧的前半帧的净荷区承载的业务数据。

1.2.3 fgOTN承载VC-n/E1类业务

VC-n/E1映射到fgOTN，业务类型E1/VC-12、VC-3、VC-4，类似CBR，也是采用fg GMP映射方式。即每帧进行2次GMP映射，GMP映射的颗粒度统一为16 byte。承载VC-n的fgODUflex的源宿节点保持同步，VC-n通过管理单元(administrative unit, AU)/支路单元(tributary unit, TU)承载，然后以16 byte为单位映射到fgODUflex。

1.3 CBR业务时钟机制

传统的OTN、SDH网络都依赖全网节点时钟同步，但fgOTN时钟方案进行了创新，业务时钟恢复机制采用基于服务层相差传递的时钟恢复机制，也就是相位差累积时钟机制。这种时钟创新方案的优势在于不依赖全网节点时钟同步，并可支持多业务时钟网络透传，时钟质量高，且可为终端客户侧设备提供时钟源。因此，运营商无须进行时钟同步规划。fgOTN时钟透传机制如图3所示。

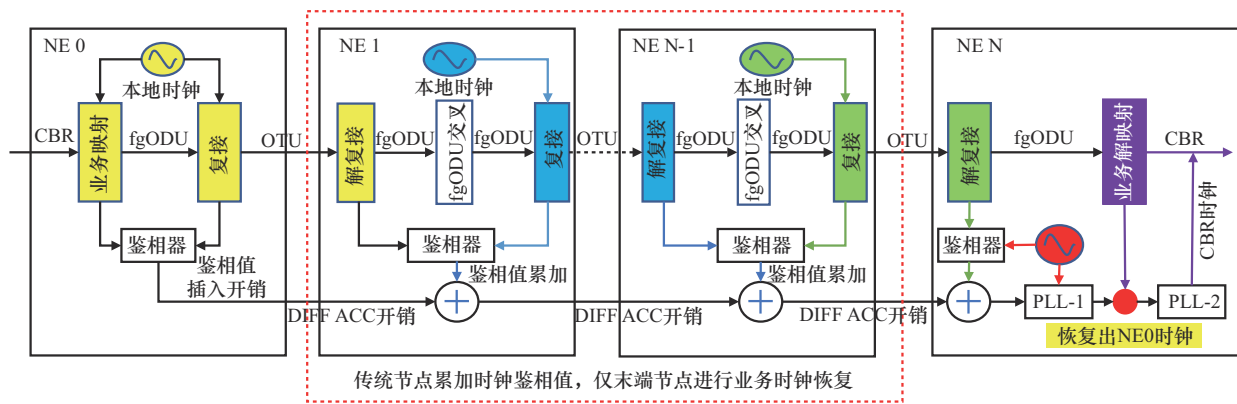


图3 fgOTN时钟透传机制

1.4 无损带宽调整机制

fgOTN的无损带宽调整机制采用类G.HAO机制，即简化的一步式无损带宽调整（fgHAO），既简化继承了部分交换协议指示，又创新性提出了一步调整速率机制。该机制主要采用带宽调整（bandwidth readjustment, BWR）+链路连接调整（link connect readjustment, LCR）握手协议改良传统的G.HAO，包括：简化LCR握手协议，fgLCR从源到宿端到端握手确定时隙；通过fgODUflex中携带BWR_IND指示一步完成fgODUflex速率与服务层的时隙同时调整；速率调整位置更加灵活，无须在复帧边界^[3]。

1.5 组网理论

ITU-T基于现有OTN技术进行扩展，提出fgOTN系列化标准建议。fgOTN兼容现有的OTN架构体系，可广泛应用于5G+垂直行业、政企专线等应用，满足1 Gbit/s以下（Sub-1G）小颗粒业务承载需求。通过兼容组网的方式，有效保护现有OTN设备投资，丰富了OTN应用场景，提升了OTN产业生命力^[4-5]。

2 组网研究及演进策略

目前，各个厂商的设备产品研发进度不一，部分厂商在2024年年底推出fgOTN的用户驻地设备（customer premises equipment, CPE），而支持fgOTN的接入层、汇聚层、核心层OTN设备

则有望在2025年第二季度开展测试，在2025年年底实现商用部署。

本节主要针对中国移动开展组网研究和演进策略分析。

2.1 fgOTN目标网架构

中国移动OTN层级分为干线和本地城域网。干线层面仍继续使用ODU大颗粒调度，无须fgOTN升级改造；城域网内端到端开启fgOTN新建或者升级，实现fgOTN目标网架构^[6]。fgOTN目标网架构如图4所示。

2.1.1 干线层架构部署

聚焦大管道调度网层定位，维持网络架构不变、维护习惯不变和应用原则不变的方向演进。干线层当前维护及应用原则。一是干线层聚焦大颗粒ODU交叉调度，调度颗粒使用ODU。二是不启用fgOTN，重用现有网络单板，减少投资；维持当前维护原则，大管道，不增加维护对象。

2.1.2 城域层架构部署

城域层架构部署如下。

- 对接设备：负责跨域fgOTN业务汇聚，对接干线层。
- 核心节点：负责城域内跨汇聚环fgOTN业务调度。
- 重要汇聚：负责整合接入层fgOTN业务调度，网层分界点，与接入层对接。
- 普通汇聚：业务端到端是专线竞争力关

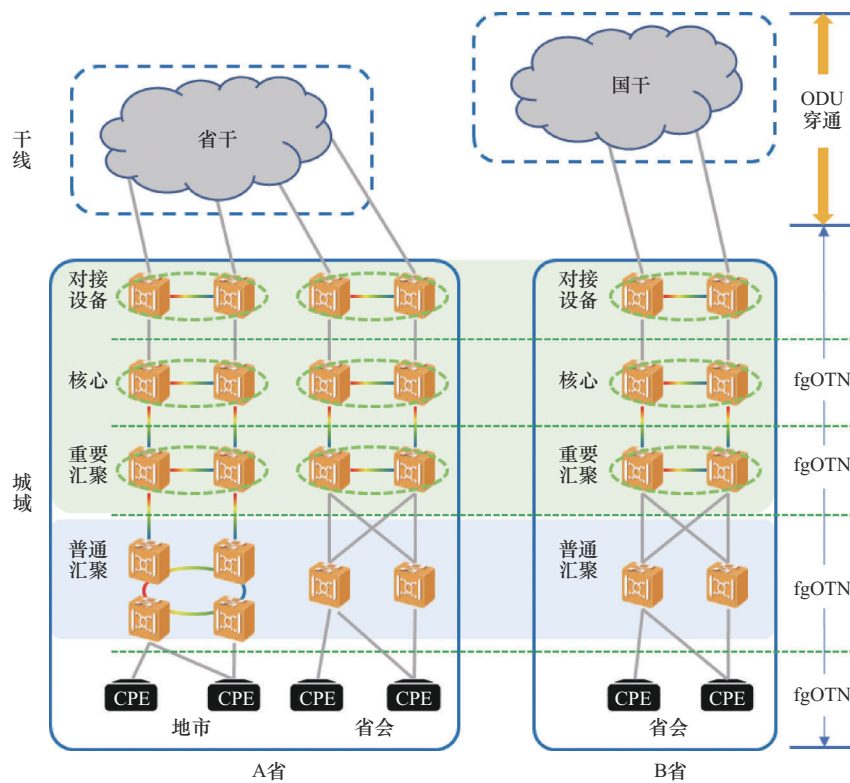


图4 fgOTN目标网架构

键，需要启动fgOTN。

- HUB/环总头：负责整合汇聚CPE所接入的fgOTN业务。

2.1.3 fgOTN专线保护方案

(1) 跨省/跨地市fgOTN承载的专线业务保护方案

- 分段保护：在城域对接点或核心设置分段保护点，配置级联fgOTN子网连接保护（subnetwork connection protection, SNCP）支持分段保护。
- fgOTN调度点：对城域支持fgOTN的节点做fgOTN调度，不支持fgOTN的节点用ODU_k穿通；干线段用ODU_k穿通。

(2) 本地市fgOTN承载的专线业务保护方案

- 分段保护：在接入汇聚节点、城域汇聚节点设置分段保护点，配置级联fgOTN SNCP支持分段保护。
- fgOTN调度点：对城域支持fgOTN的节

点做fgOTN调度，不支持fgOTN的节点用ODU_k穿通。

2.2 fgOTN小颗粒业务典型配置场景

(1) fgOTN承载单路E1业务：E1独占一个fgODUflex通道，业务通过fgODUflex灵活调度。

(2) fgOTN承载多路E1业务：多路E1（≤4）共用一个fgODUflex通道，提高带宽利用率，4路E1必须同路径。

(3) fgOTN承载TDM业务：fgOTN承载TDM业务，根据TDM大小，分配fgODUflex个数。

(4) fgOTN承载ETH业务：fgOTN承载以太网（Ethernet, ETH）业务，无损调整，根据带宽大小分配fgODUflex^[7]。

fgOTN小颗粒业务承载典型配置场景如图5所示。

2.3 演进策略

2.3.1 VC-OTN向fgOTN演进

大部分省份公司都部署了VC-OTN，从VC-

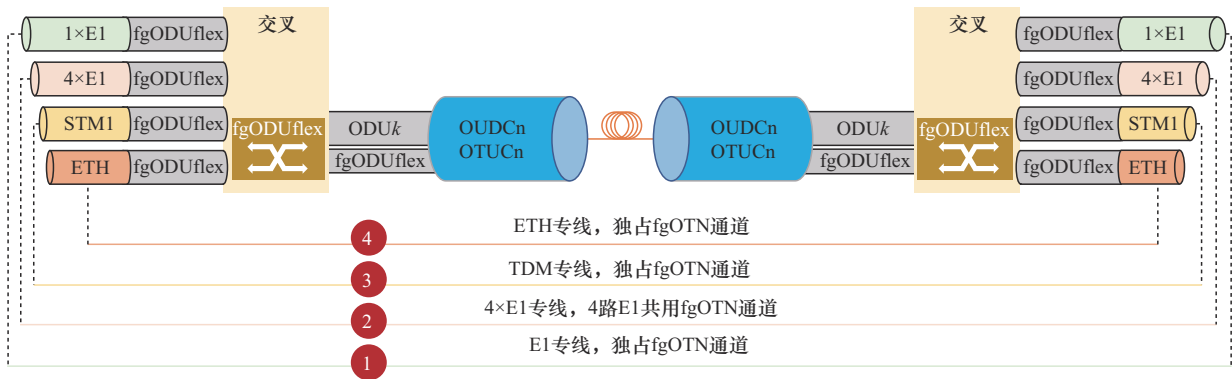


图5 fgOTN小颗粒业务承载典型配置场景

OTN 向 fgOTN 可以分为 3 个阶段进行逐步演进，最终目标是用 fgOTN 承载所有高品质专线。VC-OTN 向 fgOTN 的演进如图 6 所示。

(1) 阶段一：政企精品网只有 VC-OTN 能力

所有精品专线采用 VC-OTN 开通，VC-OTN 与多业务传送平台（multi-service transport platform, MSTP）网络混合组网采用 VC 技术开通专线。

(2) 阶段二：政企精品网同时具备 VC-OTN 与 fgOTN 能力

该阶段为过渡方案，VC 与 fgODU 业务的接入、调度在每个设备上同时独立处理，对 CPE OTN 和城域网络要求较高。

在这个阶段，新建业务用 fgOTN 开通，混合组网采用 VC-OTN，存量 VC-OTN 专线仍采用 VC-OTN 承载。

(3) 阶段三：政企精品网 VC-OTN 逐步退出，全面采用 fgOTN

这一阶段，新建专线用 fgOTN 开通，存量 VC-OTN 专线端到端迁转到 fgOTN。

政企精品网 VC-OTN 3 个阶段的演进组网示意图如图 7 所示。

对于 100 Gbit/s/200 Gbit/s 现网，fgOTN 与 VC-OTN 不是取代关系，随着 VC-OTN 容量的消耗，在需要新增业务时，新增业务通过 fgOTN 承

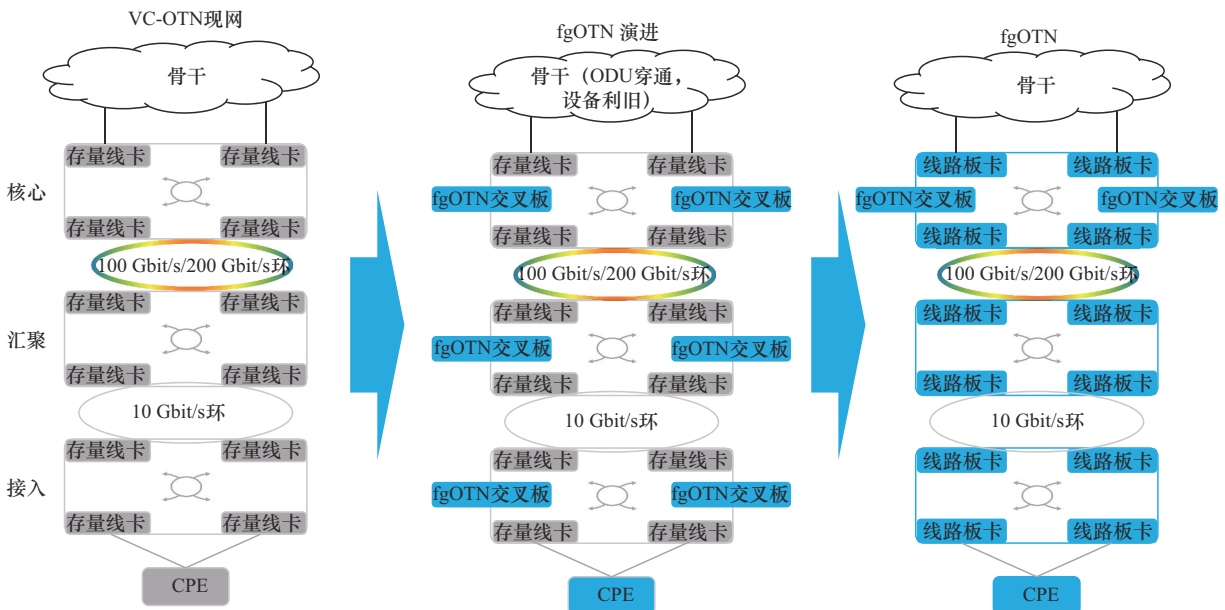


图6 VC-OTN向fgOTN的演进

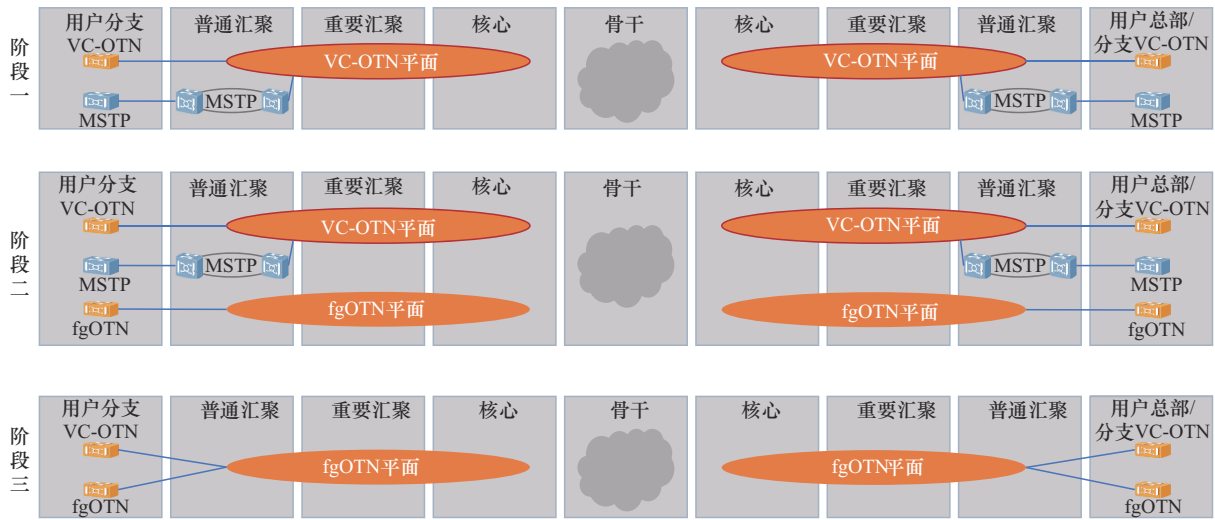


图7 政企精品网 VC-OTN 3个阶段的演进组网示意图

载，不影响 VC-OTN。随着业务的迁移逐步过渡，既最大限度地保护现有 VC-OTN 投资，也充分考虑向 fgOTN 平滑演进。

2.3.2 演进部署方式

为快速推进 fgOTN 的商用，建议现网 VC-OTN 设备通过优先部署 fgOTN 交叉板的方式，实现支持 fgOTN 功能。前提是存量网络需要支持利旧线路板卡进行平滑演进^[8]。

场景一（存量升级）：通过优先部署 fgOTN 交叉板的方式支持 fgOTN 功能，可快速推进商用。

政企 OTN 基本已完成覆盖，演进方案需要考虑投资代价和部署复杂度。可将核心层、汇聚层、接入层 VC-OTN 设备背板替换成 fgOTN 交叉板（接入层设备 fgOTN 交叉容量不低于 240 Gbit/s），同时进行相应软件升级，可利旧存量 VC-OTN 线路板卡和支路板卡，末端新增支持 fgOTN CPE 设备便可实现演进。这种方式无须新建波道和跳纤，

工程部署速度快。核心+汇聚+接入层每站点部署 2 块 fgOTN 交叉板，线卡利旧，现网演进部署更简单。

场景二（新建场景）：新增接入 CPE 设备，接入层、汇聚层、核心层根据传统 OTN 架构整网均新建 fgOTN 设备。

2.4 混合组网及业务调度

2.4.1 城域 VC-OTN 对接城域 fgOTN 场景

这种场景下 VC-OTN 与新建 fgOTN 跨域组网，是一种典型的非对称场景。在这种非对称场景下，业务上下路一端在 VC-OTN 设备上，另一端在 fgOTN 设备上。城域 VC-OTN 对接城域 fgOTN 组网如图 8 所示。

不同业务分段采用不同技术开通，业务调度较为复杂，引入复杂度主要在 ETH 业务处理上。针对 ETH 业务，建议另一侧的 fgOTN 也优先采用 VC-OTN 平面来满足业务需求，这样业务调度



图8 城域 VC-OTN 对接城域 fgOTN 组网

较为简单（见表1第一行的业务调度）。

城域 VC-OTN 对接城域 fgOTN 业务调度见表1。

2.4.2 接入环MSTP对接城域fgOTN场景

接入环 MSTP 与 fgOTN 跨域组网，如图9所示^[9]。

这种跨域组网可以分为对称场景和非对称场景。

- 对称场景：业务上下路都在 SDH 设备上，VC-OTN 升级到 fgOTN，需要在 OTN 对接设备上支持 VC over fgOTN 功能，其他中间节点 OTN 设备支持 fgOTN 梳理调度功能。
- 非对称场景：业务上下路一端在 SDH 设备上，另一端在 OTN 设备上。因此，除了 OTN 对接设备的功能变化，中间节点

增加 fgOTN 梳理调度功能，还涉及 OTN 一侧业务上下路功能的变化，引入复杂度主要在 ETH 业务处理上。

两种场景的业务调度分别见表2和表3。

2.4.3 端到端 fgOTN 场景

在图8基础上将左侧 VC-OTN 替换成 fgOTN，这种场景下跨域组网的两侧都是 fgOTN，也就是全程端对端 fgOTN 组网。这种组网根据业务的上下路节点位置，也可以分对称场景和非对称场景。

- 对称场景：业务上下路都在现有 CPE 设备上，新建的 fgOTN 需要在对接 CPE 的集线器（HUB）上支持 VC over fgOTN 功能，其他中间节点 OTN 设备支持 fgOTN 梳理调度功能。

表1 城域VC-OTN对接城域fgOTN业务调度

业务	用户分支	普通汇聚	重要汇聚	核心	骨干	核心	重要汇聚	普通汇聚	用户总部/分支
ETH	ETH\leftrightarrowVC- $n</math>$\leftrightarrowODU	VC 汇聚和调度	ODU	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrow$ODU (VC-OTN 平面)$		fgODUflex	fgODUflex	ETH\leftrightarrowVC- $n</math>$\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrow$ODU (VC-OTN 平面)$	
		VC 汇聚和调度	ODU	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrowETH\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrow$ODU(桥接) (fgOTN 平面)$		fgODUflex	ETH\leftrightarrowfgODUflex\leftrightarrowODU (fgOTN 平面)		
E1/STM- $N</math>$	E1/STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrowODU	VC 汇聚和调度	ODU	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrowODU		fgODUflex	fgODUflex	E1/STM- $n</math>$\leftrightarrow$VC-N</math>$\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrowODU	

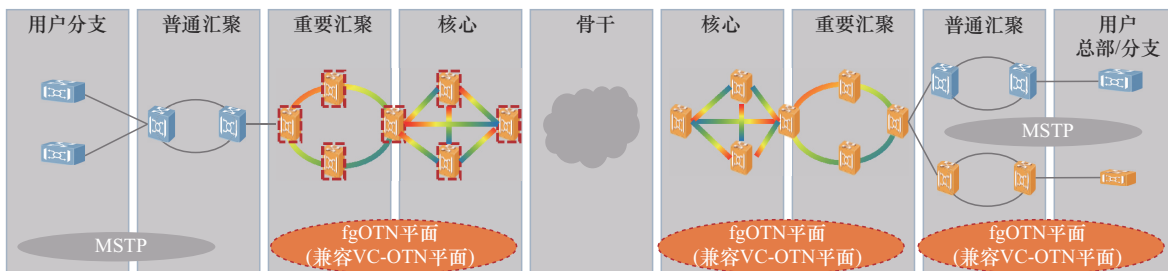


图9 MSTP对接城域fgOTN组网^[9]

表2 MSTP对接城域fgOTN业务调度表(对称场景)

业务	用户分支	普通汇聚	重要汇聚	核心	骨干	核心	重要汇聚	普通汇聚	用户总部/分支
ETH	ETH\leftrightarrowVC- $n</math>$\leftrightarrow$STM-N</math>$	VC 汇聚和调度	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrowODU	fgODUflex	ODU	fgODUflex	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VCofg$\leftrightarrow$ODUflex$\leftrightarrowODU	VC 汇聚和调度	ETH\leftrightarrowVC- $n</math>$\leftrightarrow$STM-N</math>$
E1/STM- $N</math>$	E1/STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrow$STM-N</math>$	VC 汇聚和调度	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrow$fgODUflex$\leftrightarrowODU	fgODUflex	ODU	fgODUflex	STM- $N</math>$\leftrightarrow$VCofg$\leftrightarrow$ODUflex$\leftrightarrowODU	VC 汇聚和调度	E1/STM- $N</math>$\leftrightarrow$VC-n</math>$\leftrightarrow$STM-N</math>$



表3 MSTP对接城域fgOTN业务调度表(非对称场景)

业务	用户分支	普通汇聚	重要汇聚	核心	骨干	核心	重要汇聚	普通汇聚	用户总部/分支
ETH	ETH<>VC-n<>STM-N	VC汇聚和调度	STM-N<>VC-n<>fgODUflex<>ODU (VC-OTN平面)	fgODUflex	ODU	fgODUflex	fgODUflex	ETH<>VC-n<>fgODUflex<>ODU (VC-OTN平面)	
		VC汇聚和调度	STM-N<>VC-n<>ETH<>fgODUflex<>ODU(桥接) (fgOTN平面)	fgODUflex	ODU	fgODUflex	ETH<>fgODUflex<>ODU (fgOTN平面)		
E1/STM-N	E1/STM-N<>VC-n<>STM-N	VC汇聚和调度	STM-N<>VCofgODUflex<>ODU	fgODUflex	ODU	fgODUflex	fgODUflex	E1/STM-N<>VC-n<>fgODUflex<>ODU	

- 非对称场景：业务上下路一端在现有CPE上，另一端在新的fgOTN设备上。因此，HUB点和fgOTN上下业务节点的处理相对复杂。

端到端fgOTN业务调度见表4。

3 场景应用举例

为满足多业务融合承载、同一张网络利用率最大化要求，业务和网络融合发展驱动网络需要兼顾提供大小颗粒。国内高等级业务更看重硬隔离、高可靠等特性，使得我国的网络技术已率先向TDM小颗粒发展。

新一代fgOTN和光业务单元(optical service unit, OSU)技术组合，能有效满足2 Mbit/s至100 Gbit/s不同颗粒度业务的高效承载，使fgOTN技术广泛应用于各个垂直行业通信和高品质政企专线等场景，如电力、医疗和企业生产系统。fgOTN技术在电力业务通信场景中，通过对等带宽平滑接替SDH业务，为电力业务提供硬隔离、确定性时延、平滑演进和一体化管理。在医疗行业，fgOTN技术可提供高品质的连接和安全隔离。在企业生产系统中，fgOTN技术可以高效

接入算力网络，满足高品质业务需求。

现以电力行业应用fgOTN为例进行介绍。

电力通信承载主要包含两张网络，一张网是以SDH技术建设的电力生产网，覆盖信息中心、各级调度中心、各级变电站，承载电力继保、安稳、调度自动化等业务；另外一张网是OTN技术的电力干线综合承载网，用于调度数据网、综合数据网等数据网，提供大带宽、长距离承载。

不同类型的业务对承载网需求不同，例如，生产网系统中的电力继保对可靠性、时延和抖动要求严格；综合数据网中的视频会议、行政电话等对业务实时性要求较高，其中视频会议对带宽也有一定诉求。

输变电业务及特点见表5。

随着电力数字化、智能化的发展，站点无人化、少人化驱动了视频、物联、AI等业务的快速增长，传统的SDH、OTN无法适应业务增长。在SDH生产网，fgOTN技术可实现SDH技术的代际替换，为电力生产业务提供低时延、低抖动和高可靠承载。在综合承载网，电力OTN结合fgOTN技术，为各种低收敛比的实时类业务(如视频会议、语音等)提供不同带宽颗粒的高品质专线连接，适

表4 端到端fgOTN业务调度

业务	用户分支	普通汇聚	重要汇聚	核心	骨干	核心	重要汇聚	普通汇聚	用户总部/分支
ETH	ETH<>fgODUflex<>ODU		fgODUflex		ODU		fgODUflex		ETH<>fgODUflex<>ODU
E1/STM-N	E1/STM-N<>VC-n<>fgODUflex<>ODU		fgODUflex		ODU		fgODUflex		E1/STM-N<>VC-n<>fgODUflex<>ODU
STM-1/4	STM-N<>fgODUflex<>ODU		fgODUflex		ODU		fgODUflex		STM-N<>fgODUflex<>ODU

表5 输变电业务及特点

业务归属	业务名称	业务特点			
		终端接口	时延/ms	带宽	业务流向
生产业务	调度电话	FXS/E1		64 kbit/s~2 Mbit/s	变电站—调度中心
	线路保护	2 Mbit/s 光口	<12	2 Mbit/s	相邻变电站
	安稳系统	E1 电口	<30	2 Mbit/s	变电站之间
	调度自动化	ETH	<250	2~10 Mbit/s	变电站—调度中心
	广域相量测量系统	ETH	<250	2 Mbit/s	变电站—调度中心
	保护/安稳管理信息系统	ETH	<250	2 Mbit/s	变电站—调度中心
	电量计量遥测系统	ETH	<250	2 Mbit/s	变电站—调度中心
	故障录波和双端测距	ETH	<250	2 Mbit/s	相邻变电站
	光缆监测系统	ETH		2 Mbit/s	变电站—调度中心
	电能质量监测系统	ETH		2 Mbit/s	变电站—调度中心
	视频监控	ETH		10~1 024 Mbit/s	变电站—集控中心
	动环/物联	ETH		10~100 Mbit/s	变电站—集控中心
	管理业务	视频会议系统	ETH		10~100 Mbit/s
行政办公信息系统		ETH		10~1 024 Mbit/s	变电站—省市分公司
行政电话		ETH		2 Mbit/s	变电站—省市分公司

应电力业务数字化、智能化转型需要。

(1) 电力SDH生产网演进

电力的SDH生产网向fgOTN生产综合承载网演进，通过fgOTN技术，以对等带宽平滑接替SDH业务，为电力生产业务提供高可靠、确定性的带宽，包括：与SDH对等TDM物理隔离；与SDH对等时延确定性；支持SDH网络的平滑演进，实现业务类型和容量演进。

(2) 电力OTN通信网演进

传统OTN承载1 Gbit/s以下小颗粒业务面临效率挑战，因此传统OTN设备难以部署到电力变电站等接入层。而fgOTN技术带来了改变，通过升级OTN带宽，其中一部分带宽保持原有的业务承载，为变电站提供语音、视频、物联等综合业务接入，技术上可以选择fgOTN或传统OTN，根据带宽需求大小灵活选择；另外一部分带宽可采用fgOTN技术作为电力生产网备份平面，网络带

宽与SDH生产网带宽相同，一对一承接继电保护、安稳系统、调度自动化等生产控制类业务。fgOTN具备如下优势。

- 超高性价：同等带宽，建网成本减半。
- 极简建网：免光层，类SDH运维，即插即用。
- 双网备份：fgOTN平面为代替SDH承载生产业务，作为SDH生产网备份。
- 混合组网：OTN干线网与汇聚、接入网络侧混合组网，不需要站点背靠背，节省投资，提升端到端运维效率^[10]。

电力网络演进如图10所示。

4 结束语

综上所述，fgOTN是OTN面向下一代的演进技术，在固定时隙、确定性低时延、复用层次简化、时钟透传组网要求低等方面具备优势，主要

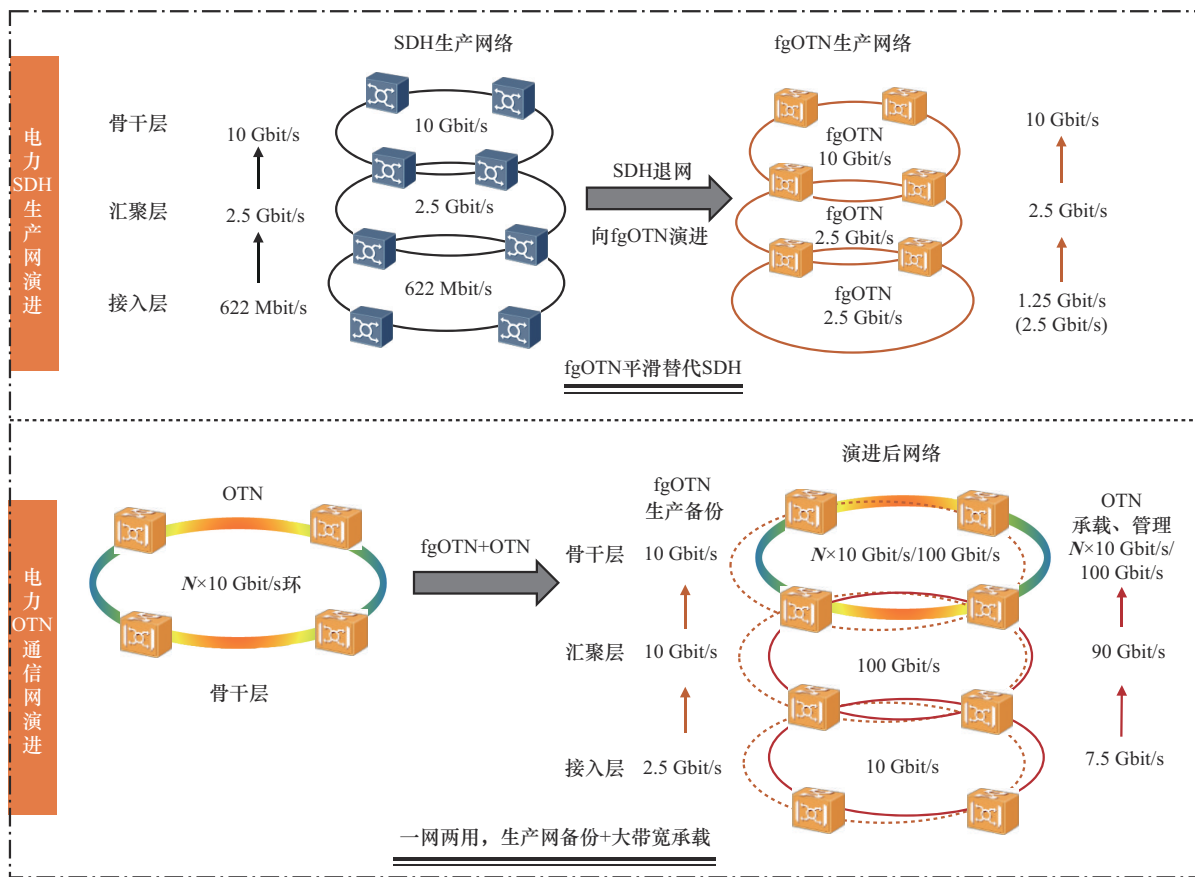


图10 电力网络演进示意图

定位在 1 Gbit/s 以下小颗粒高品质业务的承载。fgOTN 核心标准已经发布，技术方案基本成熟。小颗粒技术应用刚刚拉开帷幕，未来在面向企业客户（toB）的业务、算力等方面具有广阔的应用前景，仍须共同推进 fgOTN 在国内网络的部署和应用，以获得更大范围的认可。

参考文献：

[1] 周楠, 张国新, 钱震. 接入型 OTN 设备部署优势及应用建议[J]. 光通信技术, 2022, 46(1): 73-76.
ZHOU N, ZHANG G X, QIAN Z. Access OTN equipment deployment advantages and application suggestions[J]. Optical Communication Technology, 2022, 46(1): 73-76.

[2] 李燕华. 基于 OTN 网络 SDN 化的政企精品网业务开发应用[J]. 数字通信世界, 2022(7): 146-148.
LI Y H. Business development and application of government enterprise boutique network based on OTN network SDN[J]. Digital Communication World, 2022(7): 146-148.

[3] 叶菁. 不同技术下 OTN 网络的统一建模研究[J]. 信息与电脑

(理论版), 2024,36(10): 232-236.

YE J. Unified modeling study of OTN networks with different technologies[J]. Information & Computer, 2024, 36(10): 232-236.

[4] 武斌, 陈永, 刘蓓蕾, 等. 基于政企 OTN 专网技术的研究与泛化应用[J]. 电信工程技术与标准化, 2024, 37(4): 64-69, 74.
WU B, CHEN Y, LIU B L, et al. Research and generalized application of OTN private network technology based on government and enterprise[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2024, 37(4): 64-69, 74.

[5] 陈隽. OTN 网络技术优化应用[J]. 信息与电脑(理论版), 2024,36(18): 143-146.
CHEN J. Optimization and application of OTN network technology[J]. Information & Computer, 2024, 36(18): 143-146.

[6] 晁夫君, 荆瑞泉. 基于 OSU 技术的政企 OTN 网络架构与业务模型研究[J]. 光通信研究, 2024: 1-10.
CHAO F J, JING R Q. Research on the architecture and business model of government enterprise OTN network based on OSU technology[J]. Study on Optical Communications, 2024: 1-10.

[7] 徐晓蕾. 基于 OTN 多业务承载业务专线的方案探讨[J]. 长江

信息通信, 2022,35(11): 181-183.

XU X L. Discussion on the scheme of OTN-based multi-service carrying service dedicated line[J]. Changjiang Information & Communications, 2022, 35(11): 181-183.

- [8] 赵杰. PeOTN 技术应用场景及部署方案研究[J]. 中国新通信, 2024, 26(18): 14-16, 31.

ZHAO J. Research on application scenario and deployment scheme of PeOTN technology[J]. China New Telecommunications, 2024, 26(18): 14-16, 31.

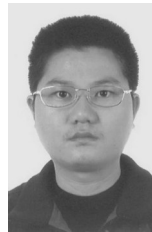
- [9] 高翔. OTN 与 SDH 异构组网技术的应用[J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2024(15): 1-3.

GAO X. Application of OTN and SDH heterogeneous networking technology[J]. Satellite TV & IP Multimedia, 2024(15): 1-3.

- [10] 郑红斌, 贾永兵, 张文超, 等. 浅谈光纤传输接入网络中 OTN 技术的应用[J]. 信息记录材料, 2023, 24(9): 69-71.

ZHENG H B, JIA Y B, ZHANG W C, et al. Application of OTN technology in optical fiber transmission access network[J]. Information Recording Materials, 2023, 24(9): 69-71.

[作者简介]



廖尚金 (1979-), 男, 华信咨询设计研究院有限公司高级工程师, 主要研究方向为通信网规划。