

OTN技术体系介绍

一. OTN技术体系介绍

1. 概述

从 1998年 ITU-T正是提出OTN的概念到现在，OTN的标准体系已经完善，技术也已经成熟。OTN标准体系主要由如下标准组成：

G.872：定义了光传送网的网络架构。采用基于G.805的分层方法描述了OTN的功能结构，规范了光传送网的分层结构、特征信息、客户/服务层之间的关联、网络拓扑和分层网络功能，包括光信号传输、复用、选路、监控、性能评估和网络生存性等

G.709：其地位类似于SDH体制的G.707。定义了光网络的网络节点接口。建议规范了光传送网的光网络节点接口，保证了光传送网的互连互通，支持不同类型的客户信号。建议主要定义光传送模块 n(OTM-n)及其结构，采用了“数字封包”技术定义各种开销功能、映射方法和客户信号复用方法。经过定义帧结构开销，能够实施光通路层功能，例如保护、选路、性能监测等；经过确定各种业务信号到光网络层的映射方法，实现光网络层面的互联互通，因为未来的光网络工作在多运营商环境下，并不但仅是各业务客户信号接口的互通。其地位类似于SDH体制的G.707。

G.798：建议采用G.806规定的传输设备的分析方法，对基于G.872规定的光传送网结构和基于G.709规定的光传送网网络节

点接口的传输网络设备进行分析。定义了OTN的原子功能模块，各个层网络的功能，包括客户/服务层的适配功能、层网络的终结功能、连接功能等。其地位类似于SDH体制的G.783。

G.7710：通用设备管理功能需求，适用于SDH、OTN。

G.874：OTN网络管理信息模型和功能需求。

G.7710：描述OTN的五大管理功能（FCAPS：Fault故障、Configuration配置、Accounting计费、Performance性能、Security安全）。

G.808.1：通用保护倒换-线性保护，适用于SDH、OTN。

G.808.2：通用保护倒换 - 环形保护，适用于SDH、OTN。未正式发布

G.873.1：定义了OTN线性（linear）ODUk保护。

G.873.2：定义了OTN环形ODUk保护。未正式发布

G.8251：根据G.709定义的比特率和帧结构定义了OTN NNI的抖动和漂移要求。

G.8201：定义了OTN误码性能。

OTN物理层特性在G.959.1及G.664等中规定。

下面将主要介绍一下OTN的网络架构（G.872）及接口（G.709）。

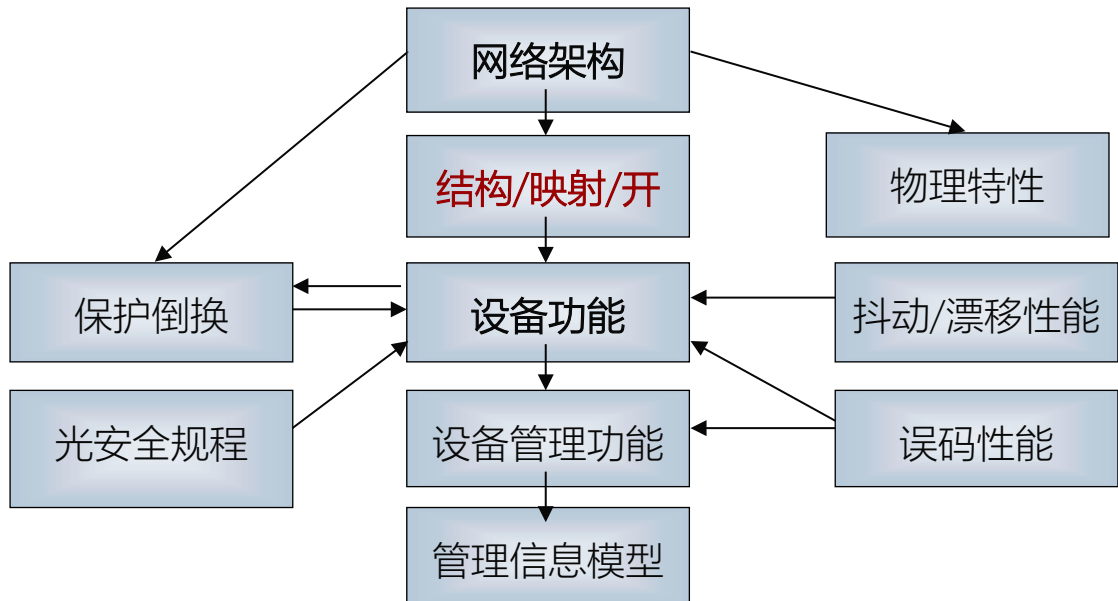


图 2.1-1 OTN标准体系。

2. OTN网络架构

G.872 (architecture of optical transport networks) 主要包含三个方面的内容：一是光传送网络的分层结构，二是网络管理，三是生存性技术。

2.1 光传送网分层结构

光传送网络共分为三层：光信道层、光复用段层和光传送段层见图2.2.1-1。

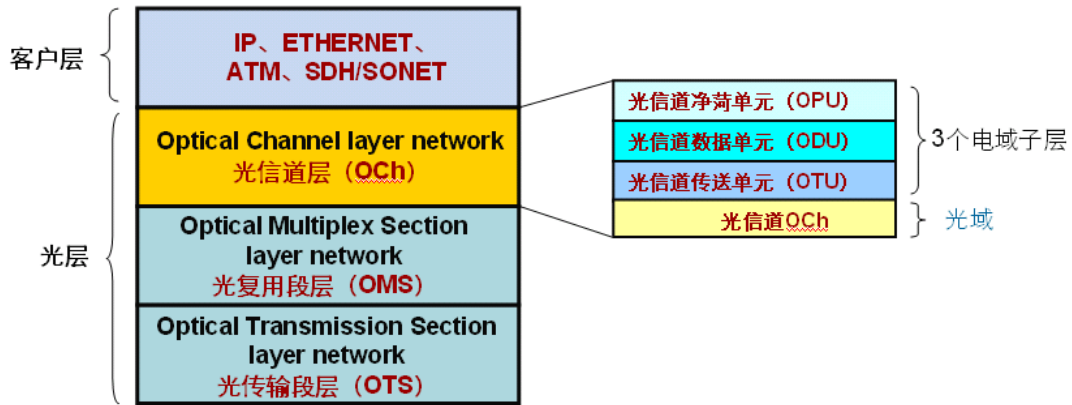


图 2.2.1-1 OTN分层结构

1、光信道层 (Optical channel layer): 为各种客户信号 (如 SDH STM-N、cell-based ATM、GE等) 提供透明的端到端的光传输通道, 提供包括: 连接、交叉调度、监测、配置、备份、和光层保护与恢复等功能。

主要功能:

(1) 光信道的重新连接功能 (optical channel connection rearrangement) 以保证网络路由的灵活性

(2) 光信道层包头的处理

(3) 光信道层的操作、维护、管理

由于当前光元器件技术水平的限制, 光信道层的功能无法全部在光层完成, 为此, G.872增加了OTN的电层 (Digital OTN layered Structure) :

(1) OTU层 (Optical channel Transport Unit) : 在OTN网络的两个3R (Reamplification, Reshaping and Retiming) 点之间传输ODU信号。

(2) ODU层 (Optical channel Data Unit) : 为客户信号提供端到端的传输。

2、光复用段层 (Optical multiplex section layer): 支持波长的复用, 以信道的形式管理每一种信号。提供包括波分复用、复用段保护和恢复等服务功能。主要功能:

(1) 光复用段层包头处理

(2) 光复用段层的操作、管理、维护

3、光传送段层 (Optical transmission section layer network):

为光信号在不同类型的光媒质 (G652、G653、G655光纤等) 上提供传输功能, 光传输段层用来确保光传输段适配信息的完整性, 同时实现光放大器或中继器的检测和控制功能。

(1) 光传送段层包头处理

(2) 光传送段层的操作、管理、维护

OTN层次结构及信息流之间的关系见图2.2.1-2。

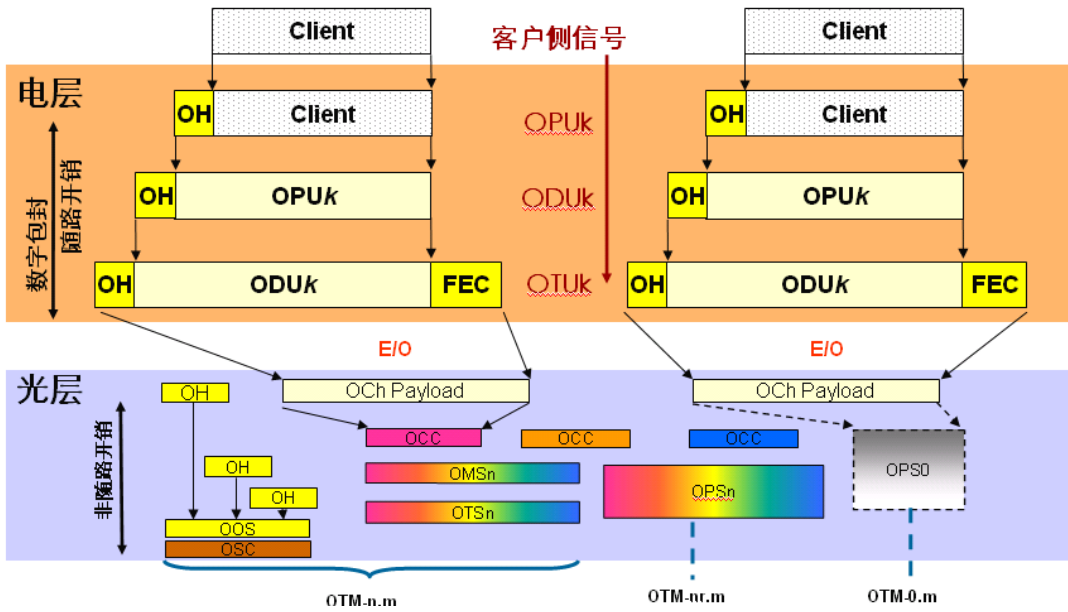


图 2.2.1-2 OTN层次结构及信息流之间的关系

2.2 光网络管理

G.872 针对OTN提出的光网络管理需求主要包括八个方面：

- 1、连续性监视
- 2、连通性监视
- 3、维护信息
- 4、信号质量监测
- 5、适配管理
- 6、保护控制
- 7、子网/级联/未用连接监测
- 8、管理通信

表 2.2.2-1 光网络管理需求

管理能力	过程	功能	网络层次		
			OCH	OMS	OTS
连续性监视	连续性丢失检测	TT	R	R	R

管理能力	过程	功能	网络层次		
			OCH	OMS	OTS
连通性监视	路径踪迹识别	TT	R	NR	R
维护信息	前向检测显示	TT	R	R	R
	后向检测显示	TT	R	R	R
	后向质量显示	TT	FFS	FFS	FFS
信号质量监测	性能监视	TT	R	FFS	R
适配管理	净负荷类型显示	A	R	FFS	FFS
保护控制	自动保护倒换规程	A/T	FFS	FFS	NR
子网/级联/未用连接监测	连接监测	A/T	FFS	FFS	FFS
管理通信	信息通道	A	NR	FFS	R
	辅助通道	A	NR	NR	O
	操作者规范	A	NR	NR	R
	国家使用	A	NR	NR	FFS
R: 需要 Required; NR: 不需要 Not required; O: 可选择 Optional; FFS: 待研究 For further study; NA: 不适用 Not applicable; TT: 路径终端功能 Trail terminal function; A: 适配功能 adaptation function; A/T: 过程可分配给一个或多个功能, 分配待研究 The process can be allocated to one or more functions and the allocation is for further study.; P: 端到端通道 End-to-end path					

2.3 光网络生存性技术

光网络生存性技术包括保护和恢复。G.872提出了三类保护5种保护方式，恢复由于涉及到重路由的算法，在G.872中未作规定。第一类是路径保护，有1+1路径保护和1:1路径保护两种方式，第二类是子网连接保护，有1+1子网连接保护和1:N子网连接保护。这两类保护又称为线性保护，线性保护能够用在环、链、网状网等各种网络结构中，其中1+1保护不需要APS协议，1:1或1:N保护需要APS协议，但保护通道能够传输低等级的业务。第三类是共享保护换技术。G.872只定义了OTN的几种保护方式，并未对各种保护方式做具体规定，OTN各种保护方式在G.873.1、G.873.2、G.808.1、G.808.2中规定，其中G.873.2、G.808.2未

正式发布。结合当前OTN网络保护的标准现状和各厂家设备功能的实现情况，从网络结构层面简要介绍OTN的保护技术。

1、基于光通道的1+1保护和1: N保护：G.808.1定义了适合SDH、OTN的线性保护方式，这种保护方式在传统波分上也有应用。

2、基于ODUk的1+1保护和1:n保护：G.873.1规定了OTN基于ODUk的线性保护。

3、基于ODUk的环网保护:用于分布式业务环型组网，经过占用2个ODUk通道实现对所有站点间业务的保护。类似SDH的MSP保护。

4、波长共享保护（基于光通道的环网保护）：用于分布式业务环型组网，经过占用2个光通道实现对所有站点间业务的保护。类似SDH的MSP保护。

3. OTN 帧结构、映射及开销

3.1 网络接口

G.709定义了2类网络接口：域间网络接口（IrDI）和域内网络接口（IaDI）。

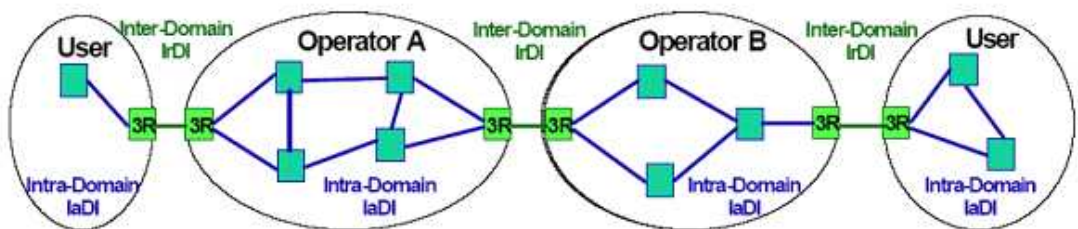


图 2.3.1-1 OTN网络接口示意图

不同管理域之间的接口为IrDI，具有3R再生能力；同一管理域之间的接口为IaDI。在ITU标准中IrDI接口是一个完全标准化的接口，而IaDI不是一个具备互通性的标准接口。

3.2 OTN信号的映射及复用

3.2.1 OTN信号速率

G.709为OPUk、ODUk、OTUk各分别规定了3种速率，见表2.3.2-1~表2.3.2-3，OPUk、ODUk、OTUk的帧频见表2.3.2-4。

表 2.3.2-1 OTUk类型及速率

OTU type	OTU nominal bit rate	OTU bit-rate tolerance
OTU1	$255/238 \times 2\,488\,320$ kbit/s	±20 ppm
OTU2	$255/237 \times 9\,953\,280$ kbit/s	
OTU3	$255/236 \times 39\,813\,120$ kbit/s	
NOTE – The nominal OTUk rates are approximately: 2 666 057.143 kbit/s (OTU1), 10 709 225.316 kbit/s (OTU2) and 43 018 413.559 kbit/s (OTU3).		

表 2.3.2-2 ODUk类型及速率

ODU type	ODU nominal bit rate	ODU bit-rate tolerance
ODU1	$239/238 \times 2\,488\,320$ kbit/s	±20 ppm
ODU2	$239/237 \times 9\,953\,280$ kbit/s	
ODU3	$239/236 \times 39\,813\,120$ kbit/s	
NOTE – The nominal ODUk rates are approximately: 2 498 775.126 kbit/s (ODU1), 10 037 273.924 kbit/s (ODU2) and 40 319 218.983 kbit/s (ODU3).		

表 2.3.2-3 OPUk类型及速率

OPU type	OPU Payload nominal bit rate	OPU Payload bit rate tolerance
OPU1	2 488 320 kbit/s	±20 ppm
OPU2	238/237 × 9 953 280 kbit/s	
OPU3	238/236 × 39 813 120 kbit/s	
OPU1-Xv	X × 2 488 320 kbit/s	±20 ppm
OPU2-Xv	X × 238/237 × 9 953 280 kbit/s	
OPU3-Xv	X × 238/236 × 39 813 120 kbit/s	
NOTE – The nominal OPUk Payload rates are approximately: 2 488 320.000 kbit/s (OPU1 Payload), 9 995 276.962 kbit/s (OPU2 Payload) and 40 150 519.322 kbit/s (OPU3 Payload). The nominal OPUk-Xv Payload rates are approximately: X × 2 488 320.000 kbit/s (OPU1-Xv Payload), X × 9 995 276.962 kbit/s (OPU2-Xv Payload) and X × 40 150 519.322 kbit/s (OPU3-Xv Payload).		

表 2.3.2-4 OTUk/ODUk/OPUk帧频

OTU/ODU/OPU type	Period (Note)
OTU1/ODU1/OPU1/OPU1-Xv	48.971 μs
OTU2/ODU2/OPU2/OPU2-Xv	12.191 μs
OTU3/ODU3/OPU3/OPU3-Xv	3.035 μs
NOTE – The period is an approximated value, rounded to 3 digits.	

(注：2488320kbit/s、9953280kbit/s、39813120kbit/s分别对应 STM-16、STM-64、STM-256的速率，对于公式OTU1速率=255/238x2488320kbit/s能够参考后文 OTUk的帧结构及 STM-N客户信号的映射。对于OTU1帧长4080x4个字节，净荷长度3808x4个字节(4080x4)/(3808x4) =255/238。对于OTU2帧长4080x4个字节，由于插入了帧定位字节FAS，净荷长度 (3808-16) x4个字节，4080/ (3808-16) =255/237)

3.2.2 OTN信号的映射及复用

1、电层信号的映射及复用

各种客户层信息经过光信道净荷单元 OPUk/OPUk-Xv的适配，映射到ODUk中，然后在ODUk、OTUk中分别加入光

信道数据单元和光信道传送单元的开销，再映射到光通道层OCh，调制到光信道载波OCC上。电层信号的映射及复用见图 2.3.2-1。

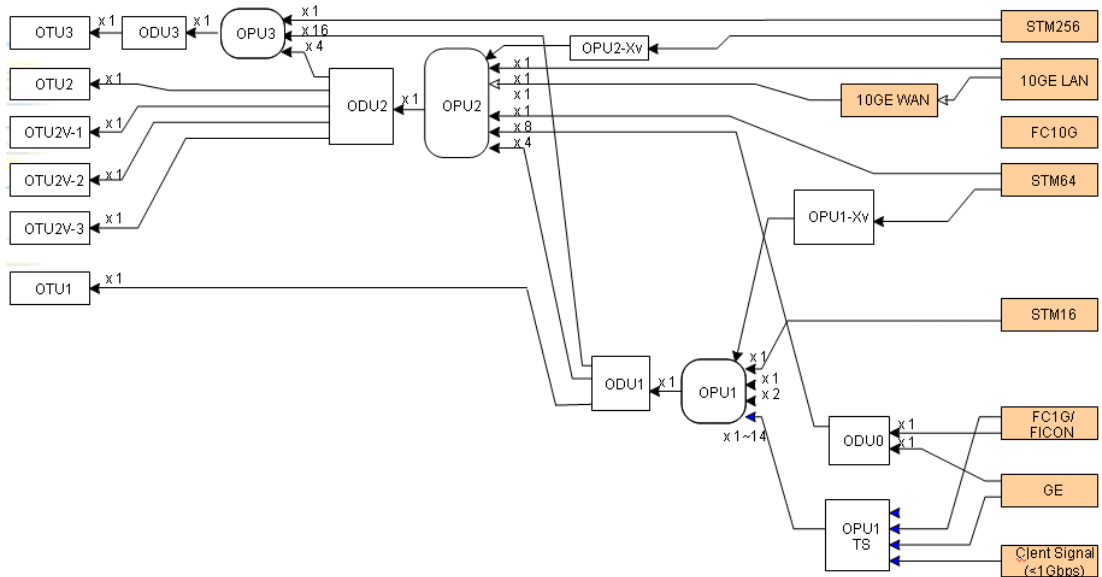


图 2.3.2-1 电层信号的映射及复用

2、光层信号的映射及复用

多至 n ($n \geq 1$)个OCC[r] 使用波分复用被复用进一个OCG- $n[r].m$ 中，OCG- $n[r].m$ 中的OCC[r]支路时隙能够具有不同的容量；对于完整功能的OTM- $n.m$ 接口，OSC经过波分复用被复用进OTM- $n.m$ 中。光层信号的映射及复用见图2.3.2-2。

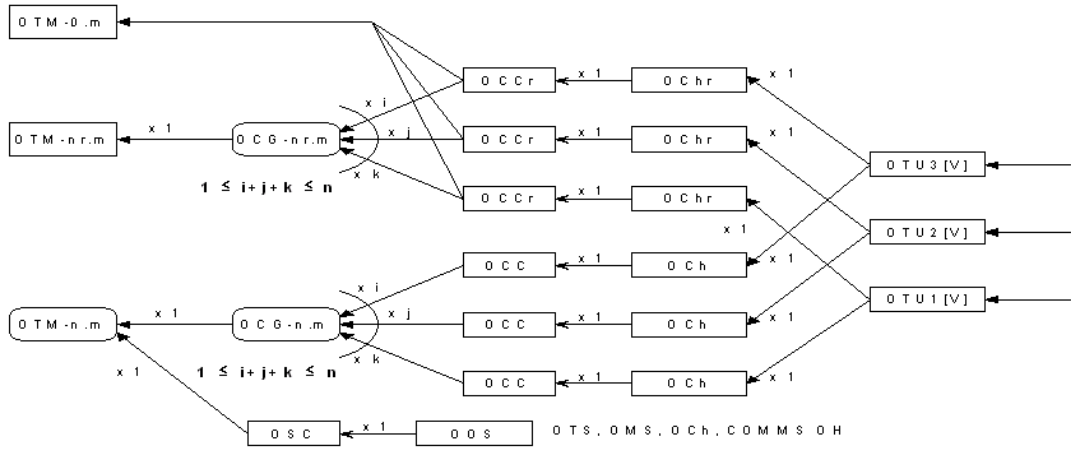


图 2.3.2-2 光层 (OTM) 信号的映射及复用

3.2.3电层 (OPUk、ODUk、OTUk) 信号的帧结构及开销
G.709定义的帧结构如下：

光信道净荷单元 (OPUk)：实现客户信号映射进一个固定的帧结构（数字包封）的功能，包括但不限于STM-N, IP分组, ATM信元, 以太网帧。

光信道数据单元 (ODUk)：提供与信号无关的连通性，连接保护和监控等功能，这一层也叫数据通道层。

光信道传送单元 (OTUk[V])：提供FEC，光段层保护和监控功能，这一层也叫数字段层。

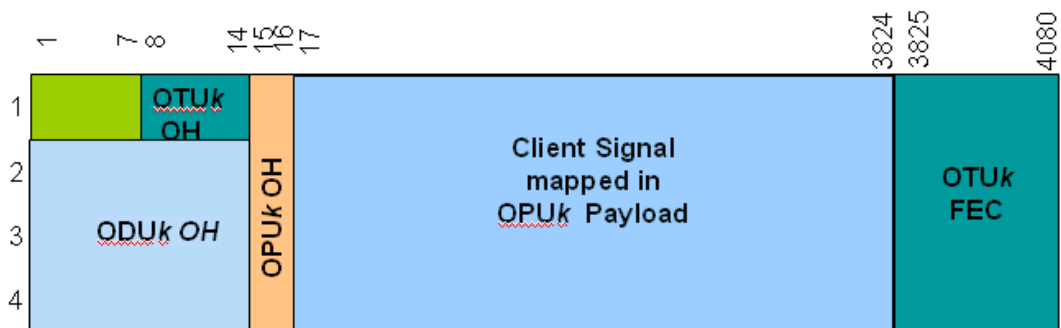


图 2.3.2-3 电层帧结构图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/425204002234011033>