

ICS 33.040.20

M 33



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1990-2009

光传送网（OTN）网络总体技术要求

General technical requirements for Optical Transport Network

2009-12-11 发布

2010-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	1
4 术语和定义	4
5 OTN网络功能结构	5
5.1 OTN网络的分层	5
5.2 OTN网络的分割	12
5.3 OTN网络拓扑	14
6 OTN接口要求	14
6.1 OTN接口基本信息结构	14
6.2 光通路帧结构	19
6.3 开销分类和描述	20
6.4 维护信号	21
7 复用结构	23
7.1 复用和映射结构	23
7.2 比特速率和容量	27
7.3 光传送模块 (OTM-n.m, OTM-nr.m, OTM-0.m, OTM-0.mvn)	28
7.4 OPUk虚级联	33
8 网络性能要求	35
8.1 假设参考光通道	35
8.2 误码性能	35
8.3 误码维护性能可用性目标	37
8.4 抖动和漂移特性	37
9 OTN设备类型和基本要求	41
9.1 设备类型	41
9.2 客户信号的映射	43
9.3 设备功能要求	45
9.4 设备性能要求	48
10 OTN保护要求	48
10.1 通用要求	48
10.2 线性保护	49
10.3 环网保护 (可选)	52
11 DCN实现方式	54

11.1	DCN的分类	54
11.2	光监控通道 (OSC)	54
11.3	电监控通道 (ESC)	54
11.4	带外DCN	55
12	网络管理	55
12.1	OTN网络管理系统功能结构	55
12.2	OTN网管系统一般要求	55
12.3	OTN网元管理功能要求	56
12.4	OTN子网管理功能要求	65
12.5	DCN管理	68
12.6	接口能力	68
13	控制平面要求 (可选)	68
13.1	控制平面要求概述	68
13.2	对光电混合交叉设备控制平面的基本要求	69
13.3	保护恢复要求	69
13.4	自动发现和链路资源管理	69
附录A (规范性附录)	可用性目标的计算	71
附录B (资料性附录)	低速率业务映射方式	73
附录C (资料性附录)	10G FC业务映射方式	74
附录D (资料性附录)	分布式基站CPRI接口信号OTN承载应用	75

前 言

本标准在参考ITU-T和我国OTN相关标准的基础上，结合我国具体情况制定：

— 第5章参考ITU-T G.872《光传送网（OTN）体系架构》的相关内容。

— 第6、7章参考了YD/T 1462-2006《光传送网（OTN）接口》和ITU-T G.709《光传送网（OTN）接口》的相关内容。

— 第8章参考了ITU-T G.8201《光传送网（OTN）内的多运营商国际通道的差错性能参数和指标》、ITU-T M.2401《光传送网中对投入业务及多运营商国际通路和部分维护的误码性能限制和规程》和ITU-T G.8251《光传送网（OTN）内的信号抖动和漂移控制》的相关内容。

本标准的附录A为规范性附录，附录B、附录C和附录D为资料性附录。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国电信集团公司、华为技术有限公司、工业和信息化部电信研究院、中兴通讯股份有限公司、武汉邮电科学研究院、上海贝尔股份有限公司、中国移动通信集团公司。

本标准主要起草人：荆瑞泉、李时星、赵文玉、古 渊、汪俊芳、黄 峰、李 晗、霍晓莉、王 玉、徐云斌。

光传送网（OTN）网络总体技术要求

1 范围

本标准规定了基于ITU-T G.872定义的光传送网（OTN）总体技术要求。主要内容包括：OTN网络功能结构、接口要求、复用结构、性能要求、设备类型、保护要求、DCN实现方式、网络管理和控制平面要求等。

本标准适用于 OTN 终端复用设备和 OTN 交叉连接设备，其中 OTN 交叉连接设备主要包括：OTN 电交叉设备、OTN 光交叉设备和同时具有 OTN 电交叉和光交叉功能的设备。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版适用于本标准。

GB/T 20187-2006	光传送网体系设备的功能块特性
GB/T 21645	自动交换光网络（ASON）技术要求
YD/T 1274-2003	光波分复用系统（WDM）技术要求——160×10Gbit/s、80×10Gbit/s部分
YD/T 1383-2005	波分复用（WDM）网元管理系统技术要求
YD/T 1462-2006	光传送网（OTN）接口
YD/T 2003-2009	可重构的光分插复用（ROADM）设备技术要求
YDN 120-1999	光波分复用系统总体技术要求（暂行规定）
ITU-T G.707	同步数字系列（SDH）的网络节点接口
ITU-T G.709	光传送网（OTN）接口
ITU-T G.798	光传送网体系设备的功能块特性
ITU-T G.825	基于同步数字系列(SDH)的数字网内抖动和漂动的控制
ITU-T G.872	光传送网体系架构
ITU-T G.874	光传送网（OTN）网元的管理
ITU-T G.975	高比特率DWDM海底系统的前向纠错
ITU-T G.975.1	高速率DWDM海缆系统前向纠错的要求
ITU-T G.7041	通用成帧规程
ITU-T G.8201	光传送网（OTN）内的多运营商国际通道的差错性能参数和指标
ITU-T G.8251	光传送网（OTN）内的信号抖动和漂移控制
ITU-T M.2401	光传送网中对投入业务及多运营商国际通路和部分维护的误码性能限制和规程

3 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

3R	Reamplification, Reshaping and Retiming	再放大，再整形，再定时
----	---	-------------

ACT	Activation (in the TCM ACT byte)	激活(在 TCM ACT 中的字节)
AI	Adapted Information	适配信息
AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
AP	Access Point	接入点
APS	Automatic Protection Switching	自动保护倒换
BDI	Backward Defect Indication	后向缺陷指示
BDI-O	Backward Defect Indication Overhead	后向缺陷指示开销
BDI-P	Backward Defect Indication Payload	后向缺陷指示净荷
BEI	Backward Error Indication	后向误码指示
BIAE	Backward Incoming Alignment Error	后向输入定位误码
BIP	Bit Interleaved Parity	比特奇偶间插
CBR	Constant Bit Rate	固定比特速率
CI	Characteristic Information	特征信息
CM	Connection Monitoring	连接监测
CP	Connection Point	连接点
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
CTRL	Control word sent from source to sink	从源发到宿的控制字
DAPI	Destination Access Point Identifier	目的接入点标识符
DNU	Do Not Use	不可用
EDC	Error Detection Code	误码检测码
EOS	End of Sequence	序列结束
EXP	Experimental	实验
ExTI	Expected Trace Identifier	期望踪迹标识
FAS	Frame Alignment Signal	帧定位信号
FDI	Forward Defect Indication	前向缺陷指示
FDI-O	Forward Defect Indication Overhead	前向缺陷指示开销
FDI-P	Forward Defect Indication Payload	前向缺陷指示净荷
FEC	Forward Error Correction	前向误码纠错
GCC	General Communication Channel	通用通信通路
GID	Group Identification	组标识
IaDI	Intra-Domain Interface	域内接口
IAE	Incoming Alignment Error	输入定位误码
IrDI	Inter-Domain Interface	域间接口
JOH	Justification Overhead	调整开销
LC	Link Connection	链路连接
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	链路容量调整方案
LSB	Least Significant Bit	最低位比特
MFAS	MultiFrame Alignment Signal	复帧定位信号
MFI	Multiframe Indicator	复帧标识

MS	Maintenance Signal	维护信号
MSB	Most Significant Bit	最高位比特
MSI	Multiplex Structure Identifier	复用结构标识
MST	Member Status	成员状态
NC	Network Connection	网络连接
naOH	non-associated overhead	非随路开销
NORM	Normal Operating Mode	正常操作模式
OCC	Optical Channel Carrier	光通路载波
OCCo	Optical Channel Carrier – overhead	光通路载波开销
OCCp	Optical Channel Carrier – payload	光通路载波净荷
OCCr	Optical Channel Carrier with reduced functionality	简化功能光通路载波
OCG	Optical Carrier Group	光载波群
OCGr	Optical Carrier Group with reduced functionality	简化功能光载波群
OCh	Optical channel with full functionality	全功能光通路
OChr	Optical channel with reduced functionality	简化功能光通路
OCI	Open Connection Indication	开放连接指示
ODU	Optical Channel Data Unit	光通路数据单元
ODUk	Optical Channel Data Unit-k	光通路数据单元 k
ODTUjk	Optical channel Data Tributary Unit j into k	光通路数据支路单元 j 到 k
ODTUG	Optical channel Data Tributary Unit Group	光通路数据支路单元群
ODUk-Xv	X virtually concatenated ODUk's	X 个 ODUk 的虚级联
OH	Overhead	开销
OMS	Optical Multiplex Section	光复用段
OMS-OH	Optical Multiplex Section Overhead	光复用段开销
OMU	Optical Multiplex Unit	光复用单元
ONNI	Optical Network Node Interface	光网络节点接口
OOS	OTM Overhead Signal	OTM 开销信号
OPS	Optical Physical Section	光物理段
OPU	Optical Channel Payload Unit	光通路净荷单元
OPUk	Optical Channel Payload Unit-k	光通路净荷单元 k
OPUk-Xv	X virtually concatenated OPUk's	X 个 OPUk 的虚级联
OSC	Optical Supervisory Channel	光监控信道
OTH	Optical Transport Hierarchy	光传送系列
OTL	Optical channel Transport Lane	光通路传送通道
OTM	Optical Transport Module	光传送模块
OTN	Optical Transport Network	光传送网络
OTS	Optical Transmission Section	光传送段
OTS-OH	Optical Transmission Section Overhead	光传送段开销
OTU	Optical Channel Transport Unit	光通路传送单元

OTUk	Completely standardized Optical Channel Transport Unit-k	完全标准化光通路传送单元-k
OTUkV	functionally standardized Optical Channel Transport Unit-k	功能标准化光通路传送单元-k
PCC	Protection Communication Channel	保护通信通路
PLD	Payload	净荷
PM	Path Monitoring	通道监测
PMI	Payload Missing Indication	净荷丢失指示
PMOH	Path Monitoring OverHead	通道监测开销
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence	伪随机二元序列
PSI	Payload Structure Identifier	净荷结构标识
PT	Payload Type	净荷类型
RES	Reserved for future international standardization	为将来国际标准预留
RS-Ack	Re-sequence acknowledge	重序列确认
SAPI	Source Access Point Identifier	源接入点标识
Sk	Sink	宿
SM	Section Monitoring	段监测
SMOH	Section Monitoring OverHead	段监测开销
SNC	Subnetwork Connection	子网连接
So	Source	源
SQ	Sequence Indicator	序列标识
TC	Tandem Connection	串联连接
TCM	Tandem Connection Monitoring	串联连接监测
TCP	Termination Connection Point	终端连接点
TS	Tributary Slot	支路时隙
TT	Trail Termination	路径终端
TxTI	Transmitted Trace Identifier	传送踪迹标识
VCG	Virtual Concatenation Group	虚级联组
VCOH	Virtual Concatenation Overhead	虚级联开销
vcPT	virtual concatenated Payload Type	虚级联净荷类型

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

4.1

光通路 optical channel (OCh[r])

OCh 是用于支持 OCh 路径的信息结构, 根据是否支持非随路开销 (OCh_OH), 定义了两种 OCh, 即支持非随路开销的全功能光通路 (OCh) 和不支持非随路开销的简化功能光通路 (OChr)。本标准定义的 OCh 的客户信号为 OTUk 信号, 其他数字客户信号如 STM-N、以太网等 OTM 也可支持。另外, OCh 应具有区分两个不同的 OCh 信号 (一个信号承载 OTU1, 另一个信号承载 OTU2 或 GbE) 的特征, 具体实现待研究。

4.2

光通路数据单元 optical channel data unit (ODUk)

ODUk 是包括信息净荷 (OPUk) 和与 ODUk 开销相关的信息结构。ODUk 的容量由 k 区分, $k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$ 。

4.3

ODUk 通道 ODUk path (ODUkP)

光通路数据单元 k 通道 (ODUkP) 是用于支持端到端 ODUk 路径的信息结构。

4.4

光通路数据单元串联连接监测 ODUk TCM (ODUKT)

光通路数据单元 k TCM (ODUKT) 是用于支持 TCM 路径的信息结构。最多可以支持 6 个 TCM 子层。

4.5

光通路净荷单元 optical channel payload unit (OPUk)

OPUk 是适配客户信息在光通路上传送的信息结构。将客户信息、所需适配客户信号速率和 OPUk 净荷速率的开销、以及其他支持客户信号传送的 OPUk 开销结合在一起。这些开销是特定适配开销, OPUk 的容量由 k 划分, $k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$ 。

4.6

光监控通路 optical supervisory channel (OSC)

OSC 是传送 OTM 开销信号的物理光路, 不经过光放大器。

4.7

光传送模块 optical transport module (OTM- $n[r].m$, OTM-0.mvn)

OTM 是经过 ONNI 被传送的信息结构。根据是否支持非随路开销, OTM 分为支持非随路开销的全功能 OTM 和不支持非随路开销的简化功能 OTM 两种。系数 n 和 m 定义了所支持的波长和比特速率, r 表示简化功能, v 表示支持虚拟多通道。OTM-0.mvn 支持一个多通道光信号, 目前定义了 2 种 OTM-0.mvn 接口信号, 每种承载包含一个 OTUk[V] 信号分发到 4 个光通道上的四路光信号: OTM-0.3v4 (承载 OTU3) 和 OTM-0.4v4 (承载 OTU4)。

4.8

光通路传送单元 optical channel transport unit (OTUk[V])

OTUk 是在一个或多个光通路连接上, 传送一个 ODUk 的信息结构, 包括光通路数据单元和 OTUk 相关开销 (FEC 和光通路连接管理开销), 由帧结构, 比特速率和带宽来表征。OTUk 的容量由 k 划分, $k=1, 2, 3, 4$ 。目前定义了两种 OTUk, 即用于 OTM 域间 (IrDI) 或域内 (IaDI) 完全标准化的 OTUk, 以及仅用于 OTM 域内 (IaDI) 部分功能标准化的 OTUk (OTUkV)。

5 OTN 网络功能结构

5.1 OTN 网络的分层

5.1.1 OTN 网络的层次模型

OTN 传送网络从垂直方向分为光通路 (OCh) 层网络、光复用段 (OMS) 层网络和光传输段 (OTS) 层网络三层, 相邻层之间是客户/服务者关系, 其功能模型如图1所示。整个 OTN 网络的高层客户层网络和底层服务者网络 (物理媒质层网络) 不在本标准规范的范围之内。

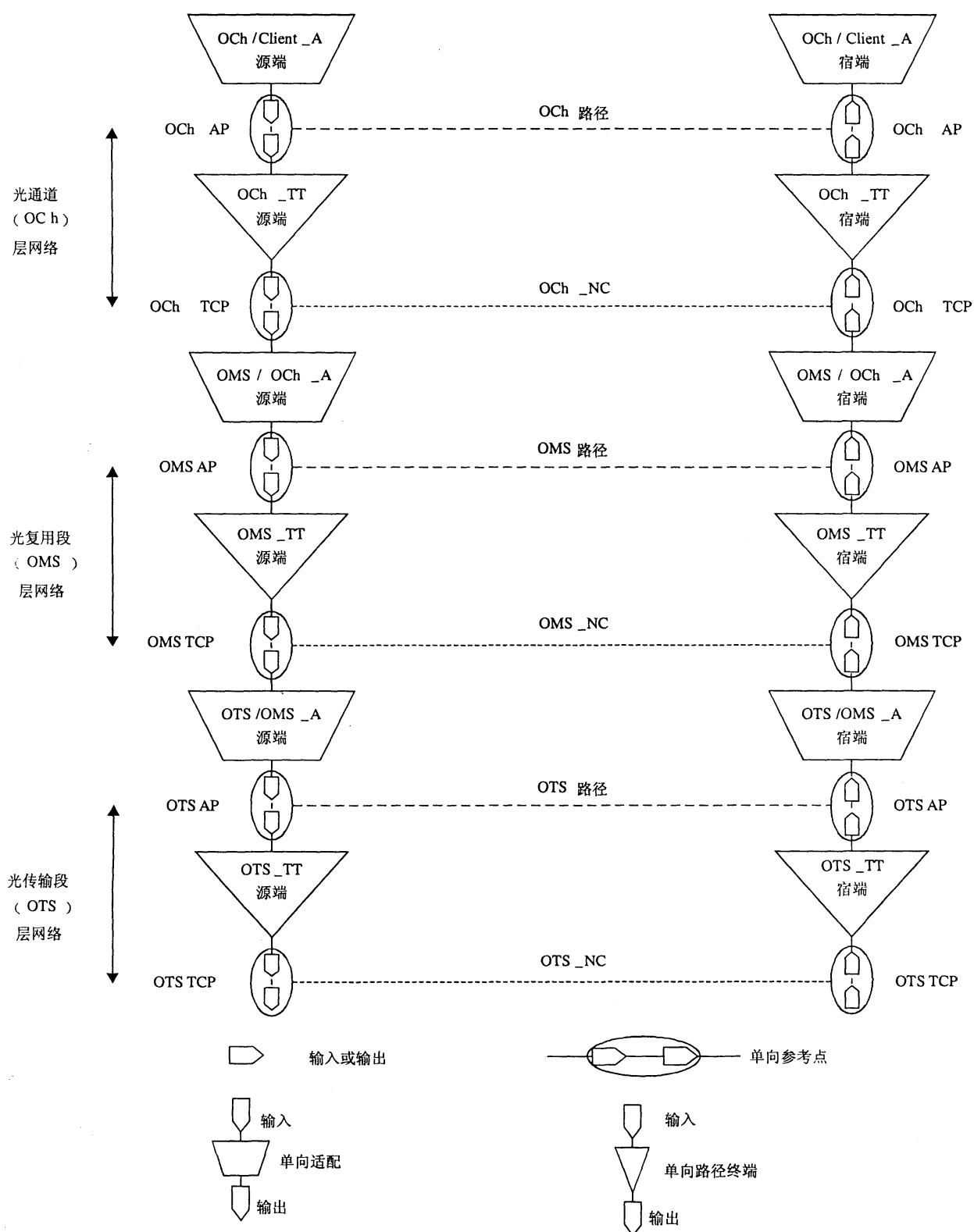


图1 OTN 网络分层

图1中OTN网络相邻层之间的客户/服务者关系具体如下:

a) 光通路/客户适配。OCh/客户适配 (OCh/Client_A) 过程涉及到客户和服务者两个方面的处理过程, 其中客户处理过程与具体的客户类型有关, 可根据特定的客户类型 (如 SDH、以太网等) 参考其已标准

化的处理过程，本标准仅规范服务者相关的处理过程。另外，双向的光通路/客户适配（OCh/Client_A）功能是由源和宿成对的 OCh/客户适配过程来实现。

OCh/客户适配源（OCh/Client_A_So）在输入和输出接口之间进行的主要处理过程包括：

- 1) 产生可以调制到光载频上的连续数据流。对于数字客户，适配过程包括扰码和线路编码等处理，相应适配信息就是定义了比特率和编码机制的连续数据流；
- 2) 产生和终结相应的管理和维护信息。

OCh/客户适配宿（OCh/Client_A_Sk）在输入和输出接口之间进行的主要处理过程包括：

- 1) 从连续数据流中恢复客户信号。对于数字客户，适配过程包括时钟恢复、解码和解扰等处理；
- 2) 产生和终结相应的管理和维护信息。

b) 光复用段/光通路适配。双向的 OMS/OCh 适配（OMS/OCh_A）功能是由源和宿成对的 OMS/OCh 适配过程来实现。

OMS/OCh 适配源（OMS/OCh_A_So）在输入和输出接口之间进行的主要处理过程包括：

- 1) 通过指定的调制机制将光通路净荷调制到光载频上；然后给光载频分配相应的功率并进行光通路复用以形成光复用段；
- 2) 产生和终结相应的管理和维护信息。

OMS/OCh 适配宿（OMS/OCh_A_Sk）在输入和输出接口之间进行的主要处理过程包括：

- 1) 根据光通路中心频率进行解复用并终结光载频，从中恢复光通路净荷数据；
- 2) 产生和终结相应的管理和维护信息。

注：实际处理的数据流考虑了光净荷和开销两部分数据，但开销部分在 OMS 路径终端不进行处理。

c) 光传输段/光复用段适配。双向的 OTS/OMS 适配（OTS/OMS_A）功能是由源和宿成对的 OTS/OMS 适配过程来实现。

OTS/OMS 适配源（OTS/OMS_A_So）在输入和输出接口之间进行的主要处理过程包括：产生和终结相应的管理和维护信息。

OTS/OMS 适配宿（OTS/OMS_A_Sk）在输入和输出接口之间进行的主要处理过程包括：产生和终结相应的管理和维护信息。

注：实际处理的数据流考虑了光净荷和光监控通路开销两部分数据，但光监控通路部分在 OTS 路径终端不进行处理。

5.1.2 光通路层网络

5.1.2.1 功能结构

OCh层网络通过光通路路径实现接入点之间的数字客户信号传送，其特征信息包括与光通路连接相关联并定义了带宽及信噪比的光信号和实现通路外开销的数据流，均为逻辑信号。

OCh层网络的传送功能和实体主要由OCh路径、OCh路径源端（OCh_TT源端）、OCh路径宿端（OCh_TT宿端）、OCh网络连接（OCh_NC）、OCh链路连接（OCh_LC）、OCh子网（OCh_SN）、OCh子网连接（OCh_SNC）等组成，其功能结构如图2所示。

OCh层网络的终端包括路径源端、路径宿端、双向路径终端3种方式，主要实现OCh连接的完整性验证、传输质量的评估、传输缺陷的指示和检测等功能。

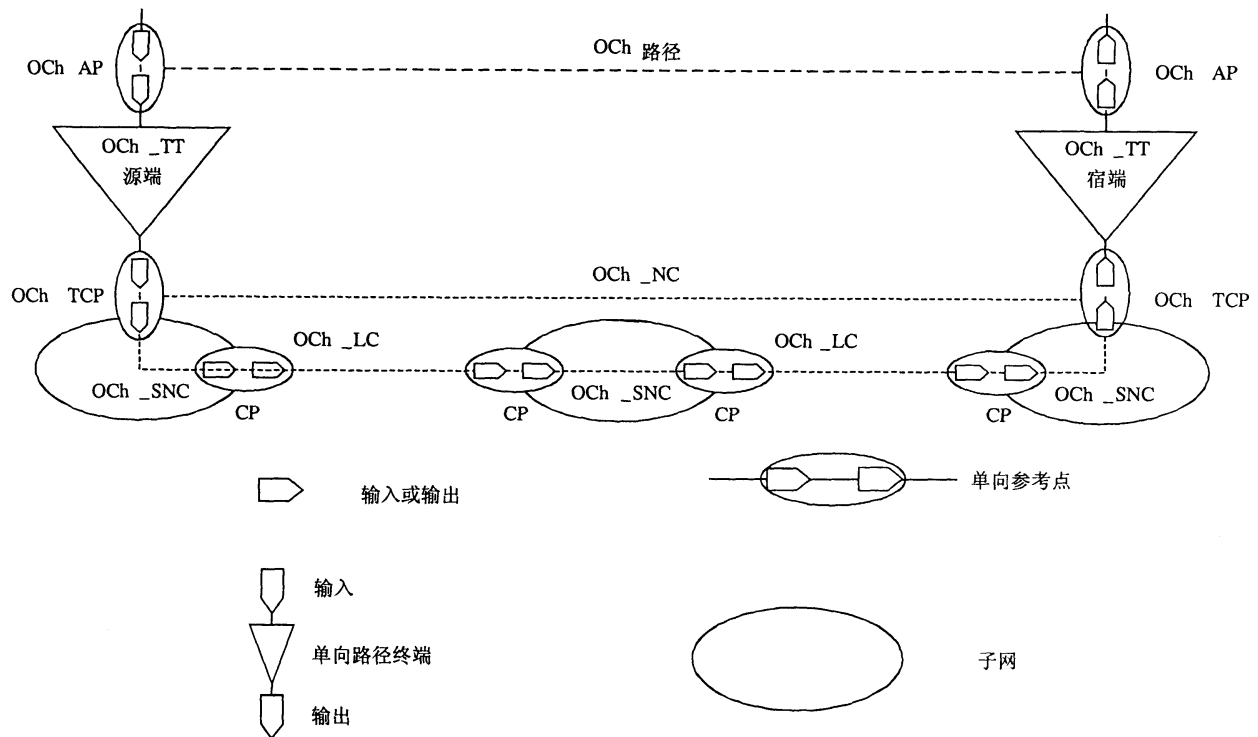


图2 OCh 层网络功能结构

5.1.2.2 子层划分

由于目前光信号处理技术的局限性，纯光模拟信号无法实现数字客户信号质量准确评估，光通路层网络在具体实现时进一步划分为3个子层网络：光通路子层网络、光通路传送单元（OTUk, $k=1, 2, 3, 4$ ）子层网络和光通路数据单元（ODUk, $k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$ ）子层网络，其中后两个子层采用数字封装技术实现，相应表示的数字比特速率见本标准第7.2节。相邻子层之间具有客户/服务者关系，ODUk子层若支持复用功能，可继续递归进行子层划分，具体的复用要求见本标准第7章。光通路层各子层关联的功能模型如图3所示。

5.1.2.3 光通路子层网络

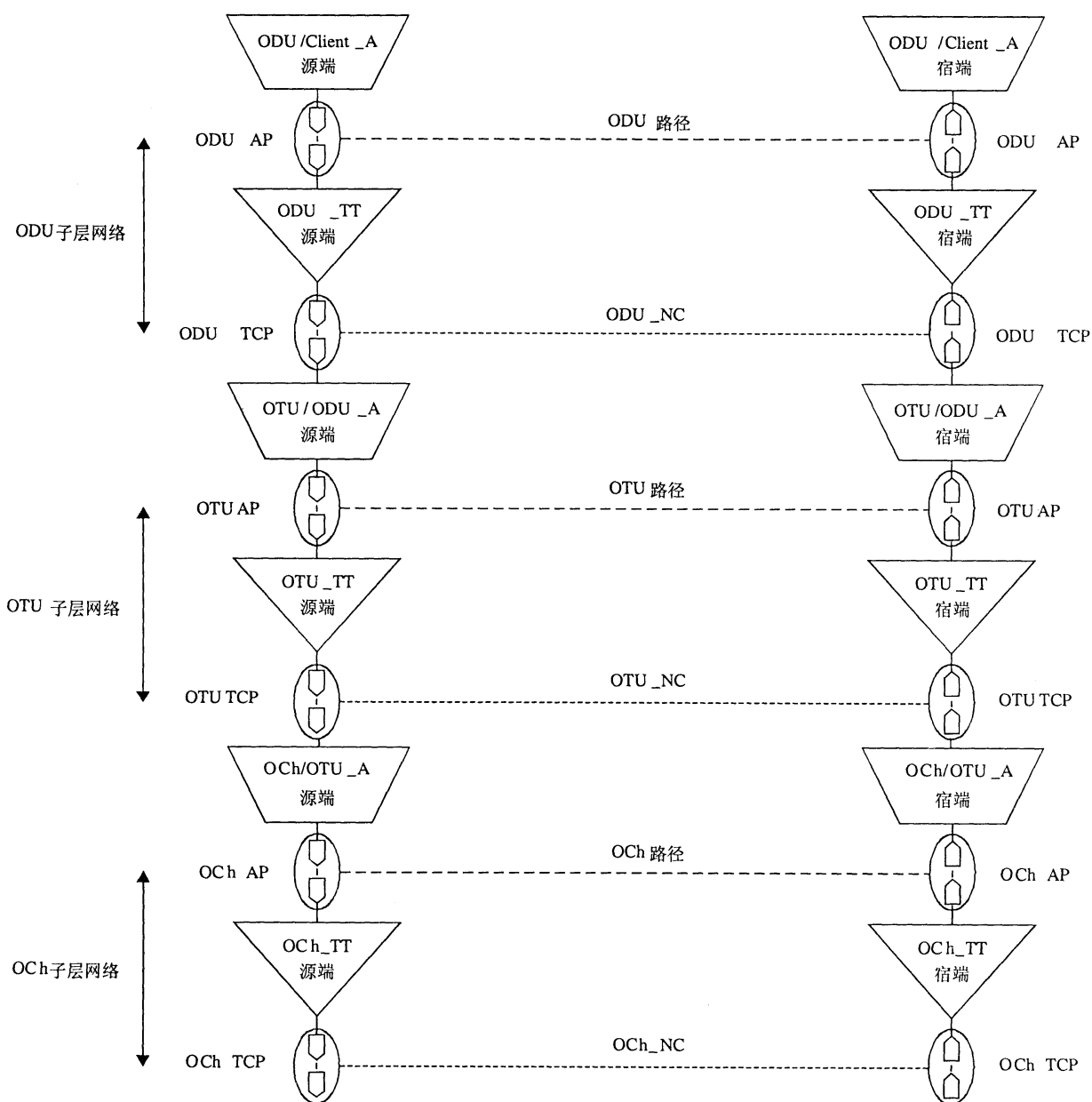
OCh子层网络通过OCh路径实现客户信号OTUk在OTN网络3R再生点之间的透明传送。

5.1.2.4 光通路传送单元子层网络

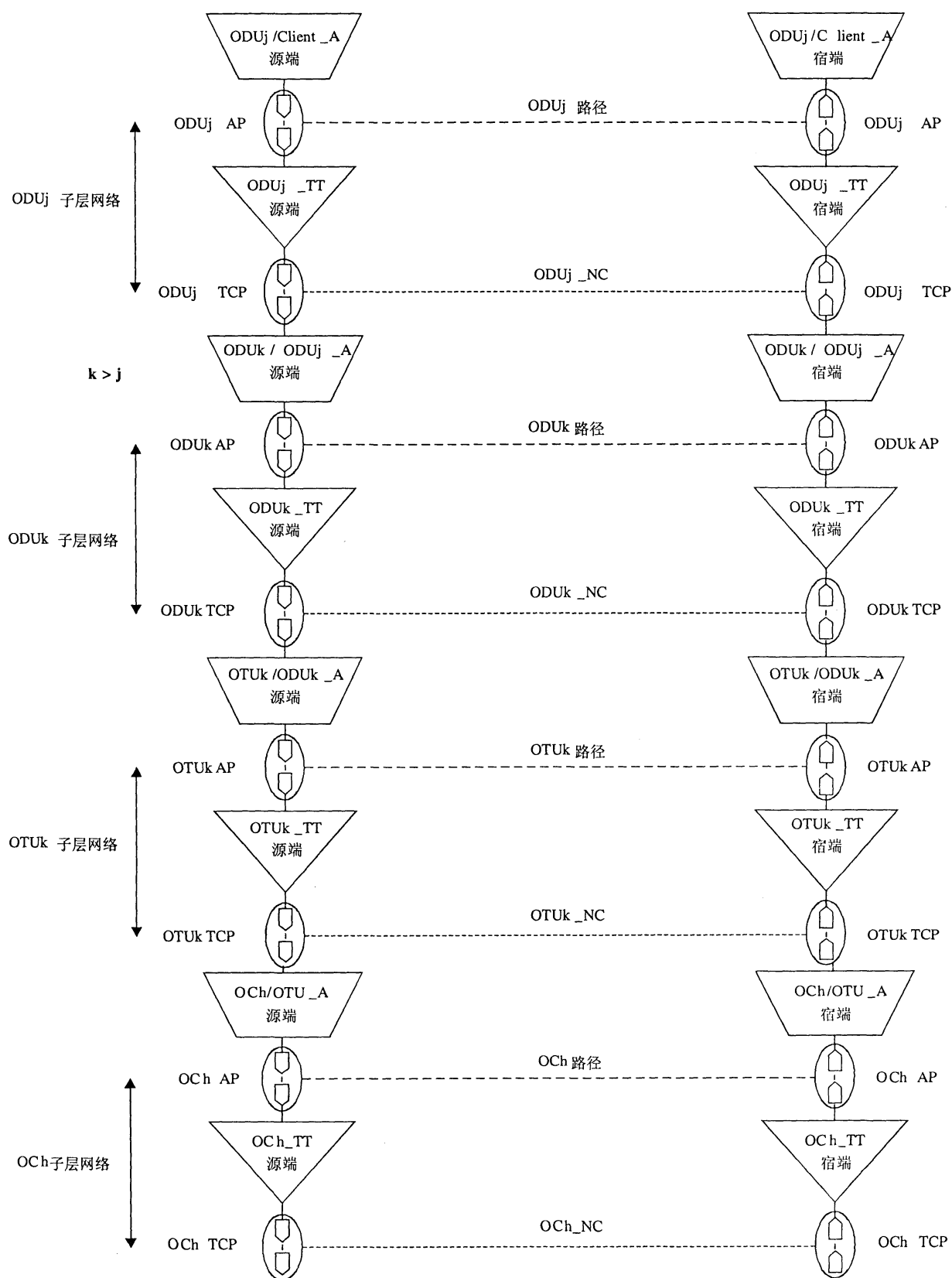
OTU子层网络通过OTUk路径实现客户信号ODUk在OTN网络3R再生点之间的传送。其特征信息包括传送ODUk客户信号的OTUk净荷区和传送关联开销的OTUk开销区，均为逻辑信号。

OTU子层网络的传送功能和实体主要由OTU路径、OTU路径源端（OTU TT源端）、OTU路径宿端（OTU TT宿端）、OTU网络连接（OTU NC）、OTU链路连接（OTU LC）等组成，相应的功能结构如图4所示。

OTU子层网络的终端包括路径源端、路径宿端、双向路径终端3种类型，主要实现OTUk连接的完整性验证、传输质量的评估、传输缺陷的指示和检测等功能。



(a) ODU不支持复用功能



(b) ODU支持复用功能

图3 OCh 层网络分层

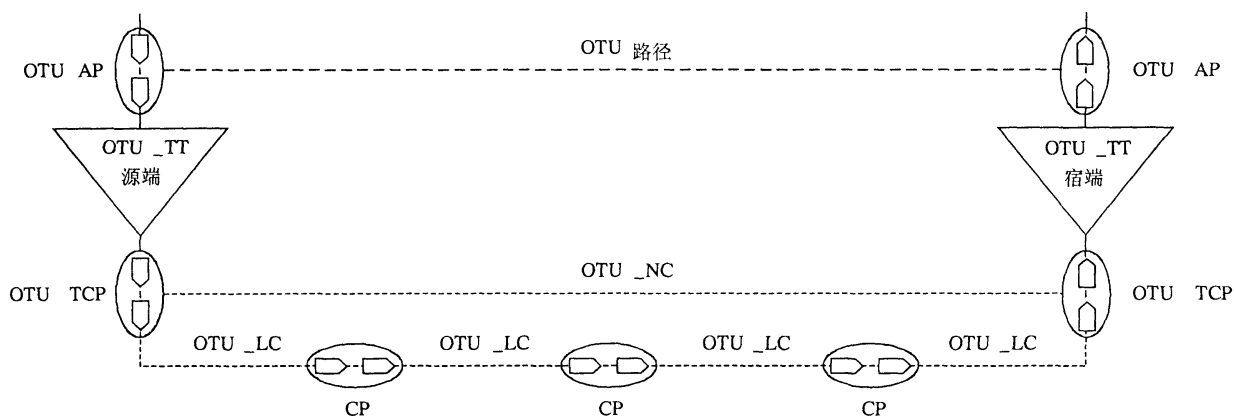


图4 OTU 子层网络功能结构

5.1.2.5 光通路数据单元子层网络

ODU子层网络通过ODUk路径实现数字客户信号（如SDH、以太网等）在OTN网络端到端的传送。其特征信息包括传送数字客户信号的ODUk净荷区和传送关联开销的ODUk开销区，均为逻辑信号。

ODU子层网络的传送功能和实体主要由ODU路径、ODU路径源端（ODU_TT源端）、ODU路径宿端（ODU_TT宿端）、ODU网络连接（ODU_NC）、ODU链路连接（ODU_LC）、ODU子网（ODU_SN）和ODU子网连接（ODU_SNC）等组成，相应的功能结构如图5所示。

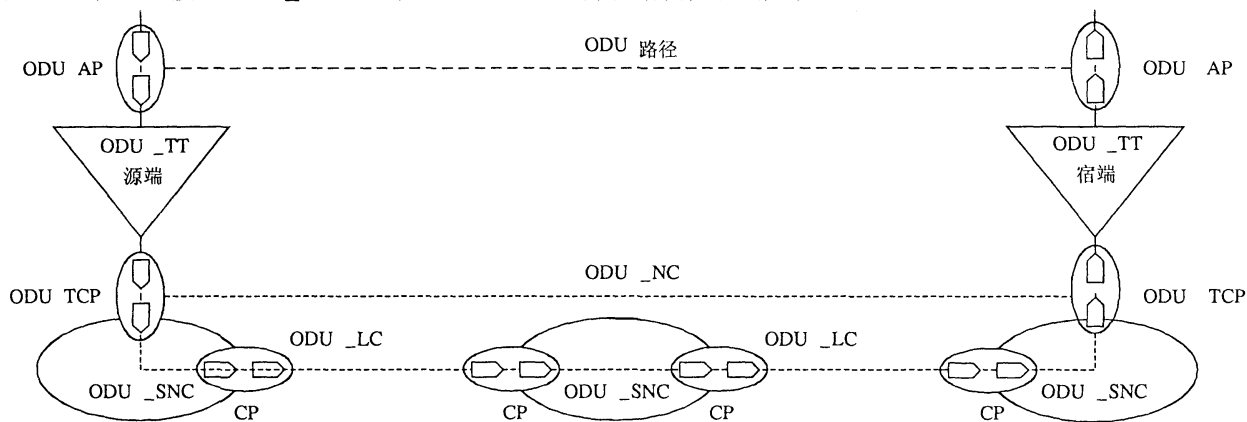


图5 ODU 子层网络功能结构

ODU子层网络的终端包括路径源端、路径宿端、双向路径终端3种类型，主要实现ODUk连接的完整性验证、传输质量的评估、传输缺陷的指示和检测等功能。

另外，根据ODUk ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 目前已定义的速率等级，ODU子层网络支持ODU复用时，ODU子层可进一步分层，如图3（b）所示。

5.1.3 光复用段层网络

OMS层网络通过OMS路径实现光通路在接入点之间的传送，其特征信息包括OCh层适配信息的数据流和复用段路径终端开销的数据流，均为逻辑信号，采用n级光复用单元（OMU-n）表示，其中n为光通路个数。光复用段中的光通路可以承载业务，也可以不承载业务，不承载业务的光通路可以配置或不配置光信号。

OMS层网络的传送功能和实体主要由OMS路径、OMS路径源端（OMS_TT源端）、OMS路径宿端（OMS_TT宿端）、OMS网络连接（OMS_NC）、OMS链路连接（OMS_LC）等组成，其功能结构如图6所示。

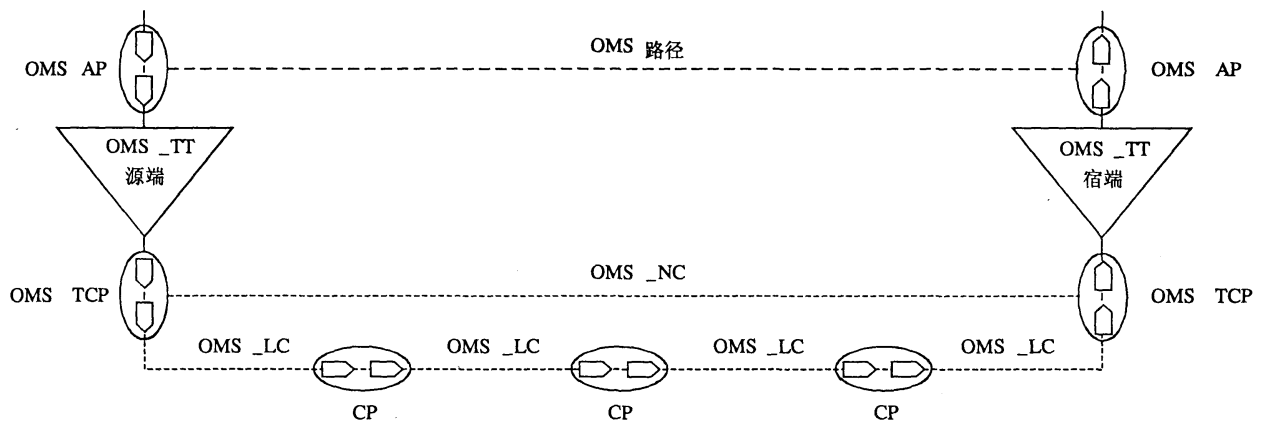


图6 OMS 层网络功能结构

OMS层网络的终端包括路径源端、路径宿端、双向路径终端3种方式，主要实现传输质量的评估、传输缺陷的指示和检测等功能。

5.1.4 光传输段层网络

OTS层网络通过OTS路径实现光复用段在接入点之间的传送。OTS定义了物理接口，包括频率、功率和信噪比等参数，其特征信息可由逻辑信号描述，即OMS层适配信息和特定的OTS路径终端管理/维护开销，也可由物理信号描述，即n级光复用段和光监控通路，具体表示为n级光传输模块（OTM-n）。

OTS层网络的传送功能和实体主要由OTS路径、OTS路径源端（OTS_TT源端）、OTS路径宿端（OTS_TT宿端）、OTS网络连接（OTS_NC）、OTS链路连接（OTS_LC）、OTS子网（OTS_SN）、OTS子网连接（OTS_SNC）等组成，其功能结构如图7所示，其中OTS_SN和OTS_SNC仅在实现OTS 1+1 NC保护时出现。

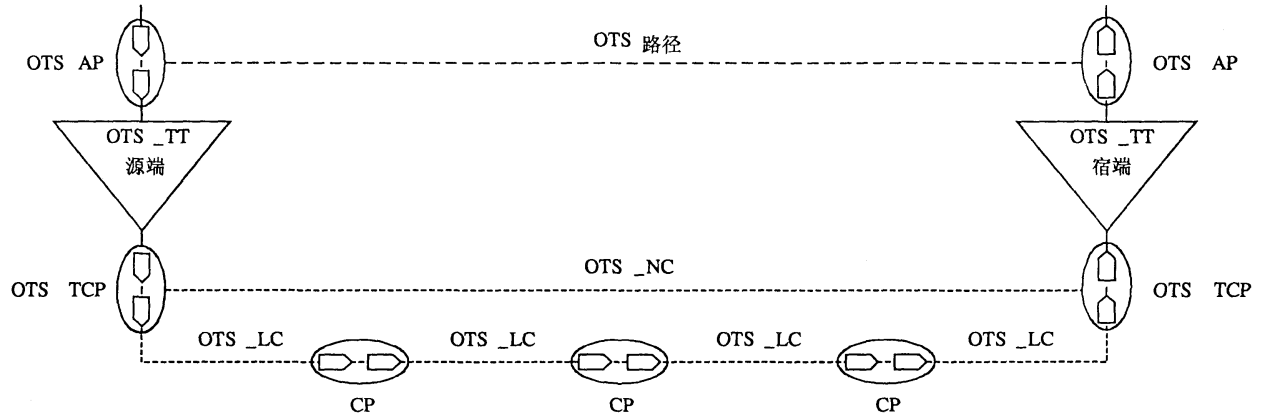


图7 OTS 层网络功能结构

OTS层网络的终端包括路径源端、路径宿端、双向路径终端3种方式，主要实现OTS连接的完整性验证、传输质量的评估、传输缺陷的指示和检测等功能。

5.2 OTN网络的分割

5.2.1 OTN网络的分域

OTN传送网络从水平方向可分为不同的管理域，其中单个管理域可以由单个设备商OTN设备组成，也可由运营商的某个网络或子网组成，如图8所示。不同域之间物理连接称为域间接口（IrDI），域内的物理连接称为域内接口（IaDI）。

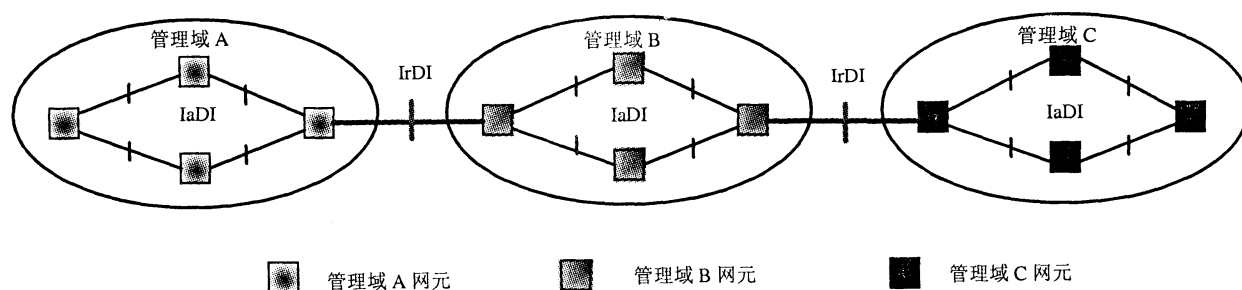


图8 OTN 网络分域

5.2.2 不同管理域的互联互通

IrDI采用无3R的接口尚未规范，IrDI通过3R再生的方式是IrDI实现互通惟一可行的途径，具体包括以下四种方式：

- 非 OTN 域通过非 OTN IrDI 和 OTN 域互联。非 OTN 域（如 SDH、以太网等）通过非 OTN IrDI 接口（如 SDH 接口、以太网接口等）和 OTN 域实现互联，在非 OTN IrDI 接口的客户层实现互通。
- 非 OTN 域通过 OTN IrDI 和 OTN 域互联。非 OTN 域通过 OTN IrDI 接口和 OTN 域实现互联，在 ODU 子层实现互通。
- OTN 域通过非 OTN IrDI 互联。OTN 域通过非 OTN IrDI 接口（如 SDH 接口、以太网接口等）实现互联，在非 OTN IrDI 接口的客户层实现互通。
- OTN 域通过 OTN IrDI 互联。OTN 域通过 OTN IrDI 接口实现互联，在 ODU 子层实现互通。

5.2.3 OTN网络域内分割

由于客户数字信号通过OTN传送时可能需要3R中继，因此，单个的管理域可进一步分割为不同的3R中继段。通过不同的3R中继段时OCh层网络需要终结，具体3R的中继功能由客户数字信号到OCh适配的源端和宿端来实现，而客户数字信号是否需要终结取决于客户信号的类型。

如果OCh客户信号为OTUk信号，在进行3R时需要终结OTUk子层网络，如图9所示。此时OCh和OTUk层网络相互重合，即OTUk数字段构成一个3R中继段。

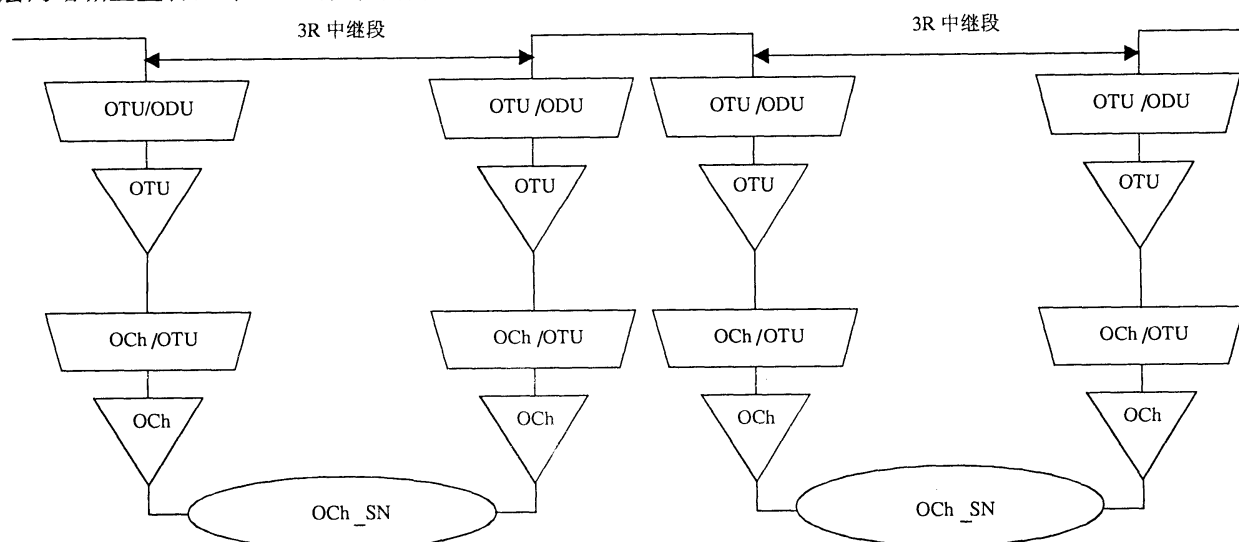


图9 客户信号为数字 OTN 时的 3R 中继段

而对于其他OCh的数字客户信号（如SDH），则在3R时不需要终结客户层网络，如图10所示。

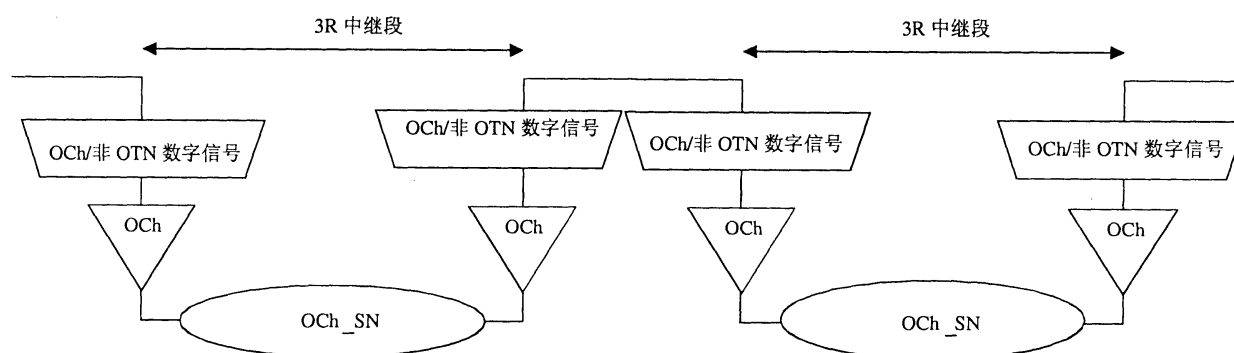


图10 客户信号为非数字 OTN 时的 3R 中继段

对于单个3R中继段，实际应用有需要时可进一步分割，例如当OCh层提供灵活路由功能时就需要对于3R中继段进一步分割，具体分割方法待研究。

5.3 OTN网络拓扑

OTN可支持基于单向点到点、双向点到点、单向点到多点的光层连接类型，可基于线型、环型、树型、星型和网状型等多种拓拓扑组网。

6 OTN 接口要求

6.1 OTN接口基本信息结构

6.1.1 OTN接口分类

OTN 定义了两类接口：

- a) 域间接口 (IrDI)；
- b) 域内接口 (IaDI)。

光传送模块 n (OTM- n) 是支持 OTN 接口的信息结构，定义了两类结构：

- a) 全功能的 OTM 接口 (OTM- $n.m$)；
- b) 简化功能的 OTM 接口 (OTM-0.m, OTM- $n.r.m$, OTM-0.mvn)。

简化功能 OTM 接口在每个接口终端应具有 3R 处理功能，以支持 OTN IrDI 接口。

6.1.2 OTN接口基本信号结构

OTN 接口基本信号结构如图 11 所示。

6.1.2.1 OCh 结构

光通路层结构需要进一步分层，以支持网络管理和监控功能。

- a) 全功能或简化功能的光通路 (OCh/OChr)，在 OTN 的 3R 再生点之间应提供透明网络连接；
- b) 完全或功能标准化光通路传送单元 (OTUk/OTUkV)，在 OTN 的 3R 再生点之间应为信号提供监控功能，使信号适应在 3R 再生点之间进行传送；
- c) 光通路数据单元 (ODUk) 应当提供：
 - 1) 串联连接监测 (ODUKT)；
 - 2) 端到端通道监控 (ODUKP)；
 - 3) 经由光通路净荷单元 (OPUK) 适配用户信号。

6.1.2.2 全功能 OTM- $n.m$ ($n \geq 1$) 结构

OTM- $n.m$ ($n \geq 1$) 包括以下层：

- a) 光传送段 (OTS n)；

- b) 光复用段 (OMSn);
- c) 全功能光通路 (OCh);
- d) 完全或功能标准化光通路传送单元 (OTUk/OTUkV);
- e) 光通路数据单元 (ODUk)。

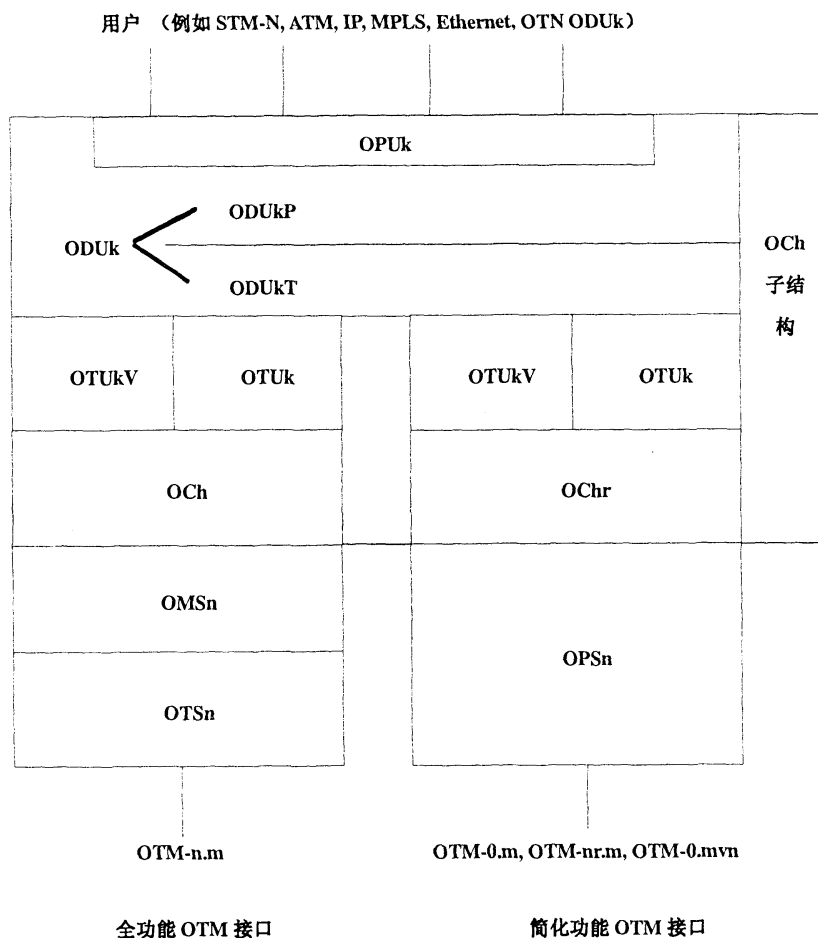


图11 OTN 接口结构

6.1.2.3 简化功能 OTM-nr.m、OTM-0.m、OTM-0.mvn 结构

OTM-nr.m 和 OTM-0.m 包括以下层面:

- a) 光物理段 (OPSn 或 OPS0);
- b) 简化功能光通路 (OChr);
- c) 完全或功能标准化光通路传送单元 (OTUk/OTUkV);
- d) 光通路数据单元 (ODUk)。

并行 OTM-0.mvn 包括以下层面, 如图 12 所示。

- a) 光物理段 (OPSn 或 $n \times OPS0$);
- b) 简化功能光通路 (OChr);
- c) 光通路传送通道 (OTLk.n);
- d) 光通路传送单元 (OTUk);
- e) 光通路数据单元 (ODUk)。

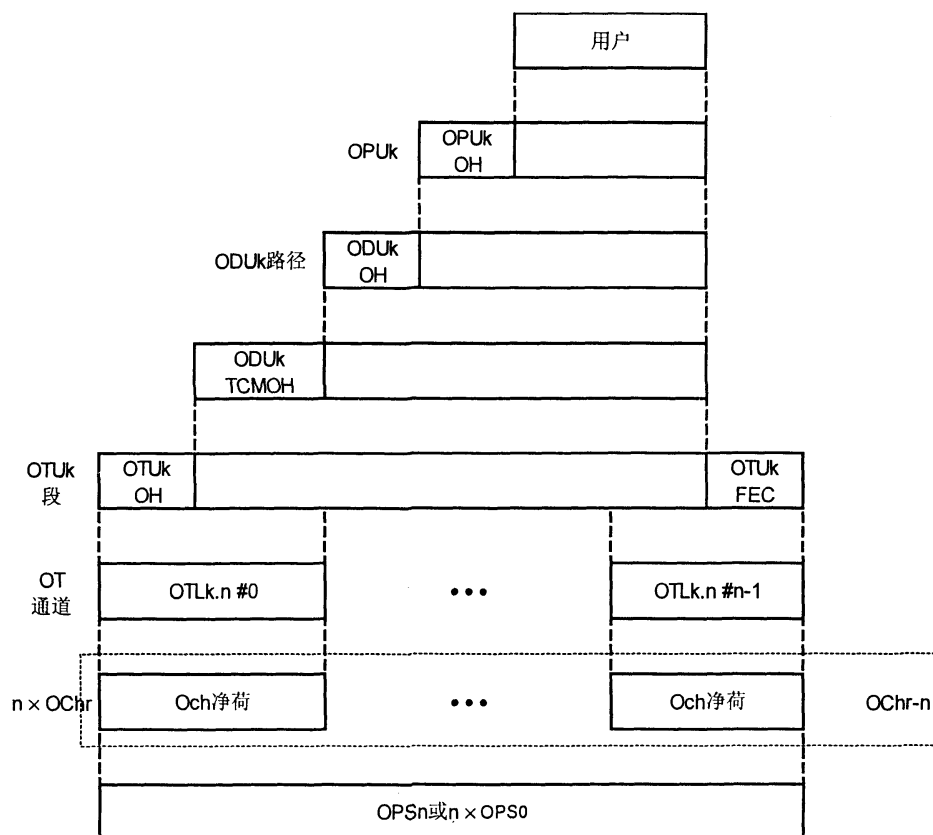


图12 OTM-0.mvn 基本信息包含关系

6.1.3 OTN接口信息结构

OTN 接口信息结构通过信息包含关系和流来表示。基本信息包含关系如图 13、图 14、图 15 所示，信息流如图 16 所示。出于监控目的，OTN 网络中的 OCh 信号终结时，OTUk/OTUkV 信号也要终结。

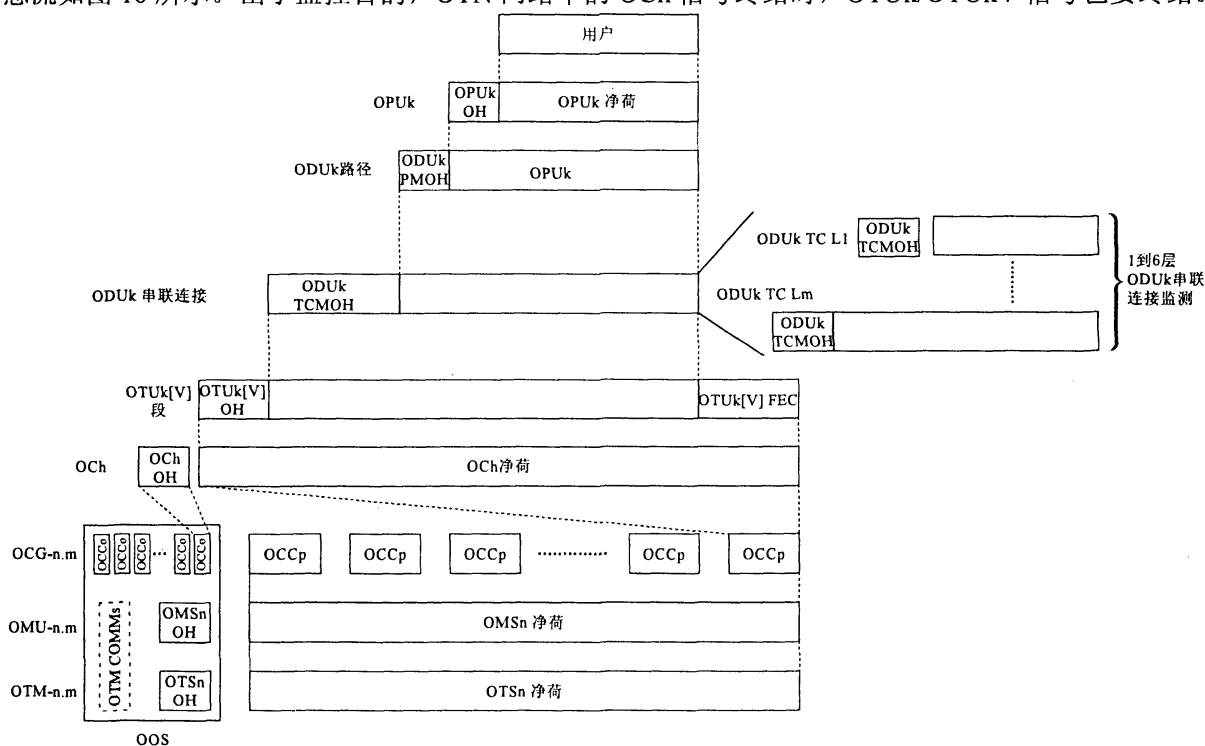


图13 OTM-n.m 基本信息包含关系

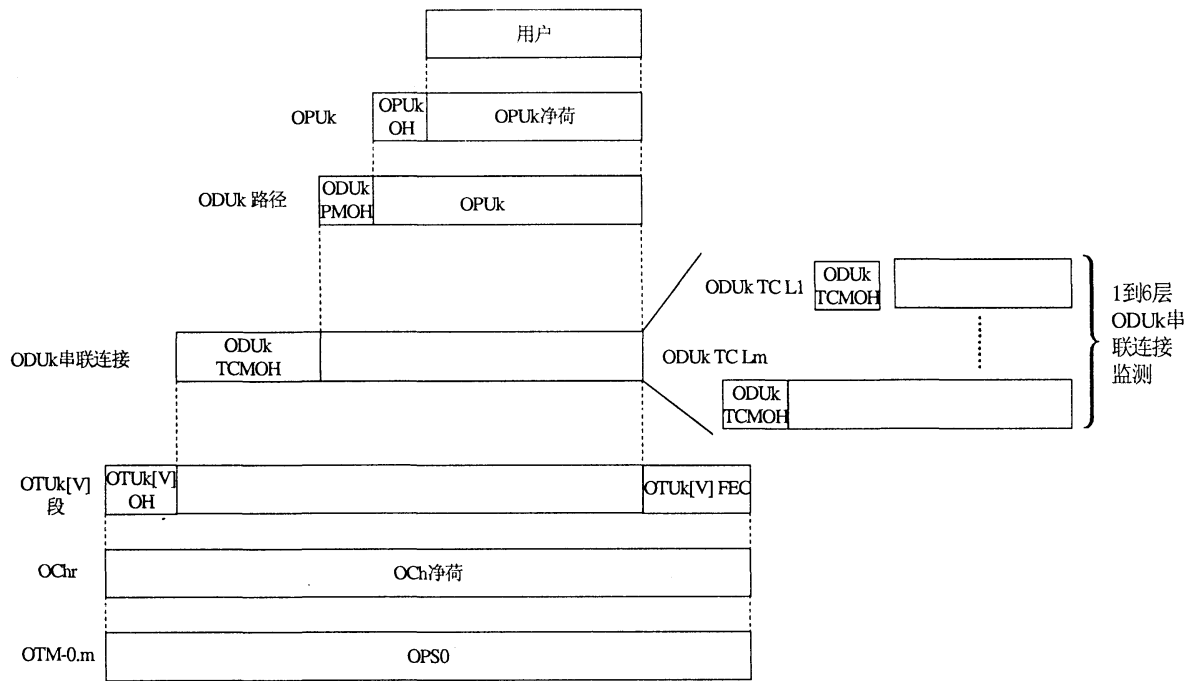


图14 OTM-0.m 基本信息包含关系

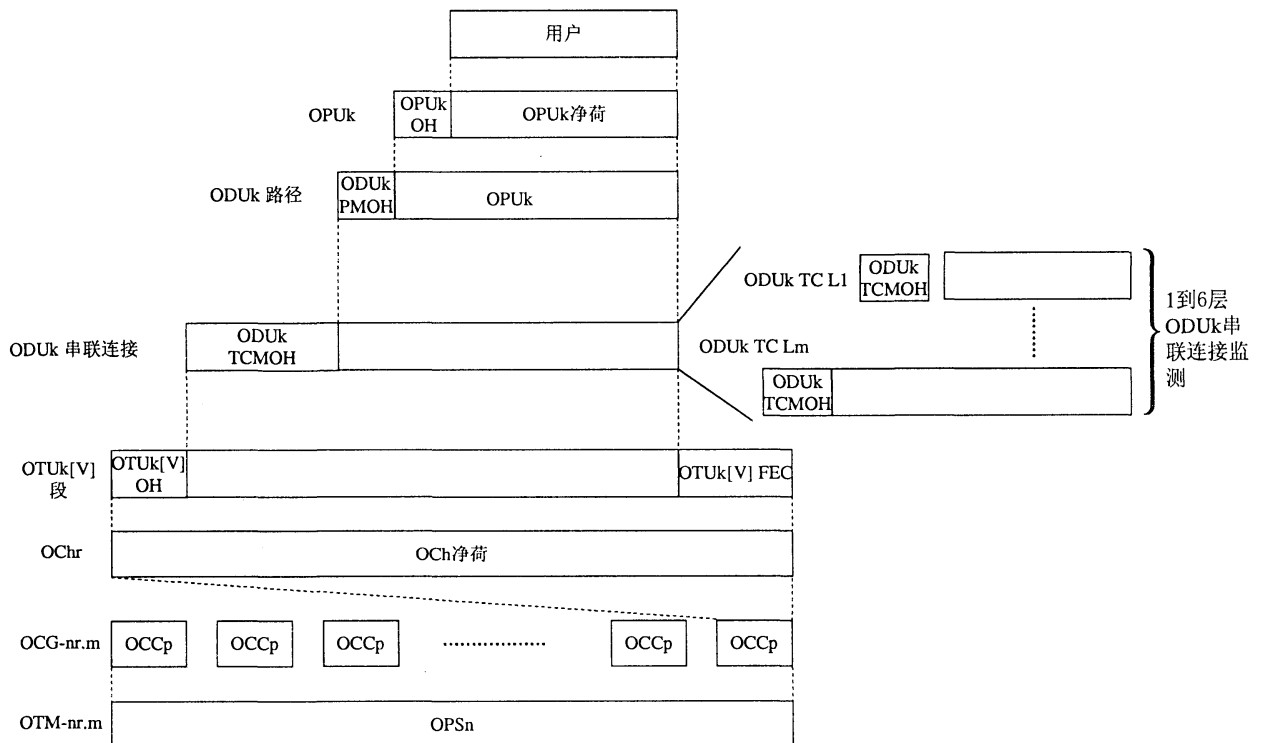
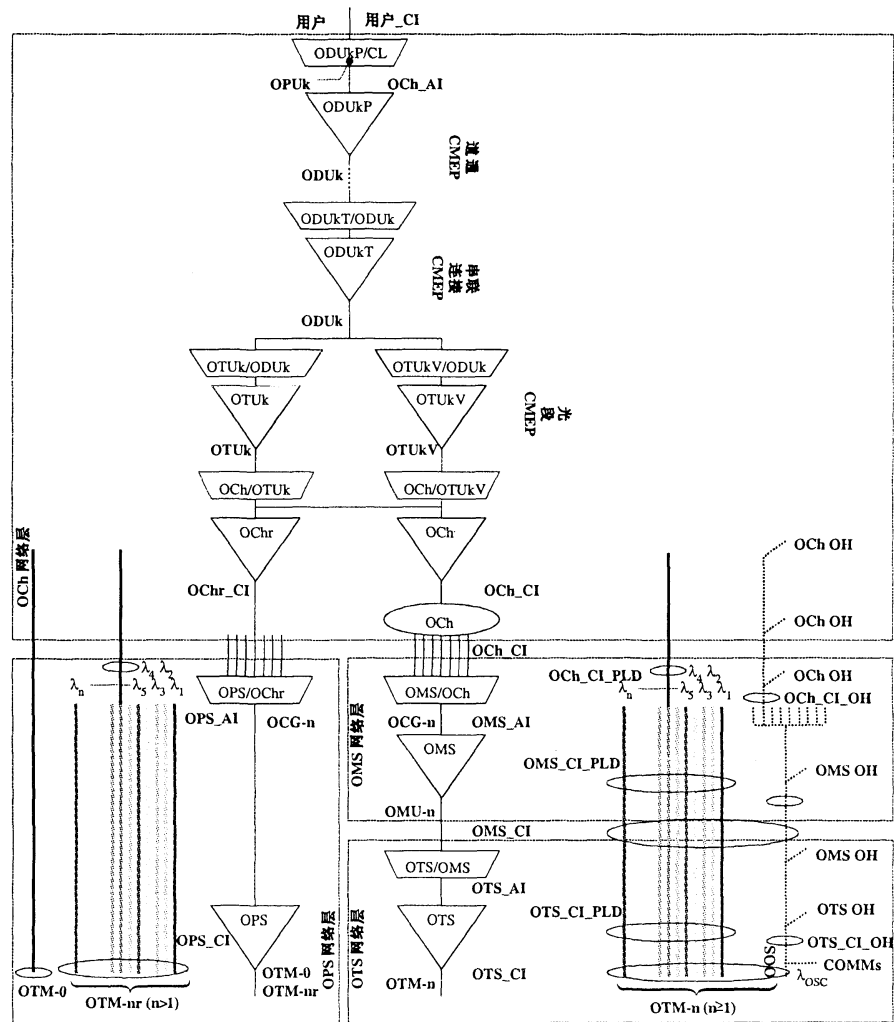


图15 OTM-nr.m 基本信息包含关系



注：图中的模块仅仅用于描述，λ 代表一个光波长。

图16 信息流量关系范例

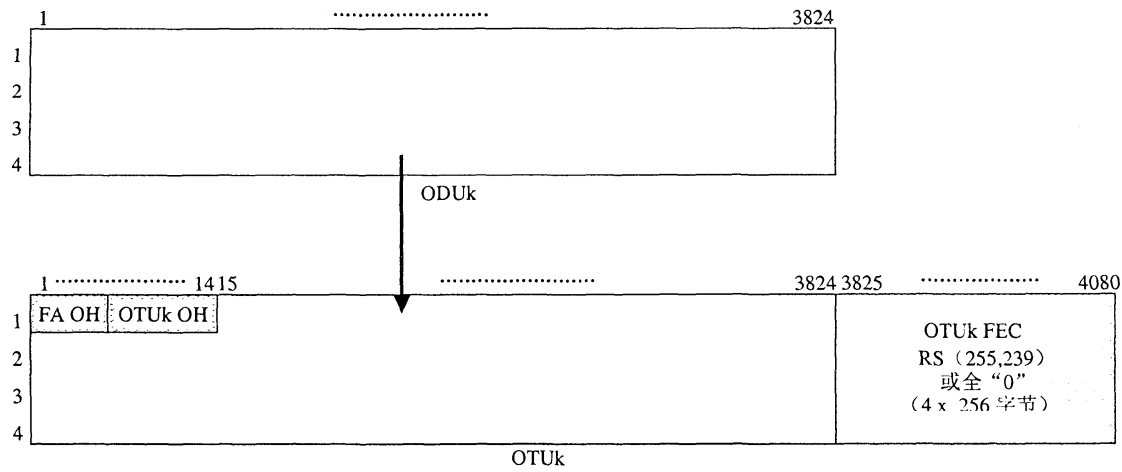


图17 OTUk 帧结构

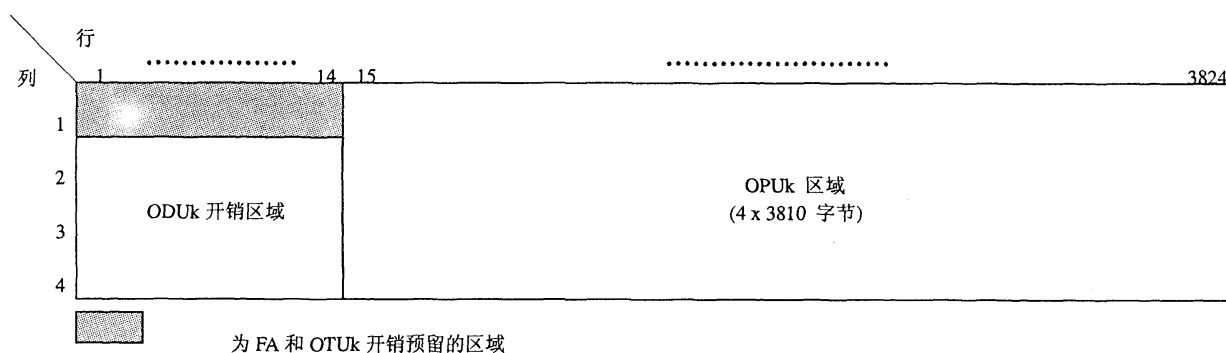


图18 ODUk 帧结构

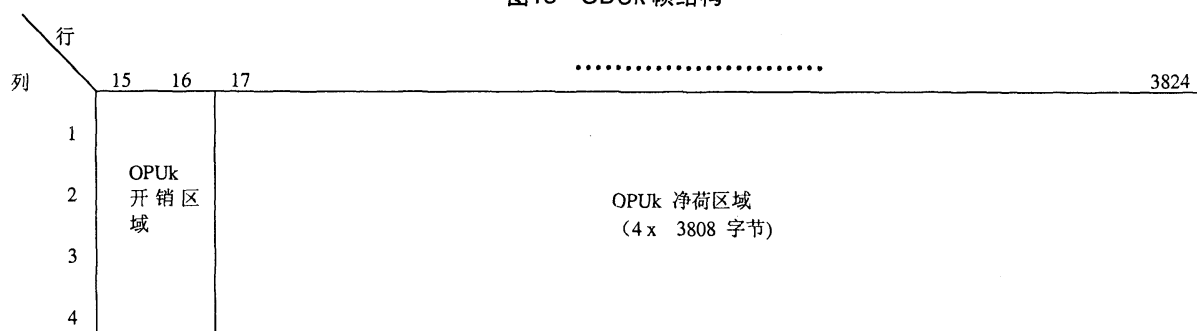


图19 OPUk 帧结构

6.2 光通路帧结构

6.2.1 OTUk帧结构

OTUk 采用固定长度的帧结构，且不随客户信号速率而变化，也不随 OTU1、OTU2、OTU3、OTU4 等级而变化。当客户信号速率较高时，相对缩短帧周期，加快帧频率，而每帧承载的数据信号没有增加。对于承载一帧 10Gbit/s SDH 信号，需要大约 11 个 OTU2 光通道帧，承载一帧 2.5Gbit/s SDH 信号则需要大约 3 个 OTU1 光通道帧。

OTUk 帧结构如图 17 所示，为 4 行 4080 列结构，主要由 3 部分组成：OTUk 开销、OTUk 净负荷、OTUk 前向纠错。图中第 1 行的第 1 列到第 14 列为 OTUk 开销，第 2~4 行中的第 1 列到第 14 列为 ODUk 开销，第 1 到第 4 行的 15 到 3824 列为 OTUk 净负荷，第 1 到第 4 行中的 3825 到 4080 列为 OTUk 前向纠错码。

OTUk ($k=1, 2, 3, 4$) 的帧结构与 ODUk 帧结构紧密相关，OTUk 帧结构基于 ODUk，另外还附加了 FEC 字段。它是以 8bit 字节为基本单元的块状帧结构，由 4 行 4080 列字节数据组成。OTUk 与 ODUk 相比，增加了 256 列 FEC 字节，另外第 1 行的 (1~8) 列的字节被 OTUk 用作 FAS 帧定位。

OTUk 信号包括 RS (255, 239) 编码，如果 FEC 不使用，填充全“0”码。当支持 FEC 功能与不支持 FEC 功能的设备互通时（在 FEC 区域全部填充“0”），FEC 功能的设备应具备关掉此功能的能力，即对 FEC 区域的字节不作处理。OTU4 必须支持 FEC，具体编码方式待研究。

注：目前未定义 OTUk ($k=0$ 或 $k=2e$) 帧结构。

6.2.2 ODUk 帧结构

ODUk ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 帧结构见图 18，为 4 行 3824 列结构，主要由两部分组成：ODUk 开销和 OPUk。第 1~14 列为 ODUk 的开销部分，但第 1 行的 1~14 列用来传送帧定位信号和 OTUk 开销。

第 2、3、4 行的 (1~14) 列用来传送 ODUk 开销。15~3824 列用来承载 OPUk。

6.2.3 OPUk 帧结构

OPUk ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 帧结构见图 19, 为 4 行 3810 列结构, 主要由两部分组成: OPUk 开销和 OPUk 净负荷。OPUk 的 15~16 列用来承载 OPUk 的开销, 17~3824 列用来承载 OPUk 净负荷。OPUk 的列编号来自于其在 ODUk 帧中的位置。

6.3 开销分类和描述

6.3.1 OTUk、ODUk 和 OPUk 开销

OTUk, ODUk 和 OPUk 的开销如图 20、图 21 所示。

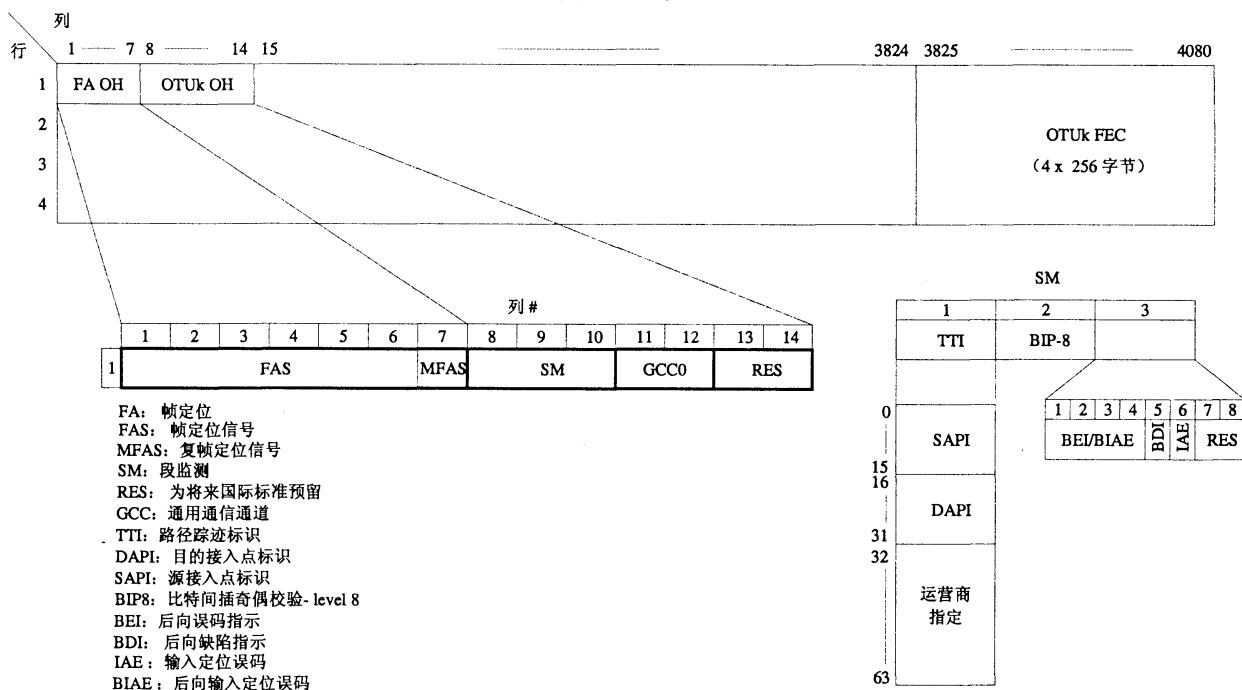


图20 OTUk 帧结构, 帧定位和 OTUk 开销

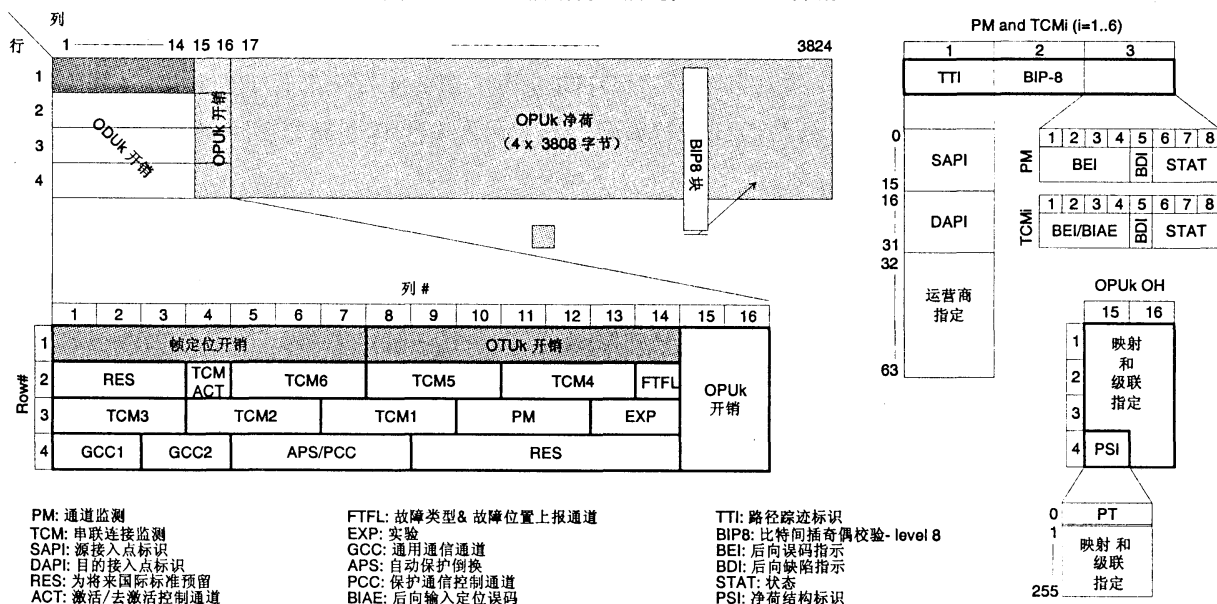


图21 ODUk 帧结构, ODUk 和 OPUk 开销

OPUk OH 信息添加到 OPUk 信息净荷来创建 OPUk，其包括支持客户信号适配的信息。当 OPUk 信号组合和拆分时，OPUk OH 会终结。

ODUk OH 信息添加到 ODUk 信息净荷以创建 ODUk，其包括支持光通路的维护和操作功能。ODUk OH 由负责端到端的 ODUk 通道的开销和 6 个级别的串联连接监控开销组成。在 ODUk 信号组合和拆分时，ODUk 通道 OH 终结。TCM OH 在相应的串行连接的源和宿处分别添加和终结。

OTUk OH 信息是 OTUk 信号结构的一部分，包括用于操作功能的信息，支持在一个或多个光通路连接上进行传送。OTUk OH 在 OTUk 信号信号组合和拆分时终结。

6.3.2 OTS、OMS和Och的开销

OTS、OMS 和 OCh 的开销如图 22 所示。

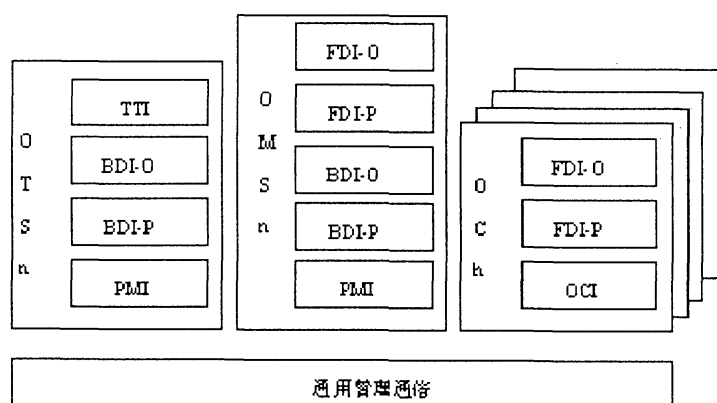


图22 OTSn, OMSn 和 OCh 开销作为 OOS 中的逻辑单元

OCh OH 信息添加到 OTUk 以创建 OCh。其包括支持故障管理的维护功能信息。当 OCh 信号组合和拆分时，OCh OH 被终结。

OMS OH 信息添加到 OCG 以创建 OMU，其包含支持光复用段的维护和操作功能的信息。OMS OH 在 OMU 信号组合和拆分时终结。

把 OTS OH 信息添加到信息净荷以创建 OTM。其包含支持光传输段的维护和操作功能的信息。OTM 组合和拆分时 OTS OH 被终结。

把 COMMS OH 信息添加到信息净荷以创建 OTM。其提供网元之间的综合管理通信。

6.3.3 开销描述

OTN 开销的具体功能描述见 YD/T1462-2006 第 15 章。

6.4 维护信号

6.4.1 概述

告警指示信号 (AIS) 在上游检测到故障的情况下向下游发送指示信号。AIS 信号由适配宿端功能产生。当路径宿端功能检测到 AIS 信号以后，会抑制此故障，并推断出在上游点出现了信号传输的中断。

前向缺陷指示 (FDI) 向下游发送，指示上游检测到的故障。FDI 信号由适配宿端功能产生。当路径宿端功能检测到 FDI 信号以后，会推断出在上游点出现了信号传输的中断。

开放连接指示 (OCI) 向下游发送，指示上游信号没有连接到路径源端。OCI 信号由连接功能产生，在每一个输出连接点由此连接功能输出，此连接输出点并没有连接到它的输入连接点。OCI 信号由路径宿端功能检测。

锁定 (LCK) 信号发送到下游，指示上游的连接“锁定”，没有信号通过。

净荷丢失指示 (PMI) 向下游发送, 指示在上游信号的源点, 支路时隙没有光信号输入, 或者输入光信号没有净荷。这表明支路信号的传输中断。PMI 信号由适配源端功能产生, 在路径宿端功能检测, 在此条件下会抑制 LOS 检测。

6.4.2 OTUk维护信号

OTUk-AIS 是一个通用 AIS 信号。由于 OTUk 容量 (130560 比特) 不是 PN-11 序列长度 (2047bit) 的整数倍, 因此 PN-11 序列可能穿越 OTUk 帧边界, 如图 23 所示。

注: OTUk-AIS是为了支持将来的服务层应用。OTN设备应能检测到此信号的存在, 但它不需要产生此信号。

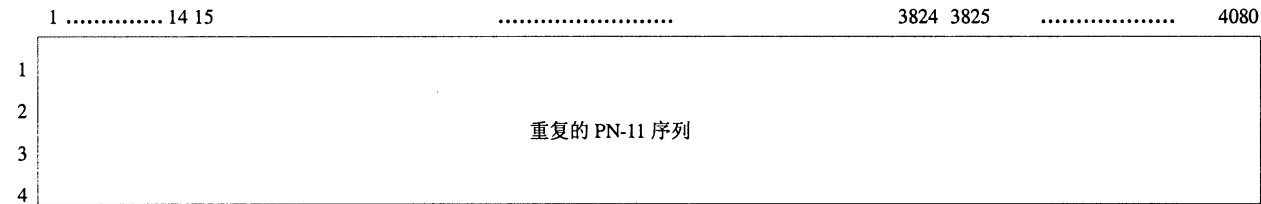


图23 OTUk-AIS

6.4.3 ODUk维护信号

6.4.3.1 ODUk 告警指示信号 (ODUk-AIS)

ODUk-AIS 在整个 ODUk 信号中全为 1, 不包括帧定位开销 (FA OH), OTUk 开销 (OTUk OH) 和 ODUk FTFL, 如图 24 所示。

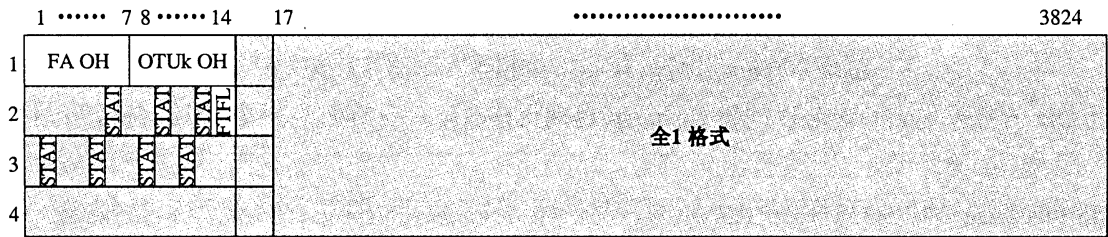


图24 ODUk-AIS

此外, ODUk-AIS 信号在 OTM 接口出现之前, 可用扩展到一层或多层的 ODUk 串联连接、GCC1、GCC2、EXP 或者 APS/PCC 开销。这依赖于 ODUk-AIS 插入点和 OTM 接口之间的功能。

ODUk-AIS 的检测通过监测在 PM 和 TCMi 开销区域中的 ODUk STAT 比特实现。

6.4.3.2 ODUk 开放连接指示

ODUk-OCI 在整个 ODUk 信号中采用重复的"0110 0110"模式, 不包括帧定位开销 (FA OH) 和 OTUk 开销 (OTUk OH), 如图 25 所示。

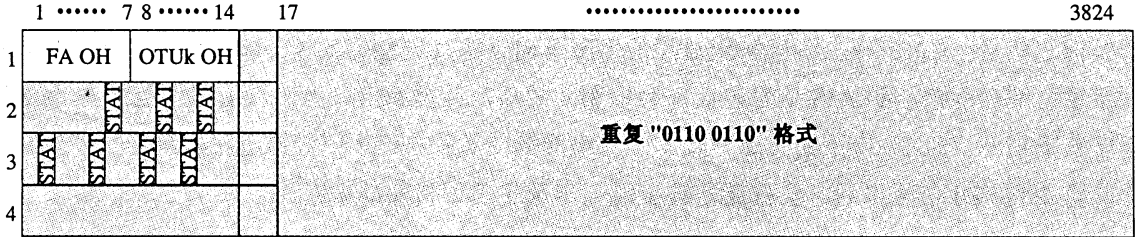


图25 ODUk-OCI

注: 重复的"0110 0110"模式是默认模式, 也允许其他模式的设置, 只要在 PM 和 TCMi 开销区域中的 STAT 比特设置成"110"。

此外, ODUk-OCI 信号在 OTM 接口出现之前, 可用扩展到一层或多层的 ODUk 串联连接、GCC1、GCC2、EXP 或者 APS/PCC 开销。这依赖于 ODUk-OCI 插入点和 OTM 接口之间的功能。

ODUk-OCI 存在的检测通过监测在 PM 和 TCMi 开销区域中的 ODUkSTAT 比特实现。

6.4.3.3 ODUk 锁定 (ODUk-LCK)

ODUk-LCK 在整个 ODUk 信号中采用重复的"0101 0101"模式, 不包括帧定位开销 (FA OH) 和 OTUk 开销 (OTUk OH), 如图 26 所示。

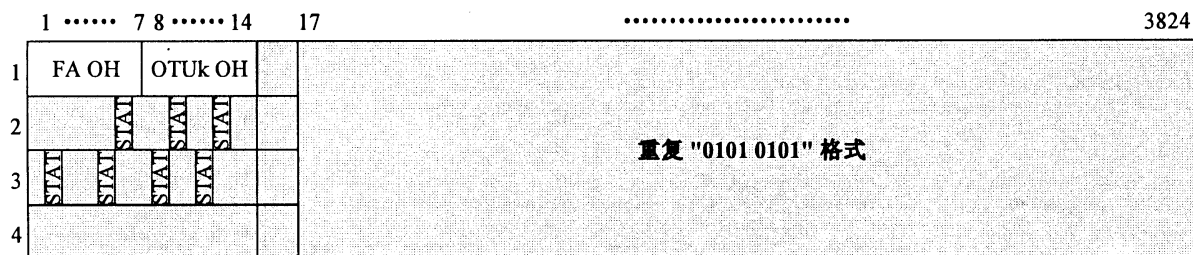


图26 ODUk-LCK

注: 重复的"0101 0101"模式是默认模式, 也允许其他模式的设置, 只要在 PM 和 TCMi 开销区域中的 STAT 比特设置成"101"。

此外, ODUk-LCK 信号在 OTM 接口出现之前, 可用扩展到一层或多层的 ODUk 串联连接、GCC1、GCC2、EXP 或者 APS/PCC 开销。这依赖于 ODUk-LCK 插入点和 OTM 接口之间的功能。

ODUk-LCK 存在的检测通过监测在 PM 和 TCMi 开销区域中的 ODUk STAT 比特实现。

6.4.4 客户维护信号

用于固定比特速率信号的通用 AIS 信号是一个 2047bit 的多项式编号 11 (PN-11) 重复序列。PN-11 序列产生多项式 $1+x^9+x^{11}$, 如图 27 所示。

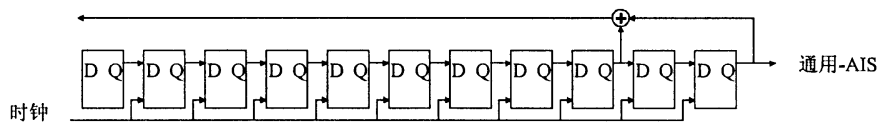


图27 通用 AIS 产生电路

7 复用结构

7.1 复用和映射结构

7.1.1 概述

图 28 和图 29 给出了不同信息结构元素之间的关系, 并描述了 OTM-n 的复用结构和映射 (包括波分复用和时分复用)。

图 28 描述了用户信号映射到低阶 OPU, 标识为“OPU (L)”；OPU (L) 信号映射到相关的低阶 ODU, 标识为“ODU (L)”；ODU (L) 信号映射到相关的 OTU[V]信号或者 ODTU 信号。ODTU 信号复用到 ODTU 组 (ODTUG)。ODTUG 信号映射到高阶 OPU, 标识为“OPU (H)” 。OPU (H) 信号映射到相关的高阶 ODU, 标识为“ODU (H)” 。ODU (H) 信号映射到相关的 OTU[V]。

注: OPU (L) 和 OPU (H) 具有相同的信息结构, 但承载不同的用户信号。ODU (L) 和 ODU (H) 具有相同的信息结构, 但承载不同的用户信号。

图 28 同时描述了“外部 ODU (H)” 。外部 ODU (H) 信号是在本管理域中传送、在另一个管理域中终结的 ODU (H) 信号。这种外部 ODU (H) 映射到 ODTU 信号, 承载 ODU (H) 的 ODTU 信号可能和承载 ODU (L) 的 ODTU 信号一起复用到 ODTUG 中。这种复用方式满足 G.872 关于在一个管理域

中建议只支持单级 ODU 复用的规定。

通过映射和复用技术将 OTS, OMS, Och 和 COMMS 开销插入到 OOS 不在本标准范围之内。

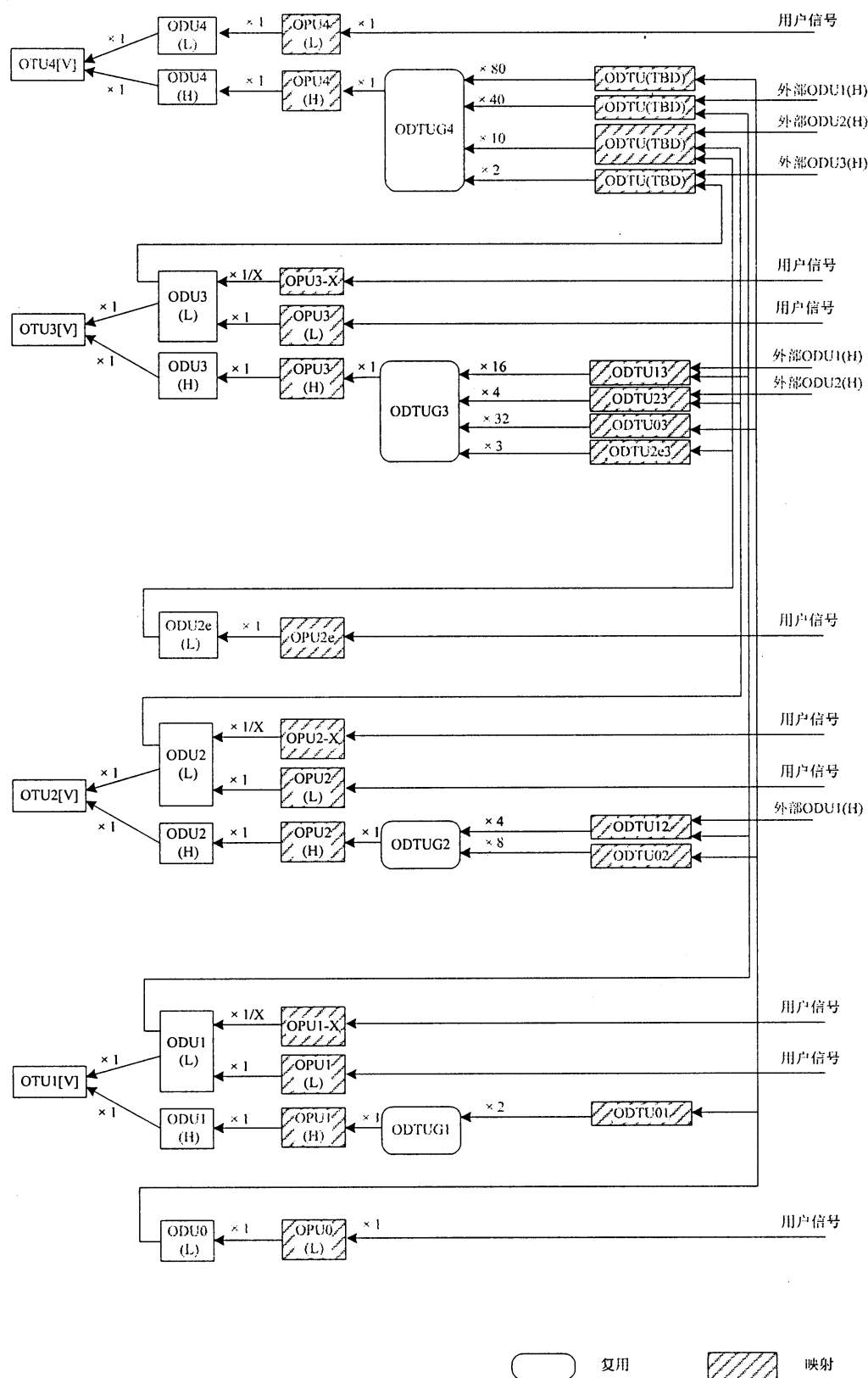


图28 一个管理域中的 OTM 复用和映射结构

图 29 描述了 OTU[V]信号映射到光通路信号（标识为 OCh 和 OChr）或者 OTLk.n。OCh/OChr 信号映射到光通路载波，标识为“OCC 和 OCCr”。OCC/OCCr 信号复用到光载波群，标识为 OCG-n.m 或 OCG-nr.m。OCG-n.m 信号映射到 OMSn。OMSn 信号映射到 OTSn。OTSn 信号出现在 OTM-n.m 接口。OCG-nr.m 信号映射到 OPSn。OPSn 信号出现在 OTM-nr.m 接口。单个 OCCr 信号映射到 OPS0。OPS0 信号出现在 OTM-0.m 接口。一组 n 路 OPS0 信号出现在 OTM-0.mvn 接口。

ODU (L) 复用到 ODU (H) 和 OCh/OChr 复用到 OMSn/OPSn 在管理域中提供了两级复用的能力。

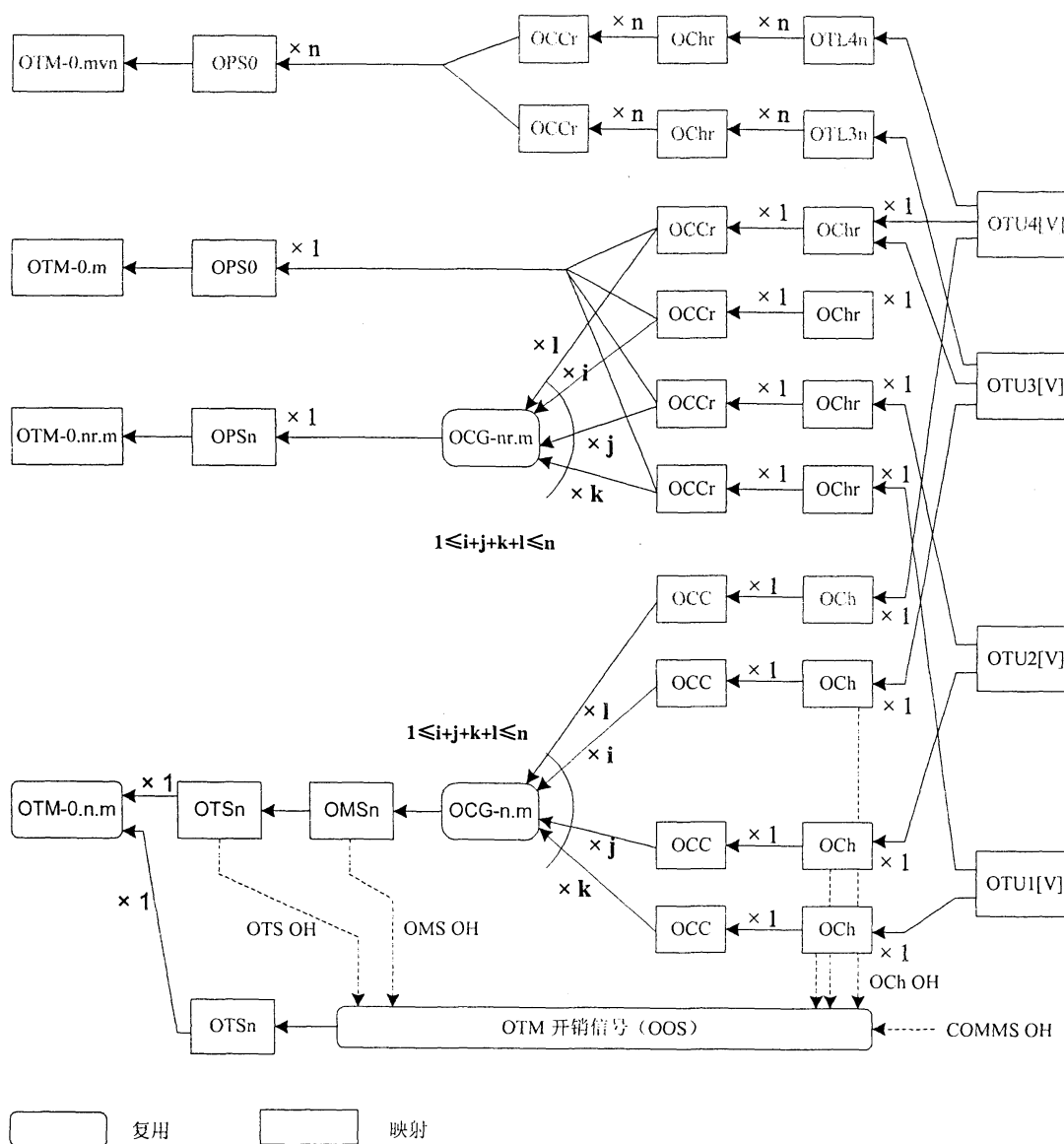


图 29 OTM 复用和映射结构

7.1.2 映射

用户信号或光通路数据单元支路单元群 (ODTUGk) 被映射到 OPUk, OPUk 被映射到 ODUk, ODUk 映射到 OTUk[V], OTUk[V] 映射到 OCh[r], 最后 OCh[r] 被调制到 OCC[r]。

7.1.3 波分复用

通过波分复用将最多 n ($n \geq 1$) 个 OCC[r] 复用到一个 OCG-n[r].m, OCG-n[r].m 的 OCG-[r] 支路时隙可以是各种大小。

通过 OTM-n[r].m 传送 OCG-n[r].m, 在全功能 OTM-n.m 接口上, 通过波分复用 OSC 复用到 OTM-n.m。

7.1.4 ODUk时分复用

图 30、图 31 表示各种时分复用单元之间的关系, 以及可能的复用结构。最多 4 个 ODU1 信号时分复用到 1 个 ODTUG2, ODTUG2 映射到 OPU2。通过时分复用的方式, j ($j \leq 4$) ODU2 和 $16-4j$ ODU1 的混合信号可以复用到 ODTUG3, ODTUG3 映射到 OPU3。

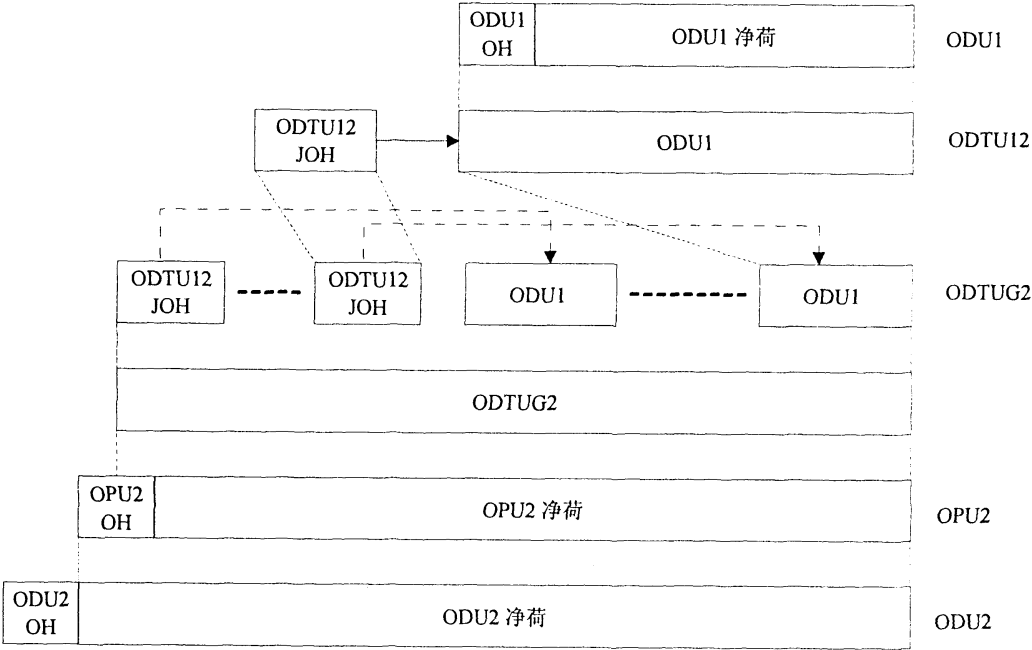


图30 ODU1 复用到 ODU2

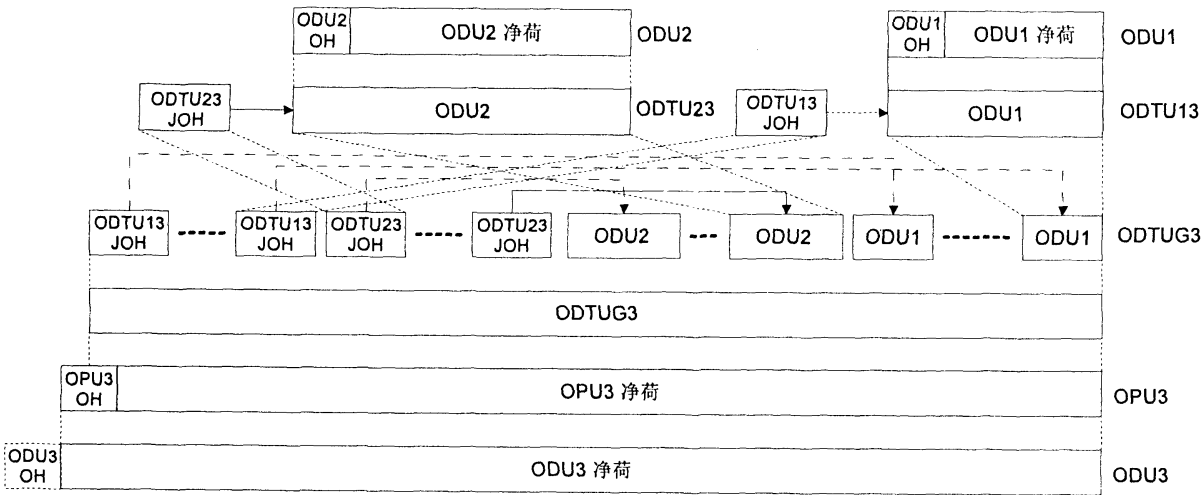


图31 ODU1 和 ODU2 复用到 ODU3

图 30 表示将 4 个 ODU1 信号复用到 OPU2 信号。1 个 ODU1 信号使用帧定位开销进行扩展, 并且通过判决开销(JOH)异步映射光通路数据支路单元 1 到 2(ODTU12)。在信号映射到 OPU2 后, 4 个 ODTU12 信号时分复用到光通路数据单元支路单元群 2 (ODTUG2)。

图 31 表示了将最多 16 个 ODU1 信号和/或最多 4 个 ODU2 信号复用到 OPU3 信号中。ODU1 信号使用帧定位开销进行扩展, 并且通过判决开销 (JOH) 异步映射光通路数据支路单元 1 到 3 (ODTU13)。ODU2 信号使用帧定位开销进行扩展, 并且通过判决开销 (JOH) 异步映射光通路数据支路单元 2 到 3

(ODTU23)。在信号映射到 OPU3 后，“x” ODTU23 ($0 \leq x \leq 4$) 和“16-4x” ODTU13 信号时分复用到光通路数据单元支路单元群 3 (ODTUG3)。

7.2 比特速率和容量

OTUk 信号的比特速率和容量见表 1；

表1 OTU 类型和容量

OTU 类型	OTU 标称比特速率	OTU 比特速率容差
OTU1	$255/238 \times 2\,488\,320 \text{ kbit/s}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$
OTU2	$255/237 \times 9\,953\,280 \text{ kbit/s}$	
OTU3	$255/236 \times 39\,813\,120 \text{ kbit/s}$	
OTU4	$255/227 \times 99\,532\,800 \text{ kbit/s}$	
注1：标称OTUk速率近似为：2 666 057.143 kbit/s（OTU1）、10 709 225.316 kbit/s（OTU2）、43 018 413.559 kbit/s（OTU3）和111 809 973.568 kbit/s（OTU4）。		
注2：本标准没有定义OTU0和OTU2e。ODU0能够在ODU1、ODU2、ODU3或ODU4上传送，ODU2e能够在ODU3和ODU4上传送		

ODUk 信号的比特速率和容量见表 2；

表2 ODU 类型和容量

ODU 类型	ODU 标称比特速率	ODU 比特速率容差
ODU0	1 244 160 kbit/s	$\pm 20 \times 10^{-6}$
ODU1	$239/238 \times 2\,488\,320 \text{ kbit/s}$	
ODU2	$239/237 \times 9\,953\,280 \text{ kbit/s}$	
ODU3	$239/236 \times 39\,813\,120 \text{ kbit/s}$	
ODU4	$239/227 \times 99\,532\,800 \text{ kbit/s}$	
ODU2e	$239/237 \times 10\,312\,500 \text{ kbit/s}$	$\pm 100 \times 10^{-6}$
注：标称ODUk速率近似为：2 498 775.126 kbit/s (ODU1)、10 037 273.924 kbit/s (ODU2)、40 319 218.983 kbit/s (ODU3)、104 794 445.815 kbit/s (ODU4) 和10 399 525.316 kbit/s (ODU2e)		

OPUk 的比特速率和容量，OPUk-Xv 净荷见表 3；

表3 OPU 类型和容量

OPU 类型	OPU 净荷标称比特速率	OPU 净荷比特速率容差
OPU0	$238/239 \times 1\,244\,160\text{ kbit/s}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$
OPU1	$2\,488\,320\text{ kbit/s}$	
OPU2	$238/237 \times 9\,953\,280\text{ kbit/s}$	
OPU3	$238/236 \times 39\,813\,120\text{ kbit/s}$	
OPU4	$238/227 \times 99\,532\,800\text{ kbit/s}$	
OPU2e	$238/237 \times 10\,312\,500\text{ kbit/s}$	$\pm 100 \times 10^{-6}$
OPU1-Xv	$X \times 2\,488\,320\text{ kbit/s}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$
OPU2-Xv	$X \times 238/237 \times 9\,953\,280\text{ kbit/s}$	
OPU3-Xv	$X \times 238/236 \times 39\,813\,120\text{ kbit/s}$	
注：标称OPUk净荷速率近似为：1 238 954.310 kbit/s（OPU0净荷）、2 488 320.000 kbit/s（OPU1净荷）、9 995 276.962 kbit/s（OPU2 净荷）、40 150 519.322 kbit/s（OPU3净荷）、104 355 975.330（OPU4净荷）和10 356 012.658 kbit/s（OPU2e净荷）。 标称OPUk-Xv净荷速率近似为：X×2 488 320.000 kbit/s（OPU1-Xv净荷）、X×9 995 276.962 kbit/s（OPU2-Xv净荷）和X×40 150 519.322 kbit/s（OPU3-Xv净荷）		

OTUk/ODUk/OPUk/OPUk-Xv 帧结构周期见表 4;

表4 OTUk/ODUk/OPUk 帧周期

OTU/ODU/OPU 类型	周期
ODU0/OPU0	98.354 μ s
OTU1/ODU1/OPU1/OPU1-Xv	48.971 μ s
OTU2/ODU2/OPU2/OPU2-Xv	12.191 μ s
OTU3/ODU3/OPU3/OPU3-Xv	3.035 μ s
OTU4/ODU4/OPU4	1.168 μ s
ODU2e/OPU2e	11.767 μ s
注: 周期为近似值, 取小数点后三位	

OTL 类型和容量见表 5。

表5 OTL 类型和容量

OTL 类型	OTL 净荷标称比特速率	OTL 净荷比特速率容差
OTL3.4	255/236 × 9 953 280 kbit/s	±20×10 ⁻⁶
OTL4.4	255/227 × 24 883 200 kbit/s	
OTL4.10	255/227 × 9 953 280 kbit/s	
注1: 标称OTL净荷速率近似为: 10 754 603.390 kbit/s (OTL3.4)、27 952 493.392 kbit/s (OTL4.4) 和11 180 997.357 kbit/s (OTL4.10)。		
注2: IEEE 802.3正在定义10通道的100GBASE-R接口, ITU-T并没有相应的物理层规格, 除非这种接口能够成为 OTM-0.4v4的连接光模块的电接口		

7.3 光传送模块 (OTM-n.m, OTM-nr.m, OTM-0.m, OTM-0.mvn)

7.3.1 简化功能的OTM (OTM-0.m, OTM-0.mvn)

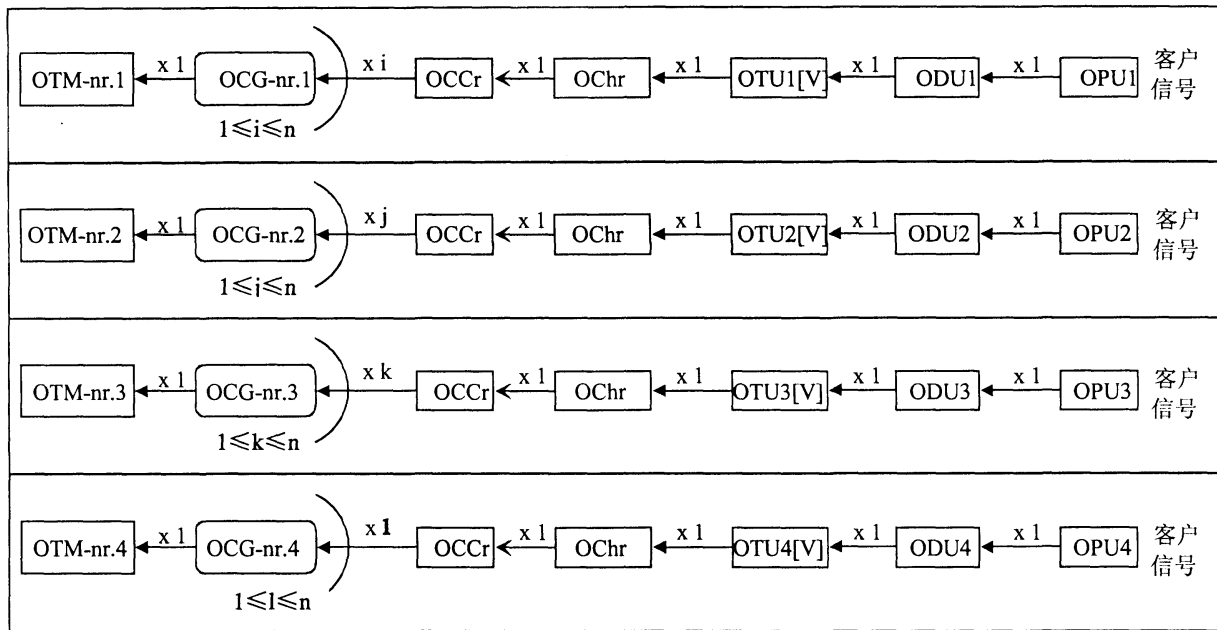
本标准目前为 IrDI 定义了 OTM-nr.m、OTM-0.m 和 OTM-0.mvn 简化功能的 OTM 接口, 其他简化功能的 OTM 待研究。

OTM-nr.m 接口定义有 9 种 OTM-nr 接口信号:

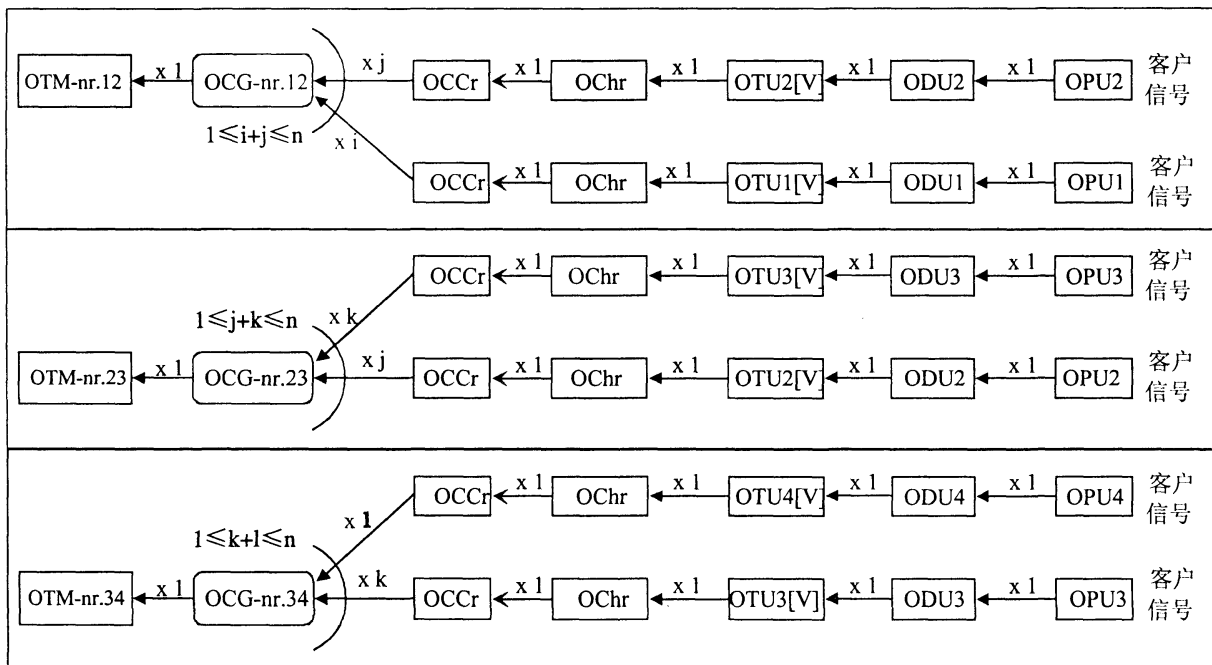
- a) OTM-nr.1 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V]信号);
- b) OTM-nr.2 (承载 j ($j \leq n$) OTU2[V]信号);
- c) OTM-nr.3 (承载 k ($k \leq n$) OTU3[V]信号);
- d) OTM-nr.4 (承载 l ($l \leq n$) OTU4[V]信号);
- e) OTM-nr.1234 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V], j ($j \leq n$) OTU2[V], k ($k \leq n$) OTU3[V]和 l ($l \leq n$) OTU4[V]信号, 其中 $i+j+k+l \leq n$);
- f) OTM-nr.123 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V], j ($j \leq n$) OTU2[V]和 k ($k \leq n$) OTU3[V]信号, 其中 $i+j+k \leq n$);
- g) OTM-nr.12 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V]和 j ($j \leq n$) OTU2[V]信号, 其中 $i+j \leq n$);
- h) OTM-nr.23 (承载 j ($j \leq n$) OTU2[V]和 k ($k \leq n$) OTU3[V]信号, 其中 $j+k \leq n$);
- i) OTM-nr.34 (承载 k ($k \leq n$) OTU3[V]和 l ($l \leq n$) OTU4[V]信号, 其中 $k+l \leq n$)。

统称为 OTM-nr.m, 如图 32 所示。

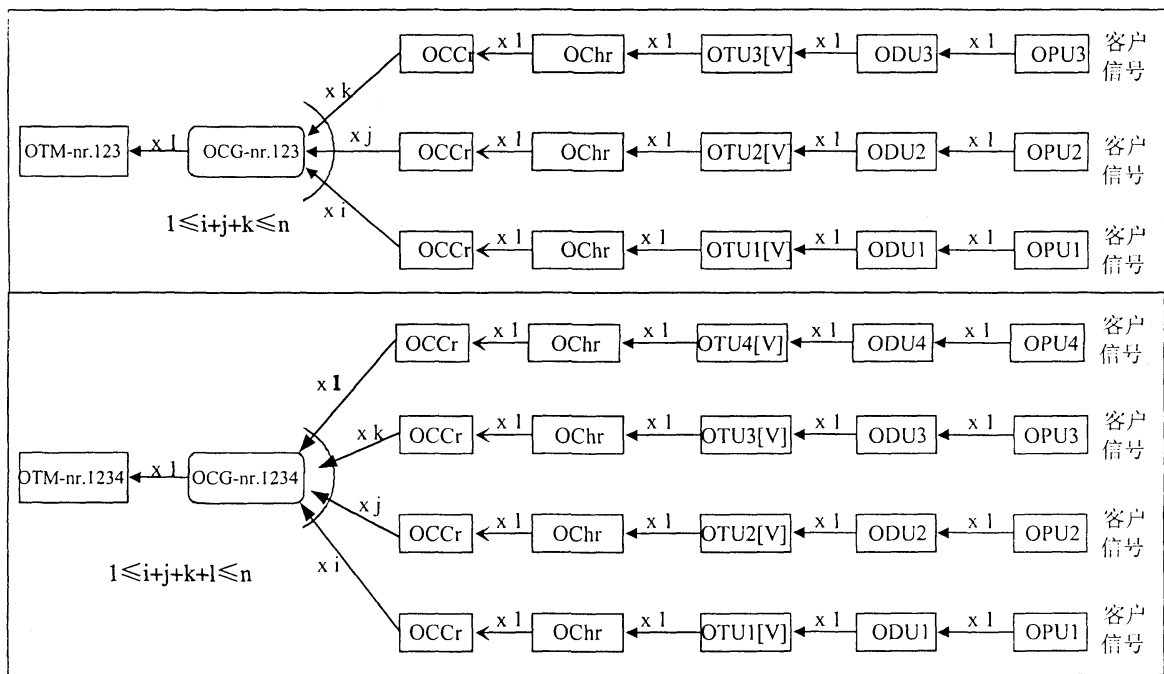
OTM-nr.m 接口信号包含 n 个 OCC, 其中有 m 个低速率信号, 也可能会是少于 m 个的高速率 OCC。



(a) OTM-nr.m 接口承载相同的多通路信号



(b) OTM-nr.m 接口承载两种不同的多通路信号



(c) OTM-nr.m 接口承载两种以上不同的多通路信号

复用 映射

图32 OTM-nr.m 结构

在每一个端点都具有 3R 再生和终结功能的单跨段的光通路上，OTM-0.m 支持单波长光通路。定义了 4 种 OTM-0.m 接口信号，如图 33 所示，每种承载一个包含 OTUk[V]信号的单波长光通路：

- a) OTM-0.1 (承载 OTU1[V]);
- b) OTM-0.2 (承载 OTU2[V]);
- c) OTM-0.3 (承载 OTU3[V]);
- d) OTM-0.4 (承载 OTU4[V])。

统称为 OTM-0.m。

图 33 显示了不同信息结构之间的关系，以及 OTM-0.m 的映射方式。

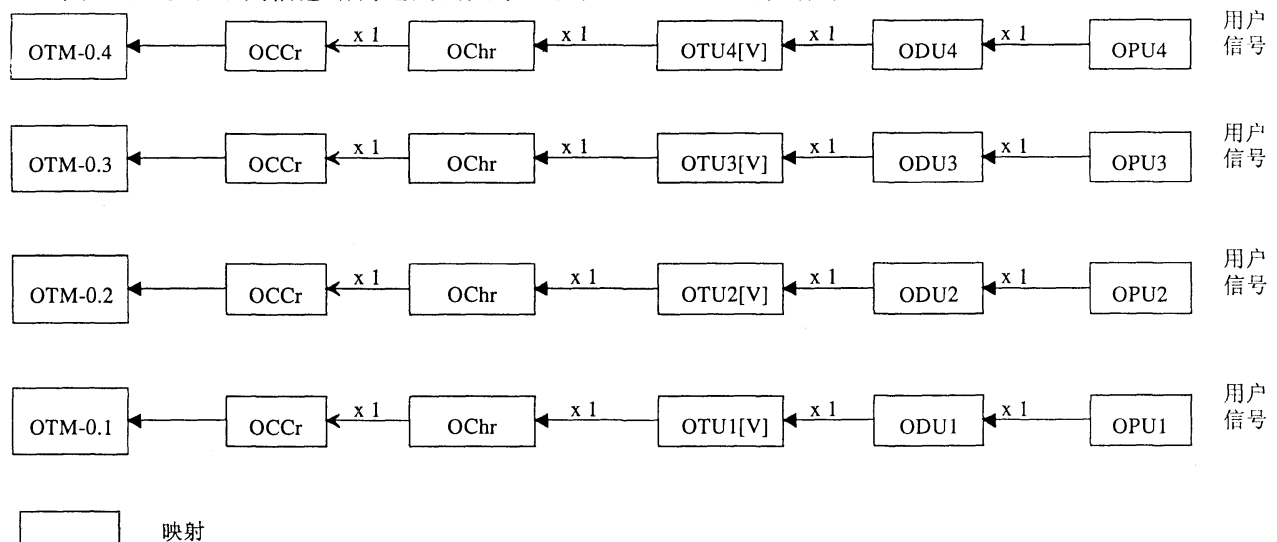


图33 OTM-0.m 结构

OTM-0.m 信号结构中不需要 OSC 和 OOS。

在每一个端点都具有 3R 再生和终结功能的单跨段的光通路上，OTM-0.mvn 支持一个多通道光信号。目前定义了 2 种 OTM-0.mvn 接口信号，如图 34 所示，每种承载包含一个 OTU_k[V] 信号分发到 4 个光通道上的四路光信号：

a) OTM-0.3v4 (承载 OTU3)；

b) OTM-0.4v4 (承载 OTU4)。

统称为 OTM-0.mvn。

图 34 显示了 OTM-0.3v4 和 OTM-0.4v4 的不同信息结构之间的关系。

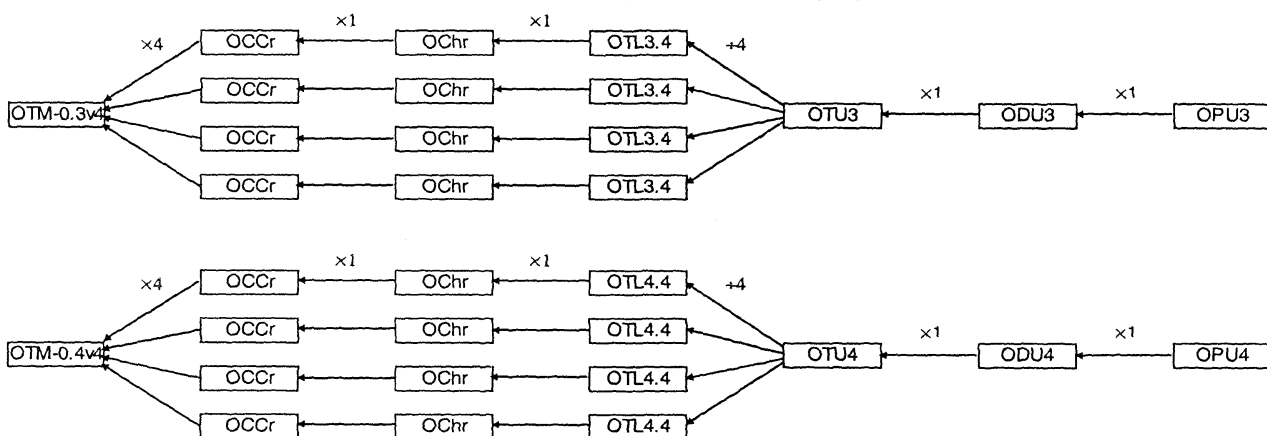


图34 OTM-0.4v3 和 OTM-0.4v4 结构

OTM-0.mvn 信号结构中不需要 OSC 和 OOS。

7.3.2 全功能OTM (OTM-n.m)

OTM-n.m 接口支持单个或多个光区段内的 n 个光通路，接口不要求 3R 再生。

定义有 9 种 OTM-n 接口信号：

a) OTM-n.1 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V] 信号)；

b) OTM-n.2 (承载 j ($j \leq n$) OTU2[V] 信号)；

c) OTM-n.3 (承载 k ($k \leq n$) OTU3[V] 信号)；

d) OTM-n.4 (承载 l ($l \leq n$) OTU4[V] 信号)；

e) OTM-n.1234 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V], j ($j \leq n$) OTU2[V], k ($k \leq n$) OTU3[V] 和 l ($l \leq n$) OTU4[V] 信号，其中 $i+j+k+l \leq n$)；

f) OTM-n.123 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V], j ($j \leq n$) OTU2[V] 和 k ($k \leq n$) OTU3[V] 信号，其中 $i+j+k \leq n$)；

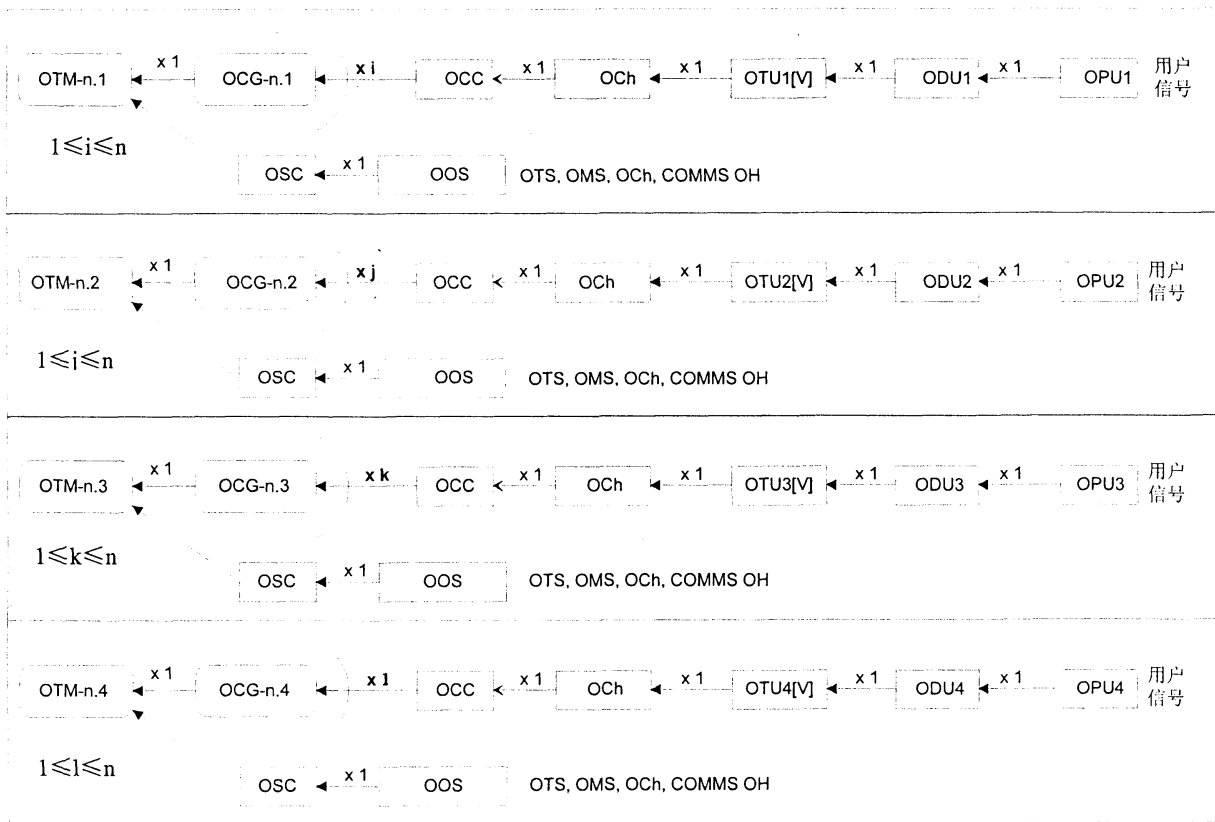
g) OTM-n.12 (承载 i ($i \leq n$) OTU1[V] 和 j ($j \leq n$) OTU2[V] 信号，其中 $i+j \leq n$)；

h) OTM-n.23 (承载 j ($j \leq n$) OTU2[V] 和 k ($k \leq n$) OTU3[V] 信号，其中 $j+k \leq n$)；

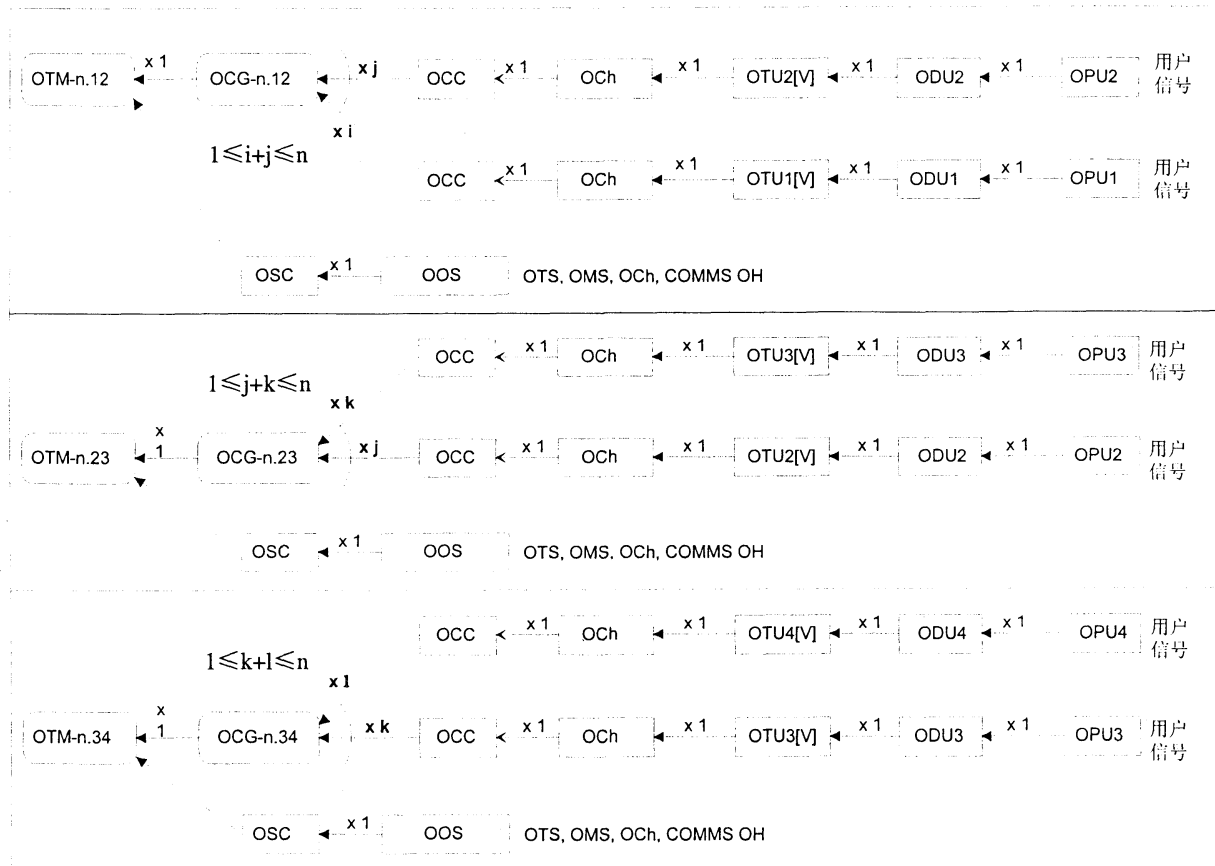
i) OTM-n.34 (承载 k ($k \leq n$) OTU3[V] 和 l ($l \leq n$) OTU4[V] 信号，其中 $k+l \leq n$)。

统称为 OTM-n.m，如图 35 所示。

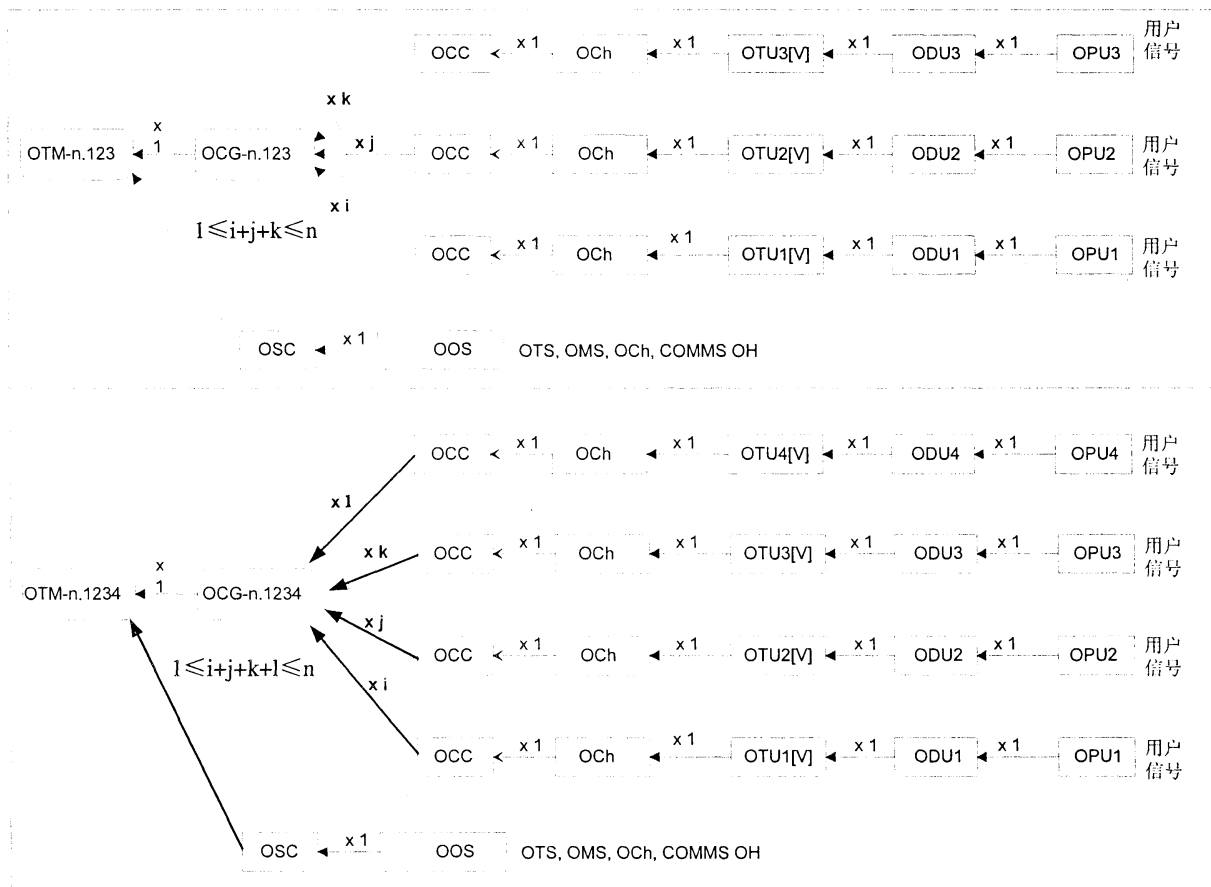
OTM-n.m 接口信号包含 n 个 OCC，其中有 m 个低速率信号和 1 个 OSC。也可能是少于 m 个的高速率 OCC。



(a) OTM-n.m 接口承载相同的多通路信号



(b) OTM-n.m 接口承载两种不同的多通路信号



(c) OTM-n.m接口承载两种以上的多通路信号

复用
 映射

图35 OTM-n.m 复用结构

7.4 OPU_k虚级联

7.4.1 概述

OTN 中级联的实现是通过 OPU_k 信号的虚级联实现的。目前只定义了 OPU_k ($k=1, 2, 3$) 的虚级联, OPU₀ 和 OPU₄ 的虚级联功能待研究。

7.4.2 OPU_k虚级联的帧结构

OPU_k-X_v ($k=1\sim 3, X=1\sim 256$) 的帧结构如图 36 所示。它是由基于字节的块状帧结构组成, 一共 4 行、3810 列。OPU_k-X_v 帧中有两个主要的区域: OPU_k-X_v 开销区域和 OPU_k-X_v 净荷区域。列 $14X+1$ 到 $16X$ 作为 OPU_k-X_v 的开销区域; 列 $16X+1$ 到 $3824X$ 作为 OPU_k-X_v 的净荷区域。

OPU_k-X_v 提供一个连续的净荷区域, 包括 X 个 OPU_k 净荷区域 (OPU_k-X-PLD), 其净荷容量为 $X \times 238 / (239 - k) \times 4^{(k-1)} \times 2\,488\,320 \text{ kbit/s} \times (1 \pm 20 \times 10^{-6}) \times (X \times 238 / (239 - k) \times 4^{(k-1)} \times 2\,488\,320 \text{ kbit/s} \times (1 \pm 20 \times 10^{-6}))$, 如图 36 所示。OPU_k-X-PLD 映射进 X 个单独的 OPU_ks, 组成 OPU_k-X_v。

每个 OPU_k-X_v 中的 OPU_k 在一个 ODU_k 中传输, X 个 ODU_k 组成 ODU_k-X_v。

每个 ODU_k-X_v 中的 ODU_k 单独在网络中传输, 由于每个 ODU_k 不同传输时延, 导致到达终点每个 ODU_k 的时间不同, 因此 OPU_k 也不同。这种时延应进行补偿, 个别 OPU_ks 应重新定位校准, 这样才能进入连续的净荷域。

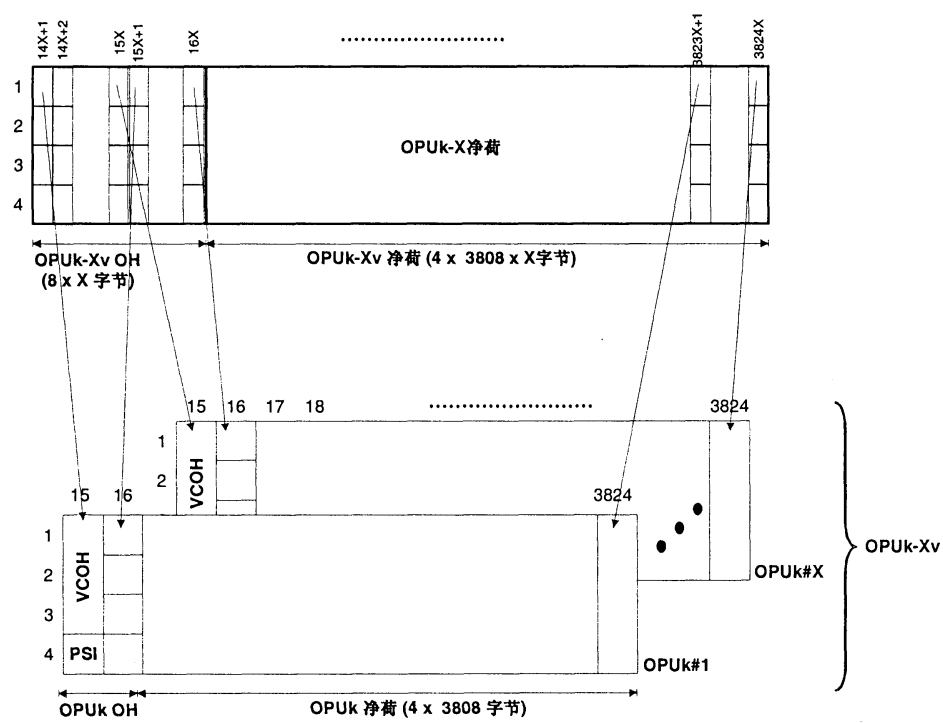


图36 OPUk-Xv 结构

7.4.3 OPUk-Xv开销描述

OPUk-Xv 的开销包括： X 个净荷结构标识符 (PSI)，PSI 中包括净荷类型 (PT)。 X 个虚级联开销 (VCOH)，用于虚级联特定序列和复帧指示。与客户信号映射进 OPUk 净荷相关的开销 (如调整控制和插入 opportunity 比特)，如图 37 所示。 OPUk-Xv 中每一个 OPUk 的 PSI 和 VCOH 开销都不同，而映射特定开销同级联信号相关。

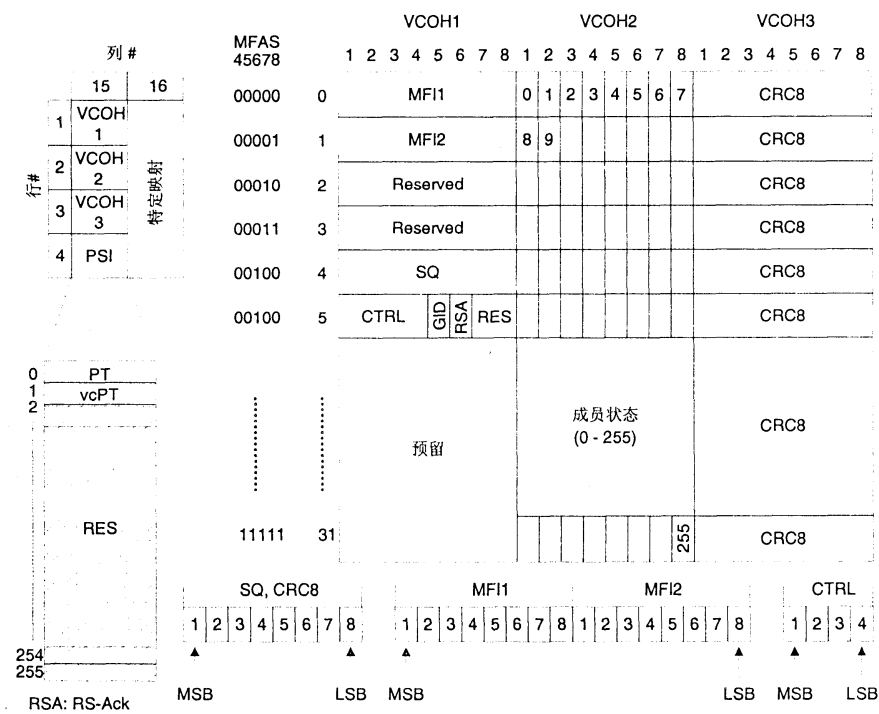


图37 OPUk-Xv 虚级联开销

OPUk-Xv 的 VCOH 中为每一个 OPUk 携带了 3 个字节的 VCOH。每一个 OPUk 中的 VCOH 字节定义如下：

OPUk-Xv 开销定义和客户信号映射方式见 YD/T1462-2006 第 18 章。

8 网络性能要求

8.1 假设参考光通道

参考模型使用操作域的观点，而非国内和国际部分。定义的域类型有 3 种，本地运营商域（LOD）、区域运营商域（ROD）和骨干运营商域（BOD）。域之间的边界称为运营商网关（OG）。为与 ITU-T G.826 和 ITU-T G.828 相一致，LOD 和 ROD 关联于国内部分，而 BOD 关联于国际部分。为继续与 ITU-T G.826 和 ITU-T G.828 保持一致，总共 8 个运营商域将使用 4 个 BOD（每个中继国一个）和 2 个 LOD-ROD 对。因此，假设参考光通道（HROP）在本地运营商产生和终结；HROP 经过了区域运营商和骨干运营商。

假定参考光通道为 27 500km 长的通道，跨越共 8 个域，如图 38 所示。

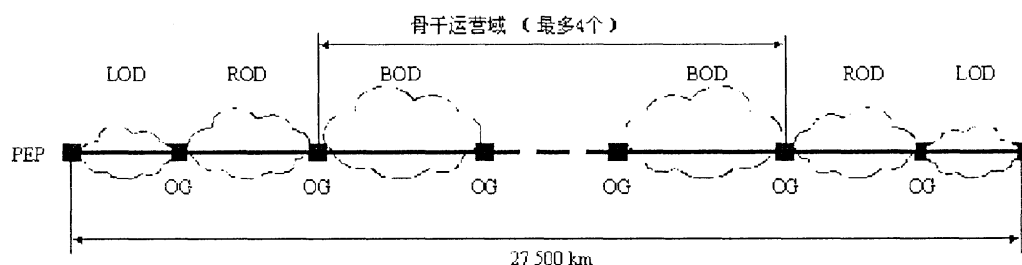


图38 假定参考光通道

8.2 误码性能

8.2.1 误码性能评估参数

OTN 网络采用基于块误码方式进行在线业务性能测量；ODUk 通道误码性能评估基于可用时间内发生的事件数。主要参数有误块（EB）、严重误块秒（SES）、背景误块（BBE）、严重误码秒比（SESR）（可选）、背景块误码比（BBER）等。

导致近端或远端 SES 的缺陷见表 6、表 7。

表6 导致近端 SES 的缺陷

近端缺陷		
通道终端ODUKP_TT	非介入监视ODUKPm_TT/ ODUkTm_TT	串联连接ODUKT_TT
OCI（注 1）	—	OCI a
AIS	—	AIS
—	—	IAE
LCK	—	LCK
—	—	LTC
PLM	—	—
TIM	—	TIM
注1：上面缺陷仅仅是通道缺陷，段缺陷会引起通道层的AIS缺陷，如OCh LOS、OTUk LOF、OTUk AIS、 OTUk TIM 以及 OTM LOS等； 注2：以上近端缺陷引起近端SES时，远端性能事件计数不会增加，即认为无误码运行。当大于15%的误码块导致的近端SES，远端性能将继续评估；近端缺陷引起的SES不允许远端可靠性评估。特别需要注意，当缺陷引起的近端SES与远端SES一致时，远端事件的评估将不准确，如SES或不可用。该问题不可避免，由于现象出现的概率小，实际情况中可以忽略； 注3：关于每个路径终端宿功能的缺陷引起的性能监控描述参考ITU-T G.798		
a 通道没有完全建立将包含ODUK-OCI信号（如通道建立期间）		

表7 导致远端 SES 的缺陷

远端缺陷		
通道终端ODUKP_TT	非介入监视ODUKPm_TT/ ODUkTm_TT	串联连接ODUKT_TT
BDI	BDI	BDI

ODUK/ODUKT 产生 SES 的门限见表 8。

表8 严重误块秒门限

比特率 (kbit/s)	通道类型	SES门限 (1s内的误块数)
1 244 160	ODU0	FFS
2 498 775	ODU1	3 064
10 037 273	ODU2	12 304
40 319 218	ODU3	49 424
104 794 445	ODU4	FFS

8.2.2 端到端误码性能目标

表 9 规定了 27 500km HROP 的端到端误码性能目标数值。SESR 和 BBER 假设使用了标准的 ITU-T G.709/Y.1331 FEC。适用于真实通道的实际目标值根据下表导出，使用后面详细描述的原则。通道的各个方向应独立满足所有参数的分配目标。换句话说，如果在给定评估周期结束时，通道任一方向的任一参数超过分配的目标，则该通道未能满足要求。本要求应理解为需满足的长期目标值，典型的测试评估周期是 30 天（1 个月）。

表9 27 500km 国际 ODUk HROP 端到端误码性能目标

名义比特率 (kbit/s)	通道类型	块/秒	SESR	BBER
1 244 160	ODU0	FFS	FFS	FFS
239/238 × 2 488 320	ODU1	20 421	0.002	4×10 ⁻⁵
239/237 × 9 953 280	ODU2	82 026	0.002	10 ⁻⁵
239/236 × 39 813 120	ODU3	329 492	0.002	2.5×10 ⁻⁶
239/227 × 99 532 800	ODU4	FFS	FFS	FFS

注1：ODUK (k=0, 1, 2, 3, 4) 的块大小与ODUK帧大小相等，为 $4 \times 3\,824 \times 8 = 122\,368\text{bit}$ ；
 注2：EDC采用1×BIP-8码，OPUK净荷（ $4 \times 3\,808 \times 8\text{bit}$ ）加上OPUK开销（ $4 \times 2 \times 8\text{bit}$ ），总共 $4 \times 3\,810 \times 8 = 121\,920\text{bit}$ ；
 注3：这些值为四舍五入值

8.2.3 端到端性能目标分配

对于 3 种类型的运营商域，使用下述块分配：

对于骨干运营商域，块分配为 5%；

对于区域运营商域，块分配为 5%；

对于本地运营商域，块分配为 7.5%；

此外还对各个运营商域给出了额外的基于距离的分配。此距离基础的分配基于空中路由距离和路由因子的乘积，为每 100km 0.2%。此基于距离的分配添加到块分配上，以得出运营商域的总分配。

对于各个运营商域，路由因子的规定如下：

如果 2 个 OG 之间的空中路由距离 <1 000 km，则路由因子为 1.5；

如果 2 个 OG 之间的空中路由距离 ≥1 000 km 且 <1 200 km，则被计算的路由长度取值为 1 500km；

如果 2 个 OG 之间的空中路由距离 ≥1 200 km，则路由因子为 1.25。

注：单个运营商可能跨越多个域，例如一个 LOD、一个 ROD 和一个 BOD。在这种情况下，运营商的分配为各种域的分配之和。

8.3 误码维护性能可用性目标

ODUk HROP 端到端维护性能目标为 ITU-T G.8201 规定的 SESR、BBER 值的 50%，见表 10。

表10 ODUk HROP 维护性能目标

通道类型	比特率	块/秒	SESR	BBER
ODU0	1.24 Gbit/s	FFS	FFS	FFS
ODU1	2.5 Gbit/s	20 420	10^{-3}	2×10^{-5}
ODU2	10 Gbit/s	82 025	10^{-3}	5×10^{-6}
ODU3	40 Gbit/s	329 492	10^{-3}	1.25×10^{-6}
ODU4	105 Gbit/s	FFS	FFS	FFS

对于 BOD/ROD/LOD 3 种运营商误码性能目标分配原则与 ITU-T G.8201 相同，但对于运营商之间的两个 OG 之间的区域（IOD）则按照 ITU-T M.2401 规定固定分配 0.1% 的配额，不再额外按距离再分配。另外，OTUk 段的性能目标无规定。

可用性目标的计算方法见附录 A。

8.4 抖动和漂移特性

8.4.1 OTN网络接口输出抖动和漂移

OTN 网络接口输出抖动应满足表 11 要求。

表11 OTUk 接口允许的最大输出抖动

接口类型	测量带宽		峰-峰抖动值 (UIpp)
	低通 (kHz)	高通 (MHz)	
OTU1	5	20	1.5
	1000	20	0.15
OTU2	20	80	1.5
	4000	80	0.15
OTU3	20	320	6
	16000	320	0.18
OTU4	FFS	FFS	FFS
	FFS	FFS	FFS

OTUk 网络接口不是同步接口，ODUk 时钟不是造成漂移的主要因素，因此不需要定义漂移指标。

8.4.2 OTN网络接口抖动和漂移容限

OTU1 输入正弦抖动容限应满足图 39 所示和表 12 要求。

表12 OTU1 输入正弦抖动容限

频率 f	峰峰抖动值 (UIpp)
$500 \text{ Hz} < f \leq 5 \text{ kHz}$	$7500 f^{-1}$
$5 \text{ kHz} < f \leq 100 \text{ kHz}$	1.5
$100 \text{ kHz} < f \leq 1 \text{ MHz}$	$1.5 \times 10^5 f^{-1}$
$1 \text{ MHz} < f \leq 20 \text{ MHz}$	0.15

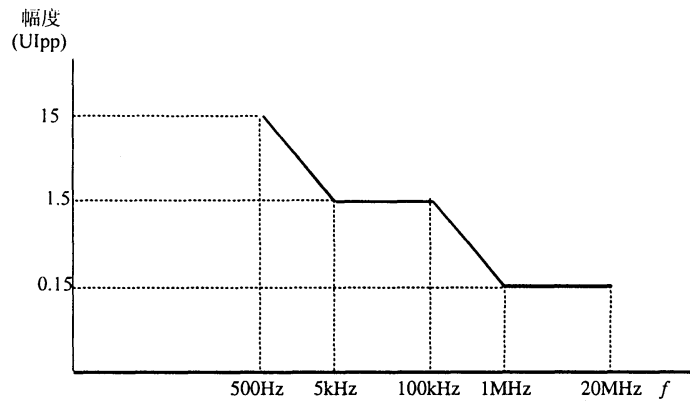


图39 OTU-1 输入正弦抖动容限

OTU2 输入正弦抖动容限应满足图 40 所示和表 13 要求。

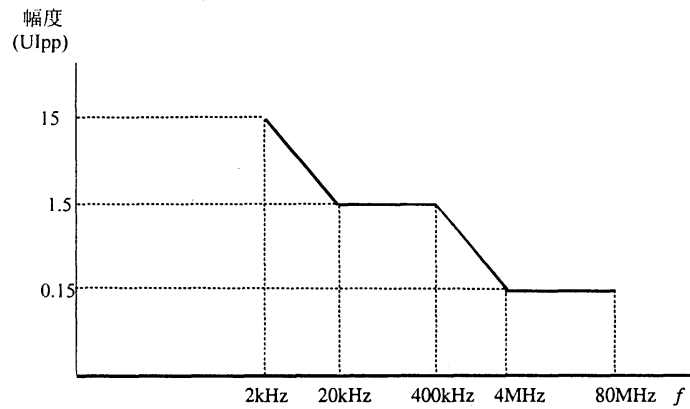


图40 OTU2 输入正弦抖动容限

表13 OTU2 输入正弦抖动容限

频率 f	峰峰抖动值 (UIpp)
$2\text{ kHz} < f \leq 20\text{ kHz}$	$3.0 \times 10^4 f^{-1}$
$20\text{ kHz} < f \leq 400\text{ kHz}$	1.5
$400\text{ kHz} < f \leq 4\text{ MHz}$	$6.0 \times 10^5 f^{-1}$
$4\text{ MHz} < f \leq 80\text{ MHz}$	0.15

OTU3 输入正弦抖动容限应满足图 41 所示和表 14 要求。

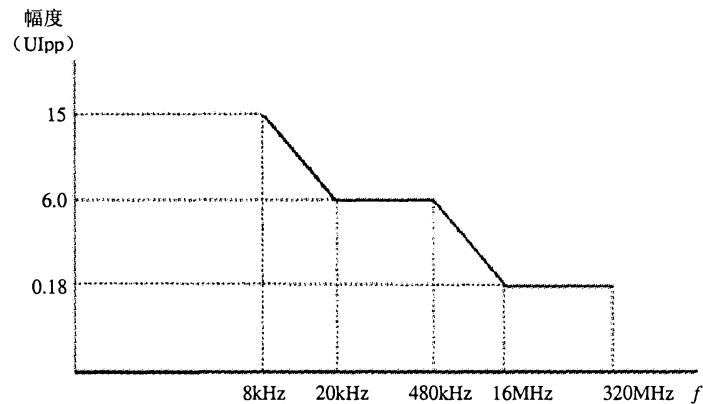


图41 OTU3 输入正弦抖动容限

表14 OTU3 输入正弦抖动容限

频率 f	峰峰抖动值 (UI _{pp})
$8 \text{ kHz} < f \leq 20 \text{ kHz}$	$1.2 \times 10^5 f^{-1}$
$20 \text{ kHz} < f \leq 480 \text{ kHz}$	6.0
$480 \text{ kHz} < f \leq 16 \text{ MHz}$	$2.88 \times 10^6 f^{-1}$
$16 \text{ MHz} < f \leq 320 \text{ MHz}$	0.18

8.4.3 ODUk时钟要求

8.4.3.1 ODUk 时钟分类

基于 OTN 网络设备的 OTU 单元根据不同的应用场景共定义 ODCa、ODCb、ODCr 和 ODCp 等 4 类不同的时钟：

- a) ODCa: 用于将 SDH 客户信号异步映射进 ODUk;
- b) ODCb: 用于将 SDH 客户信号比特同步映射进 ODUk;
- c) ODCr: 用于 3R 再生;
- d) ODCp: 用于恒定比特速率信号 (如 SDH 信号) 的解映射。

其中, ODCa 和 ODCb 为发送端 OTU 产生的线路侧信号提供定时, ODCr 为 3R 再生器产生的线路信号提供定时, ODCp 为已解映射的 CBR 客户信号 (包括 SDH 信号) 提供定时。针对不同的时钟类型, 分别有不同的抖动性能要求, 见表 15。

表15 ODUk 时钟类型 (ODC) 比较

	ODCa	ODCb	ODCr	ODCp
原子功能	ODUkP/CBRx-a_A_So ODUkP/ATM_A_So ODUkP/GFP_A_So ODUkP/NULL_A_So ODUkP/PRBS_A_So ODUkP/非特定比特流_A_So	ODUkP/CBRx-b_A_So	OTUk/ODUk_A_So 和 OTUk/ODUk_A_Sk (这些原子功能时钟集中在单个 ODCr)	ODUkP/CBRx_A_Sk
频率精度	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$
支持自由运行模式	是	是	是	是
支持锁定模式	否	是	是	是
支持保持模式	否	否	否	否
迁入范围	NA	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$
迁出范围	NA	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$\pm 20 \times 10^{-6}$
抖动产生	表 16	表 16	表 16	表 17
漂移产生	NA	NA ^a	NA	NA ^b
抖动容限	NA	G.825	表 12, 图 39 (OTU1) 表 13, 图 40 (OTU2) 表 14, 图 41 (OTU3)	表 12, 图 39 (OTU1) 表 13, 图 40 (OTU2) 表 14, 图 41 (OTU3)
漂移容限	NA	G.825	6.1/G.8251	6.1/G.8251
抖动转移	NA	最大带宽: ODU1: 1 kHz ODU2: 4 kHz ODU3: 16 kHz 最大增益: 0.1 dB (ODU1, 2, 3)	最大带宽: OTU1: 250 kHz OTU2: 1000 kHz OTU3: 4000 kHz 最大增益: 0.1 dB (OTU1, 2, 3)	最大带宽: 300 Hz (ODU1, 2, 3) 最大增益: 0.1 dB (ODU1, 2, 3)

表 15（续）

	ODCa	ODCb	ODCr	ODCp
当输入信号丢失的时钟输出	AIS（CBR 客户信号） OTUk 帧无影响 OTUk 频率无变化	AIS（CBR 客户信号） OTUk 帧无影响 OTUk 初始频率跳变 $\leq 9 \times 10^{-6}$	AIS（OTUk） OTUk 允许帧冲击 允许的 OTUk 临时频偏 $> 20 \times 10^{-6}$	AIS（CBR 客户信号） 频偏 $\leq 20 \times 10^{-6}$
a 因为 ODCb 的带宽相对较宽，ODCb 的漂移产生与输入的 CBR（如：SDH）客户信号漂移相比可以忽略； b ODCp 的固有漂移产生与解映射的漂移产生相比可以忽略				

8.4.3.2 ODUk 时钟固有抖动产生

当输入信号没有抖动时，ODCa、ODCb、ODCr 输出信号在 60s 测试周期内的输出抖动不超过表 16 指标要求。

表16 OTU 抖动产生指标（ODCa, ODCb 和 ODCr）

接口类型	指标名称	测量带宽		峰峰抖动值（UIpp）
		低 通	高 通	
ODU1/OTU1	B1	5 kHz	20 MHz	0.3
	B2	1 MHz	20 MHz	0.1
ODU2/OTU2	B1	20 kHz	80 MHz	0.3
	B2	4 MHz	80 MHz	0.1
ODU3/OTU3	B1	20 kHz	320 MHz	1.2
	B2	16 MHz	320 MHz	0.14
ODU4/OTU4	B1	FFS	FFS	FFS
	B2	FFS	FFS	FFS

ODCp 抖动产生要求保证 OTUk 帧固定开销不会引入多余的输出抖动，具体规定见表 17。

表17 OTU 抖动产生指标（ODCp）

接口类型	指标名称	测量带宽		峰峰抖动值（UIpp）
		低 通	高 通	
CBR2G5 ODU1	B1	5 kHz	20 MHz	1.0
	B2	1 MHz	20 MHz	0.1
CBR10G ODU2	B1	20 kHz	80 MHz	1.0
	B2	4 MHz	80 MHz	0.1
CBR40G ODU3	B1	80 kHz	320 MHz	1.0
	B2	16 MHz	320 MHz	0.14
ODU4	B1	FFS	FFS	FFS
	B2	FFS	FFS	FFS

8.4.3.3 ODUk 时钟抖动容限

ODCa 处于自由运行状态，不需要定义抖动和漂移容限；

ODCb 满足与 STM-N 信号相同的抖动和漂移容限（ODUkP/CBRx-b_A_So 源输入），见 ITU-T G.825 规定；

ODCr、ODCp 与 OTUk 网络接口输入抖动和漂移容限相同。

8.4.3.4 ODUk 时钟抖动转移特性

ODCa 无抖动转移特性的要求；ODCp时钟的3dB带宽不超过300 Hz，且最大增益峰值应为0.1dB。在输入抖动容限模板的情况下ODCb和ODCr的抖动传递函数应在图42所示曲线的下方。

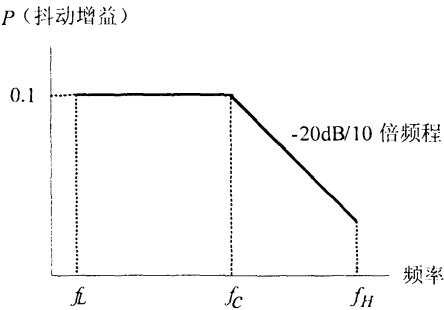


图42 OTU 抖动转移特性 (ODCb, ODCr)

其参数值见表18、表19。

表18 抖动转移特性指标 (ODCb)

接口类型	测量带宽			抖动增益 P (dB)
	f_L (Hz)	f_C (kHz)	f_H (kHz)	
ODU0	FFS	FFS	FFS	FFS
ODU1	10	1	100	0.1
ODU2	40	4	400	0.1
ODU3	160	16	1600	0.1
ODU4	FFS	FFS	FFS	FFS

表19 抖动转移特性指标 (ODCr)

接口类型	测量带宽			抖动增益 P (dB)
	f_L (kHz)	f_C (kHz)	f_H (MHz)	
OTU1	2.5	250	20	0.1
OTU2	10	1000	80	0.1
OTU3	40	4000	320	0.1
OTU4	FFS	FFS	FFS	FFS

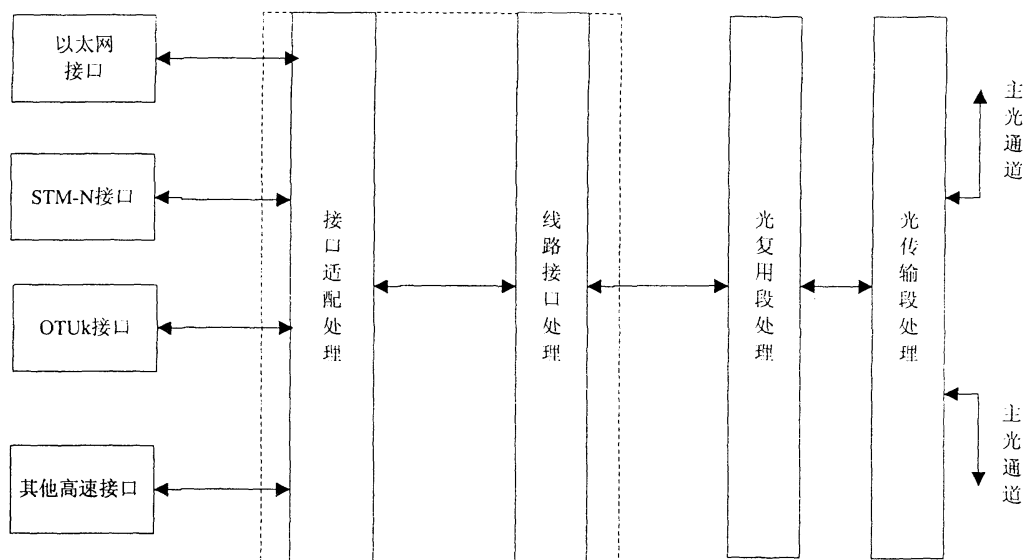
9 OTN 设备类型和基本要求

9.1 设备类型

9.1.1 OTN终端复用设备

OTN 终端复用设备指支持电层 (ODUk) 和光层 (OCh) 复用的 WDM 传输设备，见图 43 所示，其基本要求如下：

- a) 光层复用应符合 YDN 120-1999 的规定；
- b) 电层复用、OTN 开销处理和告警处理流程应符合 YD/T1462-2006 和 GB/T 20187-2006 的规定；
- c) IrDI 接口的 FEC 应采用 ITU-T G.709 定义的标准 FEC 或者关闭 FEC 方式。支持采用白光 OTUk 接口提供 IrDI 用于不同厂商传送设备对接；
- d) 支持采用 SDH 和以太网等客户侧接口用于不同厂商传送设备对接；
- e) 基于 OTN 的反向复用设备 (I-MUX) 应支持 OPUk 虚级联 (可选)。



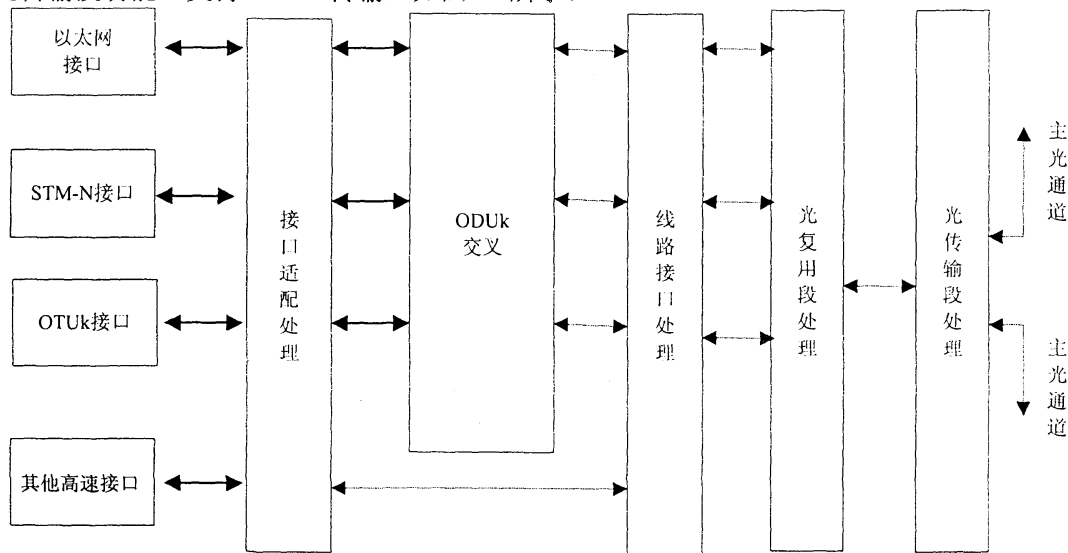
注：图中虚框的含义是部分设备实现方式可采用将接口适配处理、线路接口处理合一的方式完成。

图43 OTN 终端复用设备功能模型

9.1.2 OTN交叉连接设备

9.1.2.1 OTN 电交叉设备

OTN 电交叉设备完成 ODUk 级别的电路交叉功能，为 OTN 网络提供灵活的电路调度和保护能力。OTN 电交叉设备可以独立存在，对外提供各种业务接口和 OTUk 接口（包括 IrDI 接口）；也可以与 OTN 终端复用功能集成在一起，除了提供各种业务接口和 OTUk 接口（包括 IrDI 接口）以外，同时提供光复用段和光传输段功能，支持 WDM 传输，如图 44 所示。



注：图中虚框的含义是设备实现方式可选为 ODUk 交叉功能与 WDM 功能单元集成的方式。

图44 OTN 电交叉设备的功能模型

OTN 电交叉设备的基本要求为：

- a) 接口能力：提供 SDH、ATM、以太网、OTUk 等多种业务接口，及标准的 OTN IrDI 互联接口，连接其他 OTN 设备；
- b) 交叉能力：支持一个或者多个级别 ODUk ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 电路调度；

- c) 保护能力：支持一个或者多个级别 ODUk 通道的保护，倒换时间在 50ms 以内；
- d) 管理能力：提供端到端的电路配置和性能/告警监视功能；
- e) 智能功能：支持 GMPLS 控制平面，实现电路自动建立，自动发现和保护恢复等功能（可选）。

9.1.2.2 OTN 光交叉设备

OTN 光交叉设备（即 ROADM/PXC）提供 OCh 光层调度能力，实现波长级别业务的调度和保护恢复。对 OTN 光交叉设备的功能要求见 YD/T 2003-2009《可重构的光分插复用（ROADM）设备技术要求》。

9.1.2.3 OTN 光电混合交叉设备

OTN 电交叉设备可以与 OTN 光交叉设备相结合，同时提供 ODUk 电层和 OCh 光层调度能力，波长级别的业务可以直接通过 OCh 交叉，其他需要调度的业务经过 ODUk 交叉，两者配合可以优势互补，又同时规避各自的劣势。这种大容量的调度设备就是 OTN 光电混合交叉设备，如图 45 所示。OTN 光电混合交叉设备要求支持如下功能：

- a) 接口能力：提供 SDH、ATM、以太网、OTUk 等多种业务接口，及标准的 OTN IrDI 互联接口，连接其他 OTN 设备；
- b) 交叉能力：提供 OCh 调度能力，具备 ROADM 或者 PXC 功能，支持多方向的波长任意重构、支持任意方向的波长无关上下；提供 ODUk 调度能力，支持一个或者多个级别 ODUk ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 电路调度；
- c) 保护能力：提供 ODUk、Och 通道保护恢复协调能力，在进行保护和恢复时不发生冲突；
- d) 管理能力：提供端到端的 ODUk、OCh 通道的配置和性能/告警监视功能；
- e) 智能功能：支持 GMPLS 控制平面，实现 ODUk、OCh 通道自动建立，自动发现和恢复等智能功能（可选）。

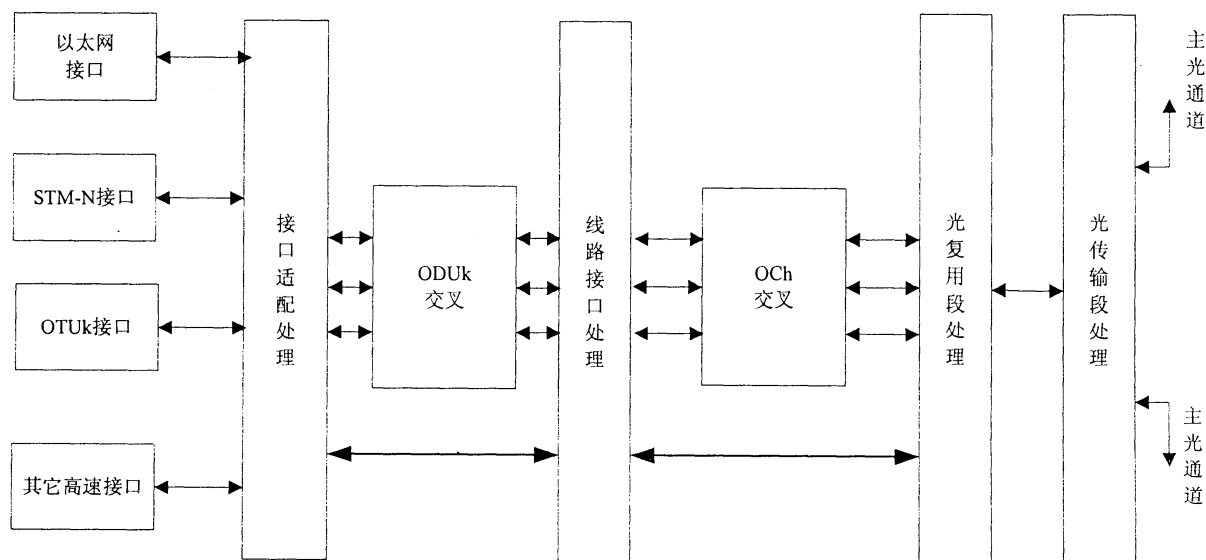


图45 OTN 光电混合交叉调度设备的功能模型

9.2 客户信号的映射

9.2.1 SDH业务

- a) STM-16 业务：
 - 1) 支持 STM-16 业务映射到 ODU1 通道信号；

- 2) 支持多路 STM-16 业务复用到 ODU2 通道信号;
- 3) 支持多路 STM-16 业务复用到 ODU3 通道信号。
- b) STM-64 业务:
 - 1) 支持 STM-64 业务映射到 ODU2 通道信号;
 - 2) 支持多路 STM-64 业务复用到 ODU3 通道信号。
- c) STM-256 业务:
 - 1) 支持 STM-256 业务映射到 ODU3 通道信号;
 - 2) 支持 STM-256 业务映射到 OPU2-4V 通道信号 (可选)。

9.2.2 OTUk业务

- a) OTU1 业务:
 - 1) 支持 OTU1 业务解映射到 ODU1 通道信号;
 - 2) 支持多路 OTU1 业务解映射到 ODU1 再复用到 ODU2 通道信号;
 - 3) 支持多路 OTU1 业务解映射到 ODU1 再复用到 ODU3 通道信号。
- b) OTU2 业务:
 - 1) 支持 OTU2 业务解映射到 ODU2 通道信号;
 - 2) 支持多路 OTU2 业务解映射到 ODU2 再复用到 ODU3 通道信号。
- c) OTU3 业务:

支持 OTU3 业务解映射到 ODU3 通道信号。

OTUk 业务作为客户业务接入, 可以提供非标准的 IaDI 作为单厂家内部互联接口或提供标准的 IrDI 作为多厂家设备互联接口。

9.2.3 GE业务

- a) 标准映射方式:

标准映射方式符合ITU-T G.7041、ITU-T G.707和ITU-T G.709等定义的速率和帧结构, 包括:

- 1) 支持 GE 业务映射到 ODU0 通道信号, 映射复用遵循 ITU-T G.7041、ITU-T G.709 等, 具体映射过程见 ITU-T G.709 的 17.7.1 小节 (推荐方式)。

- 2) SDH 虚级联方式: GE 业务通过 GFP-T/F 封装映射到 VC4-Xv (X=1~7), 复用到 STM-16/STM-64 帧格式, 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

- 3) GFP 复用方式: GE 业务采用 GFP-F/T 直接映射成帧, 利用 GFP 扩展头所支持的多通道复用功能将多个 GE 业务映射成的 GFP 帧复用成 2.48832/9.95328Gbit/s 的 GFP 码流, 再映射到 OPU1/OPU2 净荷中, 最后映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

- b) 非标准映射方式:

- 1) TS 方式: GE 业务通过 GFP-T/F 直接封装映射到 ODU1/ODU2 的支路时隙 TS 中, 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

- 2) SDH 相邻级联方式: GE 业务通过 GFP-T/F 封装映射到 VC4-8c, 复用到 STM-16/STM-64 帧格式 (可不支持段开销), 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

9.2.4 10GE业务

9.2.4.1 10GE WAN PHY

IEEE 802.3 定义了用于兼容 SDH 速率的 10GE WAN PHY 接口, ITU-T G.707 定义了该数据映射为 SDH 的格式, 该接口时钟精度 $\pm 20 \times 10^{-6}$, 根据 ITU-T G.709 定义的映射方法通过 ODU2 传送。该方式不能满足 MAC 帧满带宽传送。

9.2.4.2 10GE LAN PHY

a) 标准映射方式。标准映射方式符合 ITU-T G.709 定义的速率和帧结构, 10GE 业务可以选择的标准映射方式如下:

1) 以比特透明方式将 10G base-R 信号映射为 OPU2e 格式。该方式采用 CBR10G3 信号 (如 10G base-R) 映射到 OPU2e 的方案。该方式可实现 10GE 业务的全比特透明传送。

2) 以 GFP-F 方式将 10G base-R (LAN PHY) 仅有效载荷部分映射为 OPU2 格式。该方式接收端终结 64B/66B 线路码、前同步码、SFD 和 IPG, 通过 GFP-F 封装后的信号直接映射到 OPU2 容器。该方式可实现 MAC 帧满带宽传送, 但不能提供前同步码、SFD、IPG 等透明传送。

3) 以 ITU-T G.709 比特率兼容信息透明方式传送有效载荷和前同步码。10GE LAN MAC 帧采用改进的 GFP-F 封装, 利用 OPU 开销中的“映射和串联”比特 (第 15 列第 1、2、3 字节和第 16 列所有字节) 传送数据。该方式可实现 MAC 帧满带宽传送, 以及前同步码和有序集 (Ordered Set) 的透传, 但不支持 IPG 透传和时钟透明性。

4) ODU1-Xv 方式传送。采用 10GE LAN 信号 GFP-F 封装映射后再虚级联到 ODU1-Xv ($X=1\sim 4$), 可以实现 10GE LAN 不同带宽的传送需求, 适合于接入汇聚层 10GE LAN 业务汇聚和调度需求。

b) 非标准映射方式。以比特透明方式将 10G base-R 信号映射为 OPU1e 格式: 该方式采用 CBR2G5 信号映射到 OPU1 的方案, 通过提高帧频的方式将 10GbE LAN PHY 信号映射到 OPU1e。与 OPU2e 方式的区别是占用了固定填充字节。该方式可实现全比特透明传送, ITU-T G.8251 规定的有关抖动和漂移的标准控制方法不能适用。

9.2.5 其他业务

STM-1/4、FE 等低速率业务映射方式参见附录 B; 10G FC 业务映射方式参见附录 C; 分布式基站 CPRI 接口信号具体映射方式待研究, CPRI 接口信号在 OTN 上承载应用参见附录 D。

9.3 设备功能要求

9.3.1 业务接口适配功能

OTN 设备的接口适配功能支持 STM-16/64/256 SDH 业务, OTU1/2/3 OTU 业务, GE/10GE 以太网业务, 以及 1G/2G/4G/8G/10G FC、FICON/FICON EXPRESS 等客户业务接入, 经过映射复用处理后产生 ODU_k ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 通道信号。可选择支持 STM-1/4、FE、ESCON 等低速客户业务的接入, 经过映射复用处理后产生 ODU_k ($k=0, 1, 2, 2e$) 通道信号。

9.3.2 线路接口处理功能

OTN 的线路接口处理功能包括 ODU_k 时分复用、ODU_k 映射到 OTU_k 功能。主要遵循 ITU-T G.798、ITU-T G.709 标准。可以根据网络需求选择支持 ITU-T G.975 标准 FEC 或 ITU-T G.975.1 非标准 FEC 编码方式。

9.3.3 ODUk调度功能

ODUk 调度功能应支持:

- a) ODUk ($k=0, 1, 2, 2e, 3, 4$) 交叉连接, 可根据网络层次要求选择单个或多个具体调度颗粒;
- b) 交叉连接调度单元提供硬件冗余保护能力, ODUk 主备交叉倒换时间应小于 50ms;
- c) 通过系统交叉配置, 支持线路保护和业务广播的功能。

9.3.4 OCh调度功能

OTN 设备通过光层调度子系统提供灵活的光通道 (OCh) 波长调度能力。通过固定光分叉复用 (FOADM) 器件实现环内固定光通道 (OCh) 调度功能, 通过可重构的光分叉复用 (ROADM) 器件实现动态光通道 (OCh) 调度功能。动态光通道 (OCh) 调度功能一般又分为环内调度功能和环间调度功能, 也称为二维调度功能和多维调度功能。

OCh 调度功能应支持:

- a) 光通道波长信号的分插复用功能;
- b) 光通道波长信号环内调度能力, 支持 OCh 通道上下和穿通 (Drop and continue);
- c) 光通道波长信号跨环调度能力;
- d) 通过系统交叉连接配置, 支持波长业务的组播和广播功能。

9.3.5 光复用段和传输段处理

光复用段层 (OMS) 是在接入点之间通过光复用段路径提供光通道传送的层网络, 系统中体现为光波长复用/解复用子系统。在 OTN 设备中通过传统的 WDM 设备中的波分复用器件提供光复用段路径的物理载体。OTN 设备中承载 OMS 层的物理载体的波分复用器件的参数应满足 YD/T 1274-2003 中第 5 章波分复用器件参数要求。

光传输段 (OTS) 是在接入点之间通过光传输段路径提供光复用段传送的层网络。在 OTN 设备中通过传统的 WDM 设备中的光放大器器件提供光传输段路径的物理载体。OTN 设备中承载 OTS 层的物理载体的光放大器器件的性能要求应满足 YD/T 1274-2003 中第 6 章光放大器的基本要求。

9.3.6 OTN开销处理

9.3.6.1 基本要求

OTN 设备的 OAM 功能主要通过 OTN 的各层的开销完成对应功能, 具体详细定义可以参考 YD 1462-2006。

OTN 设备应具有 OPU/ODU/OTU 层的开销处理监测功能, 支持 OTU SM 段层、ODU PM 通道层监测管理, 包含连续性监测支持光通道 LOS/LOF 检测, 连通性监测支持 SM、PM 的 TTI 检测及告警上报、信号质量检测支持 SM、PM 的 BIP-8 处理及误码块上报功能。OTN 可以提供 6 级 TCM 连接监视功能, 对于多运营商/多设备商/多子网环境, 可以实现分级和分段管理。

9.3.6.2 电层监控开销处理

OTN 电层功能单元划分为 4 种类型:

- a) 接口适配处理单元;
- b) 线路处理单元;
- c) 接口线路合一 (普通波长转换) 单元;
- d) 线路中继 (中继波长转换) 单元。

接口适配处理单元是指具有 ODUk 交叉系统的情况下,在客户侧把需要上下的客户信号转换为 ODUk 帧结构,并接入交叉调度的模块,同时也将需要相应的 ODUk 信号帧结构转换为客户信号。

线路处理单元是指具有 ODUk 交叉系统的情况下,在线路侧把波长信号 OCh 转换为 ODUk 帧结构,并接入交叉调度的模块,同时也完成将需要调度相应线路的 ODUk 帧结构信号转换为 OCh 波长信号。

接口线路处理合一单元是指客户信号经过 ODU, OTU 层处理最后转换为 OCh 的业务单元。

线路中继或中继波长转换单元是指进行电中继, 3R 处理的波长转换模块,即 OTN 网络电中继单元。

各种类型的 OTN 电层功能单元具备提供 6 级的 TCM 功能,由用户选择使用。电层监控开销具体要求见表 20。

表20 OTN 电层功能单元开销处理的功能列表

功能单元	客户信号	开销处理							
		SM 源 OTUk_ TT_So OTUk/OD Uk_A_So	SM 宿 OTUk_ TT_Sk OTUk/OD Uk_A_Sk	TCM 源 ODUKT_ TT_So ODUKT/O DUk_A_So	TCM 宿 ODUKT_ TT_Sk ODUKT/O DUk_A_Sk	TCM 非介 入监视 ODUKTm _TT_Sk	PM 源 ODUKP_ TT_So ODUKP/Cli ent_A_So	PM 宿 ODUKP_ TT_Sk ODUKP/Cli ent_A_Sk	PM 非介 入监视 ODUKPm _TT_Sk
接口适配 处理	非 OTUk 信号	-	-	R	R	R*	R	R	-
	OTUk 信号 (无级别变化)	R	R	R	R	R*	-	-	R*
	OTUk 信号 (有级别变化)	R	R	R	R	R*	Ra	Ra	R*
线路处理	NA (无级别变化)	R	R	R	R	R*	-	-	R*
	NA (有级别变化)	R	R	R	R	R*	Ra	Ra	R*
接口线路 合一	非 OTUk 信号	R	R	R	R	R*	R	R	-
	OTUk 信号 (无级别变化)	R	R	R	R	R*	-	-	R*
	OTUk (有级别变化)	R	R	R	R	R*	Ra	Ra	R*
线路中继	OTUk 信号	R	R	R	R	R*	-	-	R*
注:-: Not applicable 不适用 R: Required 需要支持 R*: Required 如果管理要求必须支持									
a ODUk 有级别变化时,高级别 PM 需要处理。如:与 ODU1 交叉单元连接的线路处理单元完成 ODU1-ODU2-OTU2 的功能,则高级别 OTU2/ODU2 的 SM, PM, TCM 都被终结,而低级别 ODU1 的 PM 不需要处理									

9.3.6.3 光层监控开销处理(可选)

光层的开销监控管理主要限制在当前光层器件的自身能力。关于光层开销的一般要求见表 21。符合 ITU-T G872 建议。

表21 OTN 光层开销要求表

管理能力	处 理	网络层		
		OCh	OMS	OTS
连续性监控	• 连续性丢失检测	R	R	R
连通性监控	• TTI	R ^{a)}	—	R
维护信息	• FDI	R	R	R
	• BDI	R	R	R
信号质量监控	• 性能监控	R	FFS	R
适配管理	• 净荷类型指示	R	FFS	—
保护控制	• APS	R*	R*	—
连接监控	• 固有监视	R*	R*	—
	• 非介入监视	R*	—	—
	• 介入监视	R*	R*	R*
	• 子层监视	R*	—	—
管理通信	• 消息通道	—	FFS	R
	• 辅助通道	—	—	R*
	• 运营商自定义	—	—	R
	• 国家代码	—	—	FFS
注：—: Not applicable 不处理 R: Required 需要支持 R*: Required 如果管理要求必须支持 FFS: For further study 待研究				
a 只在OCh源/宿路径终端间的信道存在改变的可能性时才需要				

光层的网络管理信息通过 OSC 传送，其实现方式暂不规定。

9.4 设备性能要求

设备误码性能要求见 8.2；设备抖动性能要求见 8.4。

10 OTN 保护要求

10.1 通用要求

10.1.1 拖延计时器

拖延计时器主要用于对于信号的嵌套保护，通常是希望内层保护在外层保护之前完成。拖延计时器由保护组的 SD/SF 条件触发运行，并且在运行时不可被重设。拖延计时器的取值在 0~10s 之间，可通过网管界面以 100ms 为步长进行调整。

10.1.2 等待恢复时间

在可返回工作模式下，为防止抖动的缺陷引起频繁的保护倒换动作，在失效的工作通道的故障消失后，正常业务信号再次使用工作通道之前，应经过一个固定周期时间。这个周期，称为等待恢复（WTR）周期，它的范围在 5min~12min，应该可由用户设置。

SF或SD状态的优先级高于WTR，可以覆盖WTR。

在可返回工作模式下，当失效的工作通道不再处于SD或SF的情况下，将激活本地的等待恢复状态，将正常业务信号保持在保护通道上，并且进行计时，当计时器溢出时将业务信号倒换到工作通道。当出现任何较高优先级的请求时，等待恢复计时器应该提前失效。此时按照较高优先级的请求进行倒换。

10.1.3 操作类型

支持可返回（revertive）或不可返回（non-revertive）操作类型。

对于可返回操作类型，当倒换请求终止时候，业务总是返回到（保持在）工作通道上。对于外部命令清除的情况，回复操作将立即执行。对于故障消失的情况，回复操作将等待WTR时间后进行。

对于不可返回操作类型，当倒换请求终止的时候，业务不需要返回到工作通道上。

部分保护方案固有地具有可返回操作类型，但是也有部分保护方案可以具有可返回操作类型，或者不可返回操作类型。

不可返回操作类型的好处是对于业务的影响较小。但在某些情况下更适合采用可返回操作类型：

- a) 保护通道资源可能被用于其他更紧急需求的情况，例如，保护通道资源被用于其他业务恢复操作；
- b) 保护通道资源可能被频繁重新规划的情况；
- c) 保护通道资源的性能与工作通道资源有显著差别的情况。例如，与工作通道资源相比，保护通道资源具有糟糕的误码性能，或者具有较长的时延；
- d) 为了简化网络管理，操作者可能需要知道是哪些传送实体正在传送业务信号的情况。

10.1.4 APS信令通道

除了单向1+1保护倒换之外，其他的保护类型都需要在保护组内各节点进行APS协议信令的交互。APS信令通道可以使用ODUK开销中的APS/PCC字段来实现，也可以使用光监控通道、通过IP数据包的方式来实现。

10.1.5 倒换类型

倒换类型可以是单向倒换（unidirectional switching）类型，也可以双向倒换（bidirectional switching）类型。

对于单向倒换类型，源端与宿端的选择器操作独立；对于双向倒换类型，源端与宿端需要进行一定的协调确保两端的桥接、倒换操作是一致的。双向倒换需要使用APS信令通道进行协议报文交互。

10.1.6 倒换性能

对于1+1保护类型，一旦检测到启动倒换事件，保护倒换应在50ms内完成。

对于环网保护类型，在同时满足如下条件的基础上，一旦检测到启动倒换事件，保护倒换应在50ms内完成：

- a) 单跨段故障，且节点处于空闲状态；
- b) 光纤长度小于1200km，节点数少于等于16个；
- c) 没有额外业务。

10.2 线性保护

10.2.1 OCh保护

10.2.1.1 OCh 1+1 保护

OCh 1+1保护是采用OCh信号并发选收的原理。保护倒换动作只发生在宿端，在源端进行永久桥接。一般情况下，OCh 1+1保护工作于不可返回操作类型，但同时支持可返回操作，并且允许用户进行配置。

检测和触发条件：

SF条件：线路光信号丢失（LOS），及OTUK层次的SF条件和ODUKP层次的SF条件，详细告警如下：

LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM等。

SD条件：基于监视OTUk层次及ODUkP层次的误码劣化（DEG），详细告警如下：OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG等。

应支持单向倒换，可选支持双向倒换。

10.2.1.2 OCh 1:N 保护（可选）

1个或者多个工作通道共享1个保护通道资源。当超过1个工作通道处于故障状态时，OCh 1:N保护类型只能对其中优先级最高的工作通道进行保护。OCh 1:N保护支持可返回与不可返回两种操作类型，并允许用户进行配置。OCh 1:N保护支持单向倒换与双向倒换，并允许用户进行配置。不管对于单向倒换还是双向倒换，OCh 1:N保护都需要在保护组内进行APS协议交互。

OCh 1:N 保护可以支持额外业务。

检测和触发条件：

SF条件：线路光信号丢失（LOS），及OTUk层次的SF条件和ODUkP层次的SF条件，详细告警如下：

LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM等。

SD条件：基于监视OTUk层次及ODUkP层次的误码劣化（DEG），详细告警如下：

OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG等。

10.2.2 ODUk SNC 保护

10.2.2.1 ODUk SNC 保护的分类

在 ODUk 层采用子网连接保护（SNCP）。子网连接保护是用于保护一个运营商网络或多个运营商网络内一部分路径的保护。一旦检测到启动倒换事件，保护倒换应在 50ms 内完成。

受到保护的子网络连接可以是两个连接点（CP）之间。也可以是一个连接点和一个终结连接点之间（TCP）或两个终结连接点之间的完整端到端网络连接。

子网连接保护是一种专用保护机制，可以用于任何物理结构（即网状、环状和混合结构），对子网络连接中的网元数量没有根本的限制。

SNCP 可进一步根据监视方式划分如下几种：

a) 固有监视 SNC/I：服务器层的路径终接和适配功能确定 SF/SD 条件。

b) 非介入监视 SNC/N：非介入式（只读）监测功能用以确定 SF/SD 条件。

1) 端到端 SNC/Ne：使用端到端开销/OAM 监测服务器层的缺陷条件、连续性/连接缺陷条件以及本层网络的误码劣化条件。

2) 子层 SNC/Ns：使用子层开销/OAM 监测服务器层的缺陷条件、连续性/连接缺陷条件以及层网络的误码劣化条件。

c) 子层 SNC/S：采用分段子层 TCM 功能确定 SF/SD 条件。它支持服务器层缺陷条件的检测、层网络的连续性/连接缺陷条件以及层网络的误码劣化条件检测。

应支持以下几种 ODUk SNC 保护类型。

10.2.2.2 ODUk 1+1 保护

对于 ODUk 1+1 保护，一个单独的工作信号由一个单独的保护实体进行保护。保护倒换动作只发生

在宿端，在源端进行永久桥接。如图 46 所示。

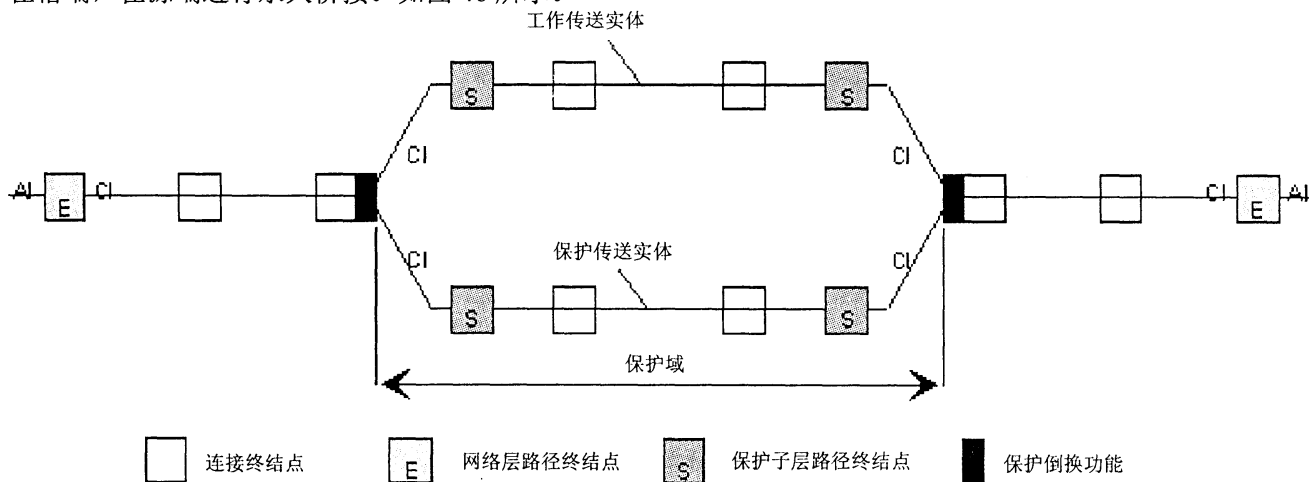


图46 ODUk 1+1 SNC 保护示意图

检测和触发条件：取决于不同的监视类型。

SF条件：线路光信号丢失（LOS），及OTUk层次的SF条件和ODUkP层次的SF条件，详细告警如下：

ODUk SNC/I:

LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM。

当存在 ODUj 复接到 ODUk 时，则 ODUj SNC/I 的 SF 条件还包括：

ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等。

ODUk SNC/N:

LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM；

ODUk_TCMn_OCI、ODUk_TCMn_LCK、ODUk_TCMn_AIS、ODUk_TCMn_TIM、ODUk_TCMn_LTC；

ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等。

ODUk SNC/S:

LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM；

ODUk_TCMn_OCI、ODUk_TCMn_LCK、ODUk_TCMn_AIS、ODUk_TCMn_TIM、ODUk_TCMn_LTC。

当存在 ODUj 复接到 ODUk 时，则 ODUj SNC/I 的 SF 条件还包括：

ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等。

SD条件：基于监视OTUk层次及ODUkP层次的误码劣化（DEG），详细告警如下：

ODUk SNC/I: OTUk_DEG；

当存在ODUj复接到ODUk时，则ODUj SNC/I的SD条件还包括：ODUk_PM_DEG等。

ODUk SNC/N:

OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG、ODUk_TCMn_DEG等；

ODUk SNC/S:

OTUk_DEG、ODUk_TCMn_DEG等。

当存在 ODUj 复接到 ODUk 时，则 ODUj SNC/I 的 SD 条件还包括：ODUk_PM_DEG 等。

应支持单向和双向倒换。

应同时支持可返回与不可返回两种操作类型，并允许用户进行配置。

10.2.2.3 ODUk M:N 保护（可选）

ODUk M: N保护指一个或N个工作ODUk共享1个或M个保护ODUk资源，如图47所示。

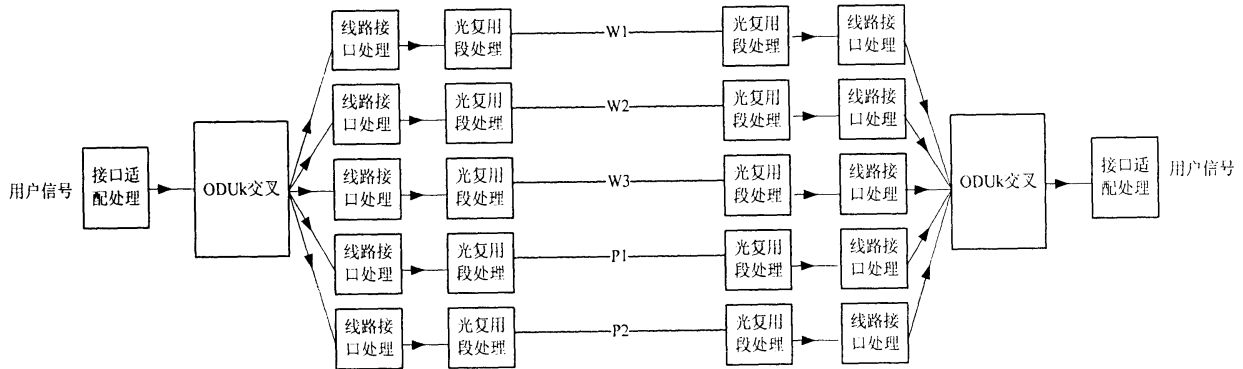


图47 不同光纤路径的 M:N ODUk SNCP

检测和触发条件：取决于不同的监视类型，具体见ODUk 1+1 SNC保护。

支持单向倒换与双向倒换，在这两种倒换方式下，ODUk M: N 保护都需要在保护组内进行 APS 协议交互。

应同时支持可返回与不可返回两种操作类型，并允许用户进行配置。

10.3 环网保护（可选）

10.3.1 OCh SPRing保护

OCh SPRing（光通道共享环保护）只能用于环网结构，如图 48 所示。其中细实线 XW 表示工作波长。细虚线 XP 表示保护波长。粗实线 YW 表示反方向工作波长。粗虚线 YP 表示反方向保护波长。

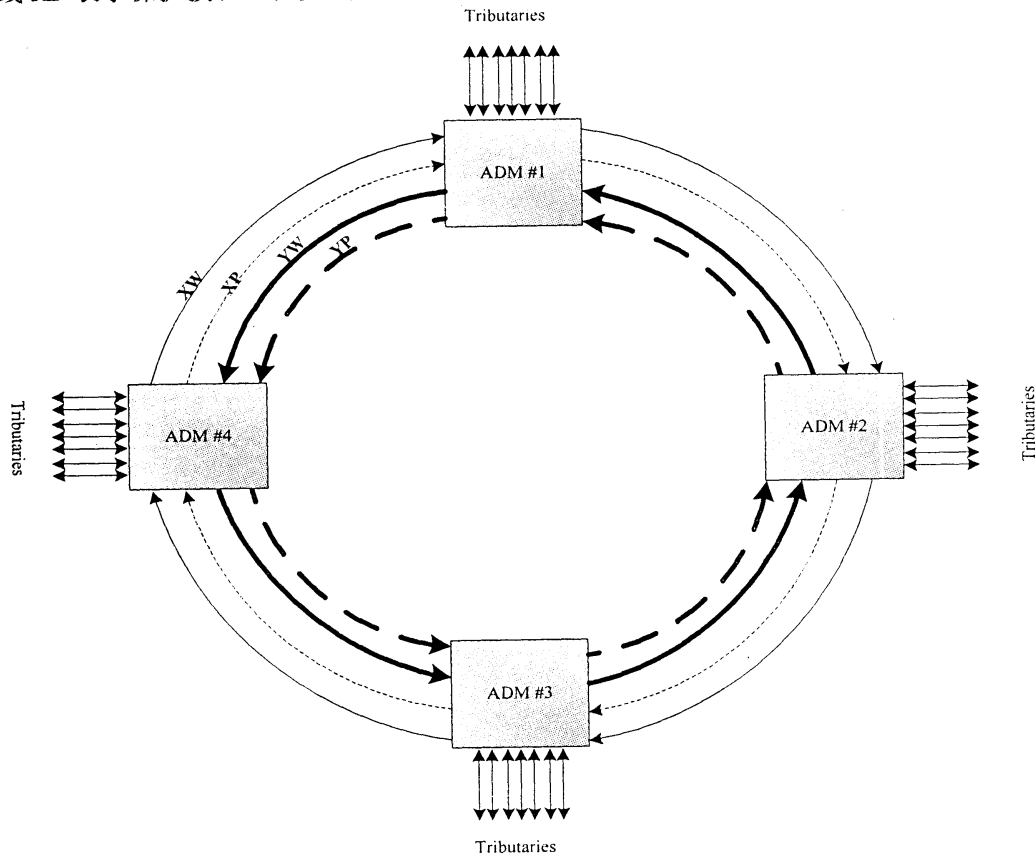


图48 OCh SPRing 组网示意图

其中 XW 与 XP 可以是在同一根光纤中，也可以是在不同的光纤中。可由用户配置指定。

其中 YW 与 YP 可以是在同一根光纤中，也可以是在不同的光纤中。可由用户配置指定。

XWXP 与 YWYP 不在同一根光纤中。

对于二纤应用场景，XW与YP的波长相同，XP与YW的波长相同。在不使用波长转换器件的条件下，XW/YP与XP/YW的波长不同。对于四纤应用场景，XW、XP、YW、YP的波长可以相同。

OCh SPRing保护仅支持双向倒换。其保护倒换粒度为Och光通道。每个节点需要根据节点状态、被保护业务信息和网络拓扑结构，判断被保护业务是否会受到故障的影响，从而进一步确定出通道保护状态，据此状态值确定相应的保护倒换动作；OCh SPRing保护是在业务的上路节点和下路节点直接进行双端倒换形成新的环路，不同于复用段环保护中采用故障区段两端相邻节点进行双端倒换的方式。

OCh SPRing保护需要在保护组内相关节点进行APS协议交互。

OCh SPRing保护同时支持可返回与不可返回两种操作类型，并允许用户进行配置。

OCh SPRing保护在多点故障要求不能发生错连。

检测和触发条件：

SF条件：线路光信号丢失（LOS），及OTuk层次的SF条件和ODUKP层次的SF条件，详细告警如下：

LOS、OTuk_LOF、OTuk_LOM、OTuk_AIS、OTuk_TIM、ODUK_LOFLOM、ODUK_PM_AIS、ODUK_PM_LCK、ODUK_PM_OCI、ODUK_PM_TIM等。

SD条件：基于监视OTuk层次及ODUKP层次的误码劣化（DEG），详细告警如下：

OTuk_DEG、ODUK_PM_DEG等。

10.3.2 ODUk SPRing 保护

ODUk SPRing 保护只能用于环网结构，如图 49 所示。其中细实线 XW 表示工作 ODU。细虚线 XP 表示保护 ODU。粗实线 YW 表示反方向工作 ODU。粗虚线 YP 表示反方向保护 ODU。

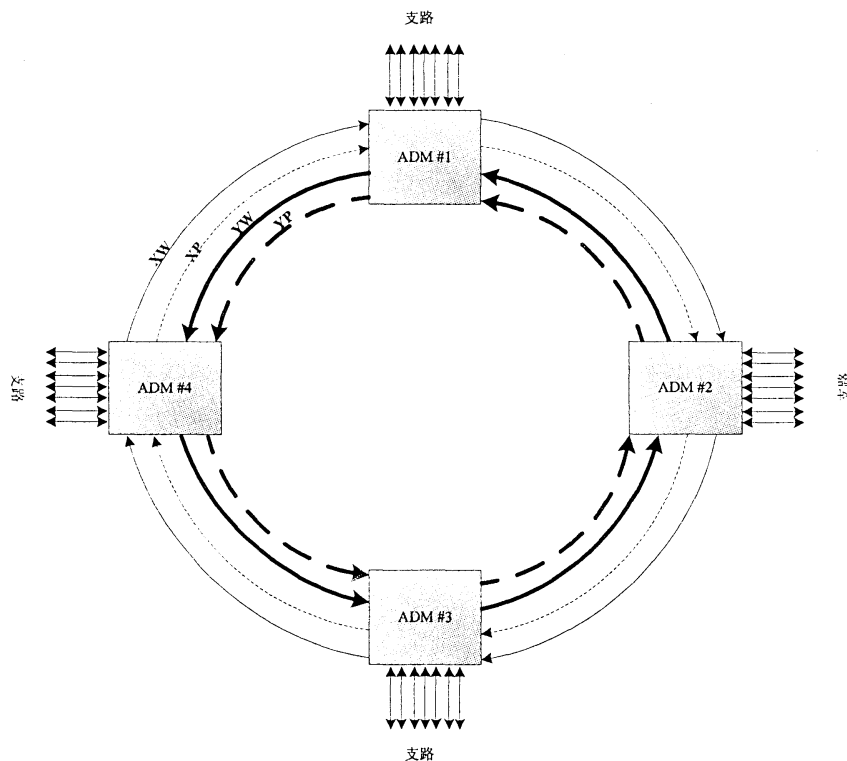


图49 ODUk SPRing 组网示意图

其中 XW 与 XP 可以是在同一根光纤中，也可以是在不同的光纤中。可由用户配置指定。

其中 YW 与 YP 可以是在同一根光纤中，也可以是在不同的光纤中。可由用户配置指定。

XWXP 与 YWYP 不在同一根光纤中。

ODUk SPRing 保护组仅仅在环上的节点对信号质量情况进行检测作为保护倒换条件，对协议的传递也仅仅需要环上的节点进行相应处理。

ODUk SPRing 保护仅支持双向倒换，其保护倒换粒度为 ODUk。ODUk SPRing 保护仅在业务上下路节点发生保护倒换动作。

ODUk SPRing 保护需要在保护组内相关节点进行 APS 协议交互。

ODUk SPRing 保护同时支持可返回与不可返回两种操作类型，并允许用户进行配置。

ODUk SPRing 保护在多点故障要求不能发生错连。

检测和触发条件：

SF条件：线路光信号丢失（LOS），及OTUk层次的SF条件，详细告警如下：

LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS等。

SD条件：基于监视OTUk层的误码劣化（DEG），详细告警如下：OTUk_DEG。

11 DCN 实现方式

11.1 DCN的分类

在OTN设备中，DCN用于传递OAM&P所需的管理信息，能够实现监控信息和自动保护倒换（APS）协议的传送。DCN的具体实现有光监控通道（OSC）、电监控通道（ESC）和带外DCN三种可选方式。其中OSC在全光信号处理的节点设备是必须配置，如光中继设备、ROADM设备（无OEO转换）等。

11.2 光监控通道（OSC）

对光监控通道（OSC）的要求包括：

- a) OSC 传输应是分段的，且具有 3R 和双向传输功能。在每个 OTN 节点设备，监控信息能够被正确地接收下来，而且还可附加上新的监控信号；
- b) 对于多方向的 OTN 设备，监控信息应能够正确的上下到对应的方向上；
- c) 光监控通道采用带外的波长，本标准规定光监控通道的波长为 $1510\text{ nm}\pm 10\text{ nm}$ / $1625\text{ nm}\pm 10\text{ nm}$ ；
- d) OSC 不限制在 1310 nm 波长的业务；
- e) 光放大器失效时 OSC 应仍然可用；
- f) 光监控通道主要是用来监控 OTN 设备间的工作状态及保护状态，信号速率可选择 STM-1（ 155.520 Mbit/s ）、E1（ 2 Mbit/s ）、E2（ 8 Mbit/s ）或 10 Mbit/s 、 100 Mbit/s 以太网或其他速率；
- g) 可提供公务通道和使用者通道接口（可选）。

11.3 电监控通道（ESC）

对电监控通道（ESC）的要求包括：

- a) ESC 实现方式主要采用 GCC。GCC 利用 ITU-T G.709 规定的 OTN 帧格式中的 GCC0/GCC1/GCC2 承载监控信息，其具体格式不在本标准规范范围内。DCC 利用 SDH 帧结构的空闲开销字节传送监控信息；
- b) ESC 需要依赖波长转换单元的存在，对于单独的光放站，需要配置 OSC；
- c) ESC 传输应是分段的，且具有 3R 和双向传输功能。在每个 OTN 节点设备，监控信息能够被正确地接收下来，而且还可附加上新的监控信号；

- d) 对于多方向的 OTN 设备，监控信息能够正确的上下到对应的方向上；
- e) 提供监控信息多路由冗余保护；
- f) ESC 监控方式和 OSC 监控方式应可混合组网；
- g) 可提供公务通道和使用者通道接口（可选）。

11.4 带外DCN

带外 DCN 由独立的 IP 网或专用电路组成，一般采用以太网接口。对带外 DCN 的要求包括：

- a) 带外 DCN 应支持可靠的消息传递，应使用具有拥塞控制机制的协议；
- b) 带外 DCN 应支持消息的优先级传送，使对时间敏感的消息（如用于恢复的消息）比其他消息（如连接信令消息、拓扑、资源发现消息）具有更高的优先级；
- c) 带外 DCN 应具有高可靠性和故障恢复的能力；
- d) 带外 DCN 应具有自己的 OAM&P 机制；
- e) 带外 DCN 应具有相应的安全机制，防止未经授权的用户非法接入。

12 网络管理

12.1 OTN网络管理系统功能结构

OTN 系统的网络管理采用分层管理模式。从逻辑功能上划分，OTN 系统的网络管理主要分为三层：网元层、网元管理层和网络管理层。各层之间是客户与服务者的关系，OTN 系统网络管理的分层结构如图 50 所示。

网元层主要针对 OTN 物理网元，一般情况下接收网元管理层的管理。网元管理层主要面向 OTN 网元，OTN 网元管理系统（EMS）直接管理控制 OTN 设备，负责对 OTN 网络中的各种网元的管理和操作。网络管理层主要面向 OTN 网络，负责对所辖管理区域内的 OTN 网络进行管理，强调端到端的业务管理能力。子网管理系统（SNMS）位于网络管理层。SNMS 或 EMS 可以统一在同一个物理平台上，也可以是独立的系统。SNMS 和 EMS 可以接入更高层次的 OTN 网络管理系统，实现多厂商全程全网的端到端管理。

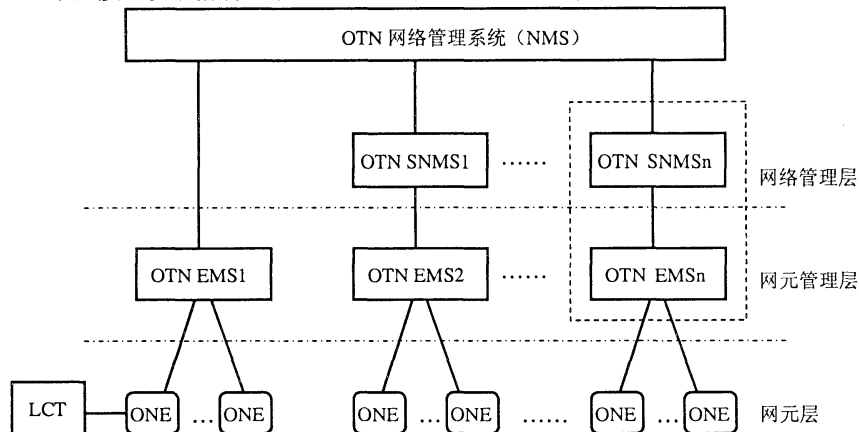


图50 OTN 网络管理分层模型示意图

12.2 OTN网管系统一般要求

OTN 网络管理功能、网络管理架构应符合 ITU-T G.874。

网元同网元之间通过数据通信网或 ECC 通信，网管同网元之间通过数据通信网通信，其中 ECC 协议栈可以选择：OSI 或 TCP/IP。网管和网元之间的管理支持 Q3 或 Qx 协议。

OTN 网管系统的接入方式、故障处理要求、用户界面、时间标记以及系统管理功能、软件技术等方

面的功能应符合 YD/T 1383-2005 第 6.1 节。

本部分的内容适用于网元管理系统和子网管理系统。

12.3 OTN网元管理功能要求

12.3.1 故障管理

12.3.1.1 告警类型、严重等级及状态

告警类型、严重等级及状态要求见 YD/T 1383-2005 的第 6.2.1.1。

12.3.1.2 告警收集与显示

告警收集与显示要求见 YD/T 1383-2005 的第 6.2.1.2。

12.3.1.3 告警和维护信号类型

OTN 网络中的告警和维护信号类型见表 22。

表22 OTN 网络告警和维护信号类型

告警分类	告警参数名称
以太网客户层告警	<ul style="list-style-type: none"> — 以太网物理端口信号丢失告警 (ETH-LOS); — 以太网链路丢失 (LINK-ERR) (可选) — CRC 错包超限告警; — 接收坏包超限告警 (可选); — 接收对齐错包超限告警 (可选)
SDH客户层告警	<ul style="list-style-type: none"> — 信号丢失 (LOS); — 帧丢失 (LOF); — 再生段信号劣化 (RS-DEG); — 复用段远端缺陷指示 (MS-RDI) (可选); — 复用段告警指示信号 (MS-AIS) (可选); — 高阶通道告警指示信号 (AU-AIS) (可选); — 高阶通道指针丢失 (AU-LOP) (可选); — J0 踪迹字节失配
ODUk子层 OPUk 告警	<ul style="list-style-type: none"> — OPUk 净荷失配 (OPUk_PLM); — OPUk VCAT 虚级联净荷失配 (OPUk_VCAT_VcPLM); — OPUk VCAT 序列号失配 (OPUk_VCAT_SQM); — OPUk 复用结构标识符失配 (OPUk_MSIM)
ODUk子层TCMi告警	<ul style="list-style-type: none"> — ODUk TCMi 告警指示 (ODUk_TCMi_AIS); — ODUk TCMi 锁定缺陷 (ODUk_TCMi_LCK); — ODUk TCMi 开放连接指示 (ODUk_TCMi_OCI); — ODUk TCMi 踪迹标识失配 (ODUk_TCMi_TIM); — ODUk TCMi 信号劣化 (ODUk_TCMi_DEG); — ODUk TCMi 后向缺陷指示 (ODUk_TCMi_BDI); — ODUk TCMi 串联连接丢失 (ODUk_TCMi_LTC); — ODUk TCMi 服务信号失效 (ODUk_TCMi_SSF)
ODUk子层PM告警	<ul style="list-style-type: none"> — ODUk PM 告警指示 (ODUk_PM_AIS); — ODUk PM 锁定缺陷 (ODUk_PM_LCK); — ODUk PM 开放连接指示 (ODUk_PM_OCI); — ODUk PM 踪迹失配 (ODUk_PM_TIM); — ODUk PM 信号劣化 (ODUk_PM_DEG); — ODUk PM 后向缺陷指示 (ODUk_PM_BDI); — ODUk PM 服务信号失效 (ODUk_PM_SSF)

表 22 (续)

告警分类	告警参数名称
OTUk子层告警	<ul style="list-style-type: none"> — OTUk 帧丢失 (OTUk_LOF); — OTUk 复帧丢失 (OTUk_LOM); — OTUk 告警指示 (OTUk_AIS); — OTUk 踪迹失配 (OTUk_TIM); — OTUk 信号劣化 (OTUk_DEG); — OTUk 反向缺陷指示 (OTUk_BDI); — OTUk 信号失效 (OTUk_SSF); — FEC 纠错前过量误码告警; — FEC 纠错后误码过量告警
OCh子层告警	<ul style="list-style-type: none"> — OCh 层净荷信号丢失 (OCH_LOS_P) (可选); — OCh 层净荷前向缺陷指示 (OCH_FDI_P) (可选); — OCh 层开销前向缺陷指示 (OCH_FDI_O) (可选); — OCh 层开放连接指示 (OCH_OCI) (可选); — OCh 层前向缺陷指示 (OCH_FDI) (可选); — OCh 层服务层信号故障 (OCH_SSF) (可选); — OCh 层净荷服务层信号故障 (OCH_SSF_P) (可选); — OCh 层开销服务层信号故障 (OCH_SSF_O) (可选); — 输入光功率过限; — 输出光功率过限; — 激光器发送失效; — 激光器寿命预告警 (可选); — 激光器背光功率告警 (可选) ; — 激光器温度过限 (可选); — 激光器制冷电流过限 (可选)
OMS 层告警	<ul style="list-style-type: none"> — OMS 层净荷信号丢失 (OMS_LOS_P) (可选); — OMS 开销后向缺陷指示 (OMS_BDI_O) (可选); — OMS 净荷后向缺陷指示 (OMS_BDI_P) (可选); — OMS 开销前向缺陷指示 (OMS_FDI_O) (可选); — OMS 净荷前向缺陷指示 (OMS_FDI_P) (可选); — OMS 后向缺陷指示 (OMS_BDI) (可选); — OMS 前向缺陷指示 (OMS_FDI) (可选); — OMS 服务信号故障 (OMS_SSF) (可选); — OMS 净荷服务信号故障 (OMS_SSF_P) (可选); — OMS 开销服务信号故障 (OMS_SSF_O) (可选); — 输入/输出合路信号丢失; (可选) — 输入/输出合路光功率过限 (可选)
OTS 层告警	<ul style="list-style-type: none"> — OTS 净荷信号丢失 (OTS_LOS_P) (可选); — OTS 开销信号丢失 (OTS_LOS_O) (可选); — OTS 开销后向缺陷指示 (OTS_BDI_O) (可选); — OTS 净荷后向缺陷指示 (OTS_BDI_P) (可选); — OTS 净荷丢失指示 (OTS_PMI) (可选); — OTS 后向缺陷指示 (OTS_BDI) (可选); — 输入光功率过限; — 输出光功率过限; (可选) — 光放大器泵浦激光器偏流过限; — 泵浦激光器温度过限 (可选)

表 22 (续)

告警分类	告警参数名称
光监控通路告警	— 信号丢失; — 信号帧丢失 (可选); — 信号劣化; — 误码过限; — 激光器发送失效; — 激光器寿命预告警 (可选)
硬件设备告警	— 单元盘脱位; — 单元盘故障; — 单元盘失配 (可选)
外部环境告警	— 电源故障; — 环境温度过限

12.3.1.4 告警相关操作

网管系统应能支持对告警进行如下操作:

- a) 告警确认
- b) 告警清除
- c) 告警屏蔽
- d) 告警过滤
- e) 告警级别设置
- f) 告警同步
- g) 告警相关性抑制与故障定位
- h) 告警查询与统计
- i) 告警输出
- j) 环回测试功能

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.1 小节。

12.3.2 性能管理

12.3.2.1 性能参数

OTN网络应支持类型的性能参数见表23。

表23 OTN 网络性能参数列表

性能分类	性能参数名称
以太网客户层性能	— 接收的正常包数; — 发送的正常包数; — 接收 CRC 错包; 以下性能为可选: — 接收/发送不同长度的包统计; — 接收超长包计数; — 接收超短包; — 接收对齐错

表 23 (续)

性能分类	性能参数名称
SDH客户层性能	<ul style="list-style-type: none"> — 再生段误码秒 (RS-ES); — 再生段严重误码秒 (RS-SES); — 再生段背景块误码 (RS-BBE); — 再生段不可用秒 (RS-UAS); 以下性能为可选: — 复用段误码秒 (MS-ES); — 复用段严重误码秒 (MS-SES); — 复用段背景块误码 (MS-BBE); — 复用段不可用秒 (MS-UAS); — 复用段远端背景误码块 (MS-FEBBE) — 复用段远端误码秒 (MS-FEES) — 复用段远端严重误码秒 (MS-FESES) — 复用段远端不可用秒 (MS-FEUAS)
ODUk子层PM性能	<ul style="list-style-type: none"> — PM 背景块误码 (PM-BBE); — PM 背景块误码比 (PM-BBER) (可选); — PM 误码秒 (PM-ES); — PM 严重误码秒 (PM-SES); — PM 严重误码秒比 (PM-SESR) (可选); — PM 不可用秒 (PM-UAS); — PM 远端背景块误码 (PM-FEBBE); — PM 远端背景块误码比 (PM-FEBBER) (可选); — PM 远端误码秒 (PM-FEES); — PM 远端严重误码秒 (PM-FESES); — PM 远端不可用秒 (PM-FEUAS); — PM 远端严重误码秒比 (PM-FESES) (可选)
ODUk 子层 TCM 性能	<ul style="list-style-type: none"> — TCMi 背景误码块 (TCMi-BBE); — TCMi 背景误码块比 (TCMi-BBER) (可选); — TCMi 后向输入定位误码秒 (TCMi-BIAES); — TCMi 输入定位误码秒 (TCMi-IAES); — TCMi 误码秒 (TCMi-ES); — TCMi 严重误码秒 (TCMi-SES); — TCMi 严重误码秒比 (TCMi-SESR) (可选); — TCMi 不可用秒 (TCMi-UAS); — TCMi 远端背景块误码 (TCMi-FEBBE); — TCMi 远端背景块误码比 (TCMi-FEBBER) (可选); — TCMi 远端误码秒 (TCMi-FEES); — TCMi 远端严重误码秒 (TCMi-FESES); — TCMi 远端严重误码秒比 (TCMi-FESES) (可选); — TCMi 远端不可用秒 (TCMi-FEUAS)

表 23 (续)

性能分类	性能参数名称
OUT 子层 SM 段性能	<ul style="list-style-type: none"> — SM 背景块误码 (SM-BBE); — SM 背景块误码比 (SM-BBER) (可选); — SM 后向输入定位误码秒 (SM-BIAES); — SM 误码秒 (SM-ES); — SM 严重误码秒 (SM-SES); — SM 严重误码秒比 (SM-SESR) (可选); — SM 不可用秒 (SM-UAS); — SM 远端背景块误码 (SM-FEBBE); — SM 远端背景块误码比 (SM-FEBBER) (可选); — SM 输入定位误码秒 (SM-IAES); — SM 远端误码秒 (SM-FEES); — SM 远端严重误码秒 (SM-FESES); — SM 远端严重误码秒比 (SM-FEESER) (可选); — SM 远端不可用秒 (SM-FEUAS); — 纠错前 FEC 误码率 (支持 FEC 的 OTU); — 纠错后 FEC 误码率 (支持 FEC 的 OTU)
OCh 子层性能	<ul style="list-style-type: none"> — 输入光功率; — 输出光功率; — 激光器偏置电流; — 激光器制冷电流; — 激光器工作电流; — 激光器温度
OMS 层性能	<ul style="list-style-type: none"> — 总输入光功率; — 总输出光功率; — 单板温度 (适用于有源器件)
OTS 层性能	<ul style="list-style-type: none"> — 输入光功率; — 输出光功率; — 光放大器泵浦激光器偏置电流; — 光放大器泵浦激光器温度 (可选); — 制冷电流 (可选)
光监控通路性能	<ul style="list-style-type: none"> — 误码秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号); — 严重误码秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号); — 远端误码秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号); — 远端严重误码秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号); — 不可用秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号); (可选) — 输入光功率; — 激光器输出光功率; — 激光器偏置电流; — 激光器工作温度; (可选) — 激光器制冷电流 (可选)

12.3.2.2 性能参数操作管理

应支持以下性能参数的操作管理功能:

- a) 性能监测管理, 包括设定、查询和修改性能监测参数;
- b) 性能数据的上报;
- c) 性能数据的查询、显示与统计;
- d) 性能数据的存储;
- e) 性能计数器复位;
- f) 性能数据的补取;
- g) 性能门限的设置与查询;
- h) 性能数据的输出。

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.2 小节。

12.3.2.3 光谱分析功能

当光终端复用设备、光交叉或光电混合交叉设备配备光谱分析模块时, 网管系统应能通过该模块, 实时监测 OTN 系统各节点中每波长的输入/输出光功率、光信噪比(可选)、中心波长值(或波长偏移)等性能数据, 并提供图形化的光谱分析功能, 实时反映配置波长的工作状态。

12.3.2.4 性能趋势分析(可选)

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.2 小节。

12.3.3 配置管理

12.3.3.1 拓扑管理

拓扑管理包括: 网管提供网络资源拓扑视图。拓扑视图应能够动态、实时显示被管网元的运行状态和状况, 反映告警事件。

网络拓扑管理还应支持网络浏览功能, 网络监视功能、拓扑编辑功能等, 具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.3.1 节。

12.3.3.2 配置数据管理

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.3.2 节。

12.3.3.3 网元配置管理

a) 网元视图管理。网管系统提供机架、子架的拓扑视图, 可以显示波长配置视图, 可显示系统的波长上下配置情况。

拓扑视图应能动态显示被管网元的运行状态和状况, 反映告警时间。网管系统还应支持网元拓扑视图的浏览、编辑、监视、导航功能。

b) 创建网元。EMS 在安装完成后并没有当前网络中的网元数据, EMS 应能提供网元的创建功能。网元的创建方法可为人工配置法和自动发现法(可选)。网元创建后应能通过上载和下载方式配置网元数据。

c) 删除网元。用户应能删除已创建的网络。删除网元时, EMS 应检查操作元是否具有该项权限。

d) 查询/修改网元。对于 OTN 电交叉设备, 用户可查询和修改的网元信息包括(标*者为可修改信息), 见表 24。

表24 OTN 网元查询/修改信息

	信息名称
网元配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 网元名称; — 网元类型; — 软件状态; — 所属子网; — 告警状态
机架/子架配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 机架/子架名称; — 版本; — 序列号; — 告警状态
插槽配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 槽道中是否安装单元盘 (*); — 槽道中的单元盘信息 (*); — 在指定槽位安装/删除一个指定的单元盘
单元盘配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 单元盘名称; — 单元盘型号; — 单元盘的类型; — 单元盘详细信息; — 光接口类型
以太网客户层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 以太网端口详细信息; — 接口速率; — GFP 的协议参数 (*)
SDH 客户层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 接口速率; — J0 字节期望值 (*); — J0 字节实收值
ODU 子层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 以太网接口/SDH 映射方式 (*); — PM/TCM 的 TTI 开销字节期望值 (*); — PM/TCM 的 TTI 开销字节的实收值; — TCM 当前所配置的应用模式; — TCM 当前所配置的层次 (*)
OTU 子层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — SM 的 TTI 字节的期望值 (*); — SM 的 TTI 字节的实收值; — 线路速率; — FEC 工作状态 (无 FEC 模式、标准 FEC 模式、增强型 FEC) (*) (当系统配置时适用)
OCh 层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 是否有保护及保护方式 (*); — 光波长信息 (中心波长等); — 可调谐激光器配置信息 (*); — 激光器选项 (*): 自动关断, 人工/自动打开
OMS 层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 复用段的光通路数; — 通路间隔; — 每通路分配状态
OTS 层配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 放大器类型 (EDFA、RA); — 光放大器的增益; — 泵浦激光器选项 (*): 人工/自动打开, APR 功能
监控信道配置信息	<ul style="list-style-type: none"> — 监控通路类型 (如 OSC、ESC); — 监控信道波长信息

12.3.3.4 TMUX 配置管理（可选）

当系统配备子速率复用器（TMUX）时，EMS 应支持对 TMUX 的指配。EMS 应支持以下 TMUX 的指配功能：

- a) 支持 TMUX 支路侧业务类型（STM-N，GE 等）、业务速率和复用方式的配置；
- b) 通过 EMS 可在 TMUX 上进行远端/近端、支路口/群路口的环回配置（可选）。
- c) 接入 SDH 的 TMUX 时钟管理功能见 YD/T 1383-2005 第 6.2.3.5 节。

12.3.3.5 交叉连接配置管理

a) ODUk 交叉配置管理

- 1) 支持查询交叉连接信息。
- 2) 上报交叉连接变化。
- 3) 支持创建交叉连接，支持的交叉连接类型包括：
 - 单向；
 - 双向；
 - 广播；
 - 环回。
- 4) 支持删除交叉连接。
- 5) 支持检查网管所能配置的 ODUk 交叉连接颗粒。

b) 波长交叉连接配置：

- 1) 应能对波长配置和使用情况的查询；
- 2) 当系统配置光分插复用器（ROADM）时，EMS 应支持对于 ROADM 交叉连接的配置，波长交叉的设置可以为：

— 可建立、删除 MPI-R1~MPI-Rn 中的任意波长，到其他方向的 MPI-S1~MPI-Sn（不包括同方向）、或 Sd1~Sdn 等出口间的波长路径。

— 可建立、删除 Ra1~Ran 等入口中特定波长，到 MPI-S 间的波长路径。

3) 波长交叉连接的方式可以为：

- 单向；
- 双向；
- 组播。

4) 通过 EMS 可在 ROADM 上进行远端/近端、支路口/群路口的环回配置（可选）。

12.3.3.6 保护配置管理

对于 ODU 子层，EMS 应支持以下保护方式的配置：

- a) ODUk SNCP 保护；
- b) ODUk 共享保护环（ODUk SPRing）；
- c) ODUk M:N 保护。

对于 OCh 层，EMS 应支持以下保护方式的配置：

- a) 光通道 1+1（OCh SNCP）；
- b) 光通道 1:N 保护（可选）；

c) 光通道共享保护 (OCh SPRing)。

EMS 应支持上述保护类型的创建和删除操作。

用户可通过EMS查询/修改管理域内的所有或符合条件的保护组信息, 可查询/修改的保护组属性包括:

- a) 保护组标识符或保护组名称;
- b) 保护组类型;
- c) 返回方式 (返回式/非返回式);
- d) 恢复等待时间 (WTR);
- e) 保护使能标识 (指示是否启动保护功能);
- f) 额外业务标识 (指示是否存在额外业务, 可选);
- g) 保护组当前工作状态。

EMS 应支持设备保护倒换操作, 用户可以对如下影响业务的单元指配保护组:

- a) 网元支路单元;
- b) 交叉连接矩阵单元 (适用于 OTN 电交叉设备);
- c) 主控制器;
- d) 电源单元等。

对于业务保护和设备保护, EMS 应支持以下保护倒换操作:

- a) 保护锁定;
- b) 强制倒换;
- c) 人工倒换;
- d) 清除倒换类型设置;
- e) 倒换练习。

12.3.3.7 APR 配置管理

为了防止强光泄漏到光纤外, 对人体特别是眼睛造成伤害, 同时为了避免光放大器的“浪涌”现象。当主光信道上的一段或多段光中继段上光功率信号丢失时, 系统就能检测到链路上丢失了光信号, 及时降低上游一个和下游再生段内的所有光放大器的输出光功率到达一个安全的域值, 当系统的光信号恢复正常时, 又能恢复光放大器的正常工作。对于APR, EMS应该支持以下参数:

- a) 自动重启、人工重启的选择;
- b) APR 重启打开持续时间: APR 对打开的持续时间 (可选);
- c) APR 重启关断持续时间: APR 对关断的持续时间;
- d) 测试时间 APR 重启测试的时间。

12.3.3.8 光线路功率自动控制

当系统需进行光线路功率自动控制时, EMS 可以提供相应的初始配置、状态显示, 人工设置相关参数以及启动/停止调节操作等功能。

网管应支持光线路功率自动和人工两种控制方式。

网管系统应支持光线路功率自动控制的开启、关闭功能, 应支持设置光功率均衡门限范围。

12.3.3.9 光通道自动功率均衡

当系统需进行光通道自动功率均衡时, EMS 可以提供相应的初始配置、状态显示、各波长功率的显示以及启动/停止操作等功能。

网管应支持光通道功率自动方式。

对于 ROADM 设备, 网管系统应具有光线路功率自动控制的开启、关闭功能, 应支持对各个通道间光功率设置均衡门限范围。

12.3.3.10 网元时间管理

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.3.11 节。

12.3.3.11 公务管理 (可选)

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.3.13 节。

12.3.4 安全管理

具体要求见 YD/T 1383-2005 第 6.2.4 节。

12.3.5 计费管理

网管系统应提供业务连接计费要求的基础计费数据。详细内容待研究。

12.4 OTN子网管理功能要求

12.4.1 拓扑管理

应支持拓扑视图的查询与显示。支持物理层拓扑、逻辑层拓扑的查询和显示。

网络级 (或者子网级) 网管系统应支持网络级管理功能, 包括:

支持各层次路径路由的图形显示: 用户可以看到路径经过的每一个节点以及相应的资源信息; 对于 OTN 网络, 网管支持 OTS、OMS、OCh、OTUk、ODUk、Client 六个层次的路径。

12.4.2 端到端电路管理

12.4.2.1 端到端电路设计

a) 应支持端到端电路的设计功能。

支持以太网、SDH、ODUk 的端到端电路设计功能, 应支持以下参数的设定:

- 1) 电路方向;
- 2) 电路类型;
- 3) 电路速率;
- 4) A/Z 端口;
- 5) 保护类型和方式;
- 6) 选择客户业务的映射模式 (如 GFP, 针对以太网业务接口类型)。

b) 应具有光通道自动管理功能。

支持 OCh 光通道的端到端设计功能, 应支持以下参数的设定:

- 1) 光通道方向;
- 2) 光波长;
- 3) A/Z 端口: 可设置波长路径的源节点和宿节点上下路, 中间节点波长路径自动生成;
- 4) 保护类型和方式。

c) 应提供 3 种电路设计方式。

- 1) 人工方式, 即由用户逐条选择确定电路的路径(包括工作路径和保护路径);
- 2) 半自动方式, 即由用户选择确定电路的 A、Z 端点及中间端点, 进行路由约束条件设置, 系统自动按照一定的原则给出一条或者多条电路路径供用户选择;
- 3) 自动方式, 即由用户选择确定电路的 A、Z 端点, 系统自动按照一定的原则给出一条或者多条电路路径供用户选择。

d) 波长功率端到端管理

具备端到端的波长路径功率管理能力。建立波长路径时, 设备可根据当前配置情况(包括光放配置、ROADM 器件配置、光纤连接等), 对光功率进行自动调节, 使对应波长的光功率满足系统的传送需求, 不需要进行额外的光功率调节操作。

为满足特殊场合的需求, ROADM设备需要同时提供对MPI-S等出口处各波长的单独光功率调节能力。

e) 具备波长冲突管理能力。

能自动避免出现特定波长多源一宿的情况。

12.4.2.2 电路信息的查询与修改

应支持端到端以太网、SDH、ODUk客户电路的查询和修改功能, 用户可查询/修电路的业务信息, 包括(标*者为可修改信息):

- a) 电路 A 端点;
- b) 电路 Z 端点;
- c) 电路速率;
- d) 业务类型;
- e) 电路方向(单向, 双向, 组播);
- f) 路由信息;
- g) 保护类型;
- h) 客户信息(*);
- i) 开通时间等。

应支持端到端光通道的查询和修改功能, 用户可查询/修电路的业务信息, 包括(标*者为可修改信息):

- a) A 端点;
- b) Z 端点;
- c) 方向(单向, 双向, 组播);
- d) 光波长信息;
- e) 路由信息;
- f) 保护类型;
- g) 客户信息(*);
- h) 开通时间等。

12.4.3 端到端告警管理功能

支持端到端电路和光通道的告警管理: 能够查询路径相关的告警等; 当设备上有告警时, 告警应能定位到受影响的路径上。

- a) 可设置端到端电路的故障检测点。
- b) 支持以下电路的端到端告警监视，能够对端到端电路的故障进行定位。
 - 1) 以太网电路；
 - 2) SDH 电路；
 - 3) ODUk 电路；
 - 4) OCh 光通道。
- c) 告警关联功能，能够通过告警信息查看该告警所影响的电路信息。
- d) 支持对告警参数的相关管理操作，端到端连接的相关告警见 12.3.1.4 节。

12.4.4 端到端性能管理功能

支持端到端电路和光通道的性能管理，能够查询路径相关的性能等。

- a) 支持以下电路的端到端性能监视。
 - 1) 以太网电路；
 - 2) SDH 电路；
 - 3) ODUk 电路；
 - 4) OCh 光通道。
- b) 应提供对端到端通道的性能监视功能，指定电路性能监测的如下属性：
 - 1) 性能监测对象（指定电路 ID、功能块）；
 - 2) 可设置端到端电路的性能监测点。
 - 3) 需要监测的性能参数；
 - 4) 监测周期（15min 或者 24h）；
 - 5) 监测状态（打开/关闭）；
 - 6) 是否自动上报。
- c) 应提供电路相关性能数据的查询功能
 - 1) 当前性能数据；
 - 2) 历史性能数据。
- d) 应支持对性能参数的相关管理操作，见 12.3.2.2 节。

12.4.5 保护倒换管理

NMS可指定保护组的保护属性。

用户可根据一定的查询条件查询/修改符合条件的保护业务信息，用户可查询如下部分或全部信息（标

*者为可修改信息）：

- a) 保护业务名称（*）；
- b) 保护类型：ODUk SNCP 保护、ODUk 共享保护环（ODUk SPRing）、光通道 1+1（OCh SNCP）、光通道 1:N 保护、光通道 M:N 保护、光通道共享保护（OCh SPRing）、OMS 线性保护、OMS 环网保护；
- c) 返回方式（返回式/非返回式）（*）；
- d) 恢复等待时间（WTR）（*）；
- e) 保护使能标识（指示是否启动保护功能）（*）；
- f) 额外业务标识（指示是否存在额外业务，可选）；

g) 保护组当前工作状态。

对于保护组，SNMS 应支持以下保护倒换操作：

- a) 保护锁定；
- b) 强制倒换；
- c) 人工倒换；
- d) 清除倒换类型设置；
- e) 倒换练习。

用户可查询业务的保护倒换状态，查询工作路由和保护路由，形成业务保护拓扑视图。

12.4.6 安全管理

同网元管理系统要求。

12.5 DCN管理

网管和网元之间通过 TCP/IP 协议栈进行通讯，网元同网元之间通过 OSC、GCC 或者 TCP/IP 协议栈进行通讯。网管系统应支持对于 DCN 系统的配置和状态监视。

- a) 应支持 DCN 实现方式的选择，如嵌入式监控信道 GCC、OSC 监控信道和带外通信网络；
- b) 应支持嵌入式监控信道的配置管理，支持 GCC 通道的选择（GCC0、GCC1、GCC2），支持 GCC 通道的禁止和使能；
- c) 应支持 OSC 监控信道的配置管理，支持 OSC 监控信道的禁止和使能；
- d) 应支持带外通信网络的配置管理，支持带外通信接口的禁止和使能，支持带外通信接口的初始参数的配置、查询和修改等操作；
- e) 支持通信网络的状态查询和显示；
- f) 支持 DCN 网络的故障监视，支持通道告警信息的上报与查询操作。

12.6 接口能力

12.6.1 北向接口

网管系统应提供与上层网管系统之间的接口功能，通过该接口与上层网管系统相连。

网管系统的北向接口应符合 CORBA 或 CMISE 的规范，接口的协议栈、信息模型以及接口功能另行规定。

12.6.2 南向接口

网管系统应提供与被管理网元之间的接口功能，通过该接口网管系统可对网元实施管理。该接口为厂商网管系统的内部接口，本标准不对网管系统与网元之间接口的信息模型进行要求。

按照网管系统与网元接口方式的不同，网元可以分为网关网元（GNE）和远端网元（RNE），网管系统只和 GNE 有物理上的连接关系，RNE 与 GNE 之间存在管理信息通道，RNE 与网管系统之间的通信通过 GNE 进行。

13 控制平面要求（可选）

13.1 控制平面要求概述

OTN 交叉设备的控制平面应符合 GB/T 21645《自动交换光网络（ASON）技术要求》的要求。本标准只对控制平面与 OTN 相关的部分提出基本要求，基于 OTN 的 ASON 节点设备技术要求另行制定。

13.2 对光电混合交叉设备控制平面的基本要求

- a) 控制平面应支持以下几种交换能力：时分交换（TDM）、波长交换（LSC）和光纤交换（FSC）；
- b) 控制平面在提供波长交换时应具有波长冲突管理能力；
- c) 控制平面在建立动态光通道时应具有阻塞处理能力；
- d) 支持控制平面实现 GMPLS 的 ITU-T G.709 扩展；
- e) 控制平面支持跨层业务的集中路径计算功能，满足多层流量工程的需求；
- f) 路由选择需要考虑光层上的一些光学限制，如功率、色散、信噪比等。

13.3 保护恢复要求

13.3.1 光层保护恢复类型

对于光层（OCh 层）的 SPC 和 SC 连接，应支持以下保护恢复类型：

- a) OCh 1+1 保护；
- b) OCh 1: N 保护；
- c) OCh 1+1 保护与恢复的结合；
- d) OCh 1: N 保护与恢复的结合（可选）；
- e) OCh SPRing 保护与恢复的结合（可选）；
- f) OCh 永久 1+1 保护；
- g) 预置重路由恢复；
- h) 动态重路由恢复。

13.3.2 电层保护恢复类型

对于电层（ODUk 层）的 SPC 和 SC 连接，应支持以下保护恢复类型：

- a) ODUk 1+1 保护；
- b) ODUk M: N 保护（可选）；
- c) ODUk 1+1 保护与恢复的结合；
- d) ODUk M: N 保护与恢复的结合（可选）；
- e) ODUk SPRing 保护与恢复的结合（可选）；
- f) ODUk 永久 1+1 保护；
- g) 预置重路由恢复；
- h) 动态重路由恢复。

13.3.3 光电混合保护恢复要求

在一个光电混合网络中，当其中的传输线路或节点出现故障时，两层各自的保护和恢复机制必然都会有所响应和动作，此时需要一个良好的机制加以协调和控制。可以采用以下三种协调机制：

- a) 自下而上：首先在光层进行恢复，若光层无法恢复再转由上层电层进行处理；
- b) 自上而下：首先在电层进行恢复，若无法恢复再转由光层进行处理；
- c) 混合机制：将上述两种机制进行优化组合以获取最佳的恢复方案。

13.4 自动发现和链路资源管理

- a) 控制平面应该具有发现连接两个节点间光纤的能力；
- b) 控制平面应该具备波长资源的自动发现功能，包括：各网元各线路光口已使用的波长资源、可供

使用的波长资源;

c) 控制平面应该具有 OTUk/ODUk 的层邻接发现功能。链路资源管理包括网元内各 OTU 线路光口已使用的 ODUk 资源、可供使用的 ODUk 资源;

d) 控制平面应支持基于 GCC 开销的 LMP 自动发现和端口校验功能;

e) 除了应支持自动发现功能外, 控制平面同时也应支持手工配置。

附 录 A
(规范性附录)
可用性目标的计算

A.1 接入服务限值计算

第一步：识别性能目标值（PO）

a) 识别通道比特率；

b) 读取表 10 中的 PO 值：PO_{bbe}、PO_{ses}；

第二步：计算通道配额（A）

c) 确认完整通道的所有域；取运营域（OD）数为 N ；

d) 将 OD 标记为 OD₁ 到 OD_N；

e) 标识每个 OD_N 长度 d ，长度 d 可以是实际的通道长度，也可以是根据 8.2.3 计算的长度；

f) 读取 OD_N 配额 $a_n\%$ ，（做为端到端的 PO 百分比），需要注意这些配额都是最大值，更严格的要求可通过双边或者多边协议来确定；

g) 计算运营商间域的配额： $a_{\text{IOD}} = (N-1) \times 0.1\%$ ；

h) 计算通道配额： $A = a_1 + a_2 + \dots + a_n + a_{\text{IOD}}$ （A 为百分比值）；

第三步：计算分配的性能目标值（APO）

i) 确定测试周期（TP）；TP 为 15min、2 h、24 h。TP 单位为秒；

j) 计算 SES 的 APO 数，转换百分比为比率：

$$\text{APO}_{\text{ses}} = (A \div 100) \times \text{PO}_{\text{ses}} \times \text{TP}$$

k) 计算 BBE 的 APO 数，转换百分比为比率：（ N_b 为每秒块数）

$$\text{APO}_{\text{bbe}} = (A \div 100) \times \text{PO}_{\text{bbe}} \times \text{TP} \times N_b$$

第四步：计算接入服务限值（BISPO）和误码接受限值（S）

l) 计算 BISPO 数为：

$$\text{BISPO}_{\text{ses}} = \frac{\text{APO}_{\text{ses}}}{2}; \text{BISPO}_{\text{bbe}} = \frac{\text{APO}_{\text{bbe}}}{2}$$

m) 计算 S 值为：

$$D_{\text{ses}} = 2\sqrt{\text{BISPO}_{\text{ses}}}$$

$$S_{\text{ses}} = \text{BISPO}_{\text{ses}} - D_{\text{ses}}$$

$$D_{\text{bbe}} = 2\sqrt{\text{BISPO}_{\text{bbe}}}$$

$$S_{\text{bbe}} = \text{BISPO}_{\text{bbe}} - D_{\text{bbe}}$$

n) 将 S 值四舍五入为最近的正整数。

实际测试结果优于误码接受限值 S，表明被测实体具有一定的置信度，可以投入服务。

A.2 维护性能指标计算

维护性能指标为 APO 函数，其计算如下：

不可接受性能门限值（UP） $\geq 10 \times \text{APO}$ （其中测试周期 TP=900s）

降质性能门限值（DP） $= 0.75 \times \text{APO}$ （其中测试周期 TP=86400s）

YD/T 1990-2009

A.3 系统恢复限值

系统修复后的恢复限值与接入服务限制相同。

附 录 B
(资料性附录)
低速率业务映射方式

目前, ITU-T 对于 STM-1/4 和 FE 等低速率业务的映射方式没有进行规定, 因此存在多种实现方式。本附录给出的映射方式可作为设备实现时的参考。

B.1 STM-1/4 业务

建议支持 STM-1/4 业务复用到 ODU1/ODU2 通道信号, 保持 STM-1/4 业务开销和定时透明。可以选择的映射方式如下:

a) STM 方式, 支持 STM-1/4 业务采用复用到 STM-16/STM-64 (可不支持段开销), 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号;

b) TS 方式, 支持 STM-1/4 业务直接封装映射到 OPU1 支路时隙 TS, 复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

B.2 FE 业务

建议支持多个 FE 业务映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号, 业务映射复用处理遵循 G.7041、G.709 标准。可以选择的映射方式如下:

a) STM 方式, 支持 FE 业务采用 GFP-F/T 封装映射到 VC4, 复用到 STM-16/STM-64 (可不支持段开销), 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号;

b) TS 方式, 支持 FE 业务采用 GFP-F/T 直接封装映射到 OPU1 支路时隙 TS, 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号;

c) GFP 复用方式, 支持 FE 业务采用 GFP-F/T 直接映射成帧, 利用 GFP 扩展头所支持的多通道复用功能将多个 FE 业务映射成的 GFP 帧复用成 2.48832Gbit/s 的 GFP 码流, 再映射到 OPU1 净荷中, 最后映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

B.3 其他业务

建议支持多个业务映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号, 保持业务传送带宽, 业务映射复用处理遵循 ITU-T G.7041、ITU-T G.709 标准。可以选择的映射方式如下:

a) STM 方式, 支持 FC/ESCON/FICON/FICON EXPRESS 等业务采用 GFP-T 封装映射到 VC4-Xv, 复用到 STM-16/STM-64 (可不支持段开销), 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号;

b) TS 方式, 支持 FC/ESCON/FICON/FICON EXPRESS 等业务采用 GFP-T 直接封装映射到 OPU1/OPU2 支路时隙 TS, 再映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号;

c) GFP 复用方法, 支持 FC/ESCON/FICON/FICON EXPRESS 等业务采用 GFP-T 直接映射成帧, 利用 GFP 扩展头所支持的多通道复用功能将多个 ESCON/FICON/FICON EXPRESS 等业务映射成的 GFP 帧复用成 2.48832/9.95328Gbit/s 的 GFP 码流, 再映射到 OPU1/OPU2 净荷中, 最后映射复用到 ODU1/ODU2 通道信号。

附 录 C
(资料性附录)
10G FC 业务映射方式

C.1 10G FC客户业务信号标准映射方式

10G FC 客户业务信号采用 64/66B 码间转换为 512/513B 封装映射到 OPU2e。

C.2 10G FC客户业务信号非标准映射方式

10G FC 业务透明映射到 ODU1f/ODU2f 线路信号, 采用 G.709 定义的 CBR10G 信号映射方式。

a) 以比特透明方式将 10G FC 信号映射为 OPU2f 格式。该方式采用 CBR10G 信号映射到 OPU2 的方案, 通过提高帧频的方式将 10G FC 信号映射到 OPU2f。OTU2f 信号标称速率 11.32 Gbit/s。该方式可实现全比特透明传送。

b) 以比特透明方式将 10G FC 信号映射为 OPU1f 格式。该方式采用 CBR2G5 信号映射到 OPU1 的方案, 通过提高帧频的方式将 10G FC 信号映射到 OPU1f。OTU1f 信号标称速率 11.27 Gbit/s, 与方式一的区别是占用了固定填充字节。该方式可实现全比特透明传送。

由于 FC 业务采用基于信用 (Credit) 的流量控制协议, 当 FC 业务经过长距离传输之后, 时延很大, 受 FC 端口缓存能力的限制, 有效传送速率会相应的下降。因此, 当 OTN 设备接入 FC 业务进行长距离传输时, 建议支持 FC 拉远的功能, 此功能可根据需要开启或关闭。

附 录 D (资料性附录)

分布式基站 CPRI 接口信号 OTN 承载应用

D.1 分布式基站组网结构

分布式基站的关键模块包括基带单元 (BBU, Base Band Unit)、远端射频单元 (RRU, Remote Radio Unit)。BBU 可连接多个 RRU, 进一步提高基带池共享效率。分布式基站可实现更大容量 BBU 集中放置, 更大程度节省站址资源。基站通过 Iub 接口连接到无线网络控制器, 通过 Uu 接口连接到用户设备。其组网结构如图 D.1 所示。

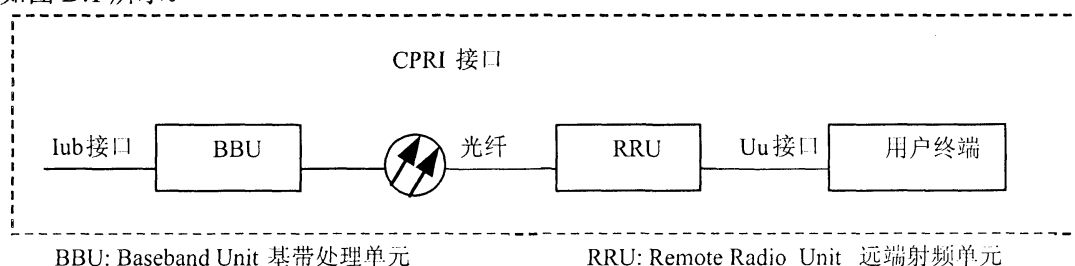


图 D.1 分布式基站结构

BBU 与 RRU 以光纤直驱方式连接, 采用 CPRI 接口。BBU 与每个 RRU 之间采用两根光纤分别传送上行和下行信号。

RRU 可以采用级联方式连接到 BBU, RRU 需对信号进行光电光变换后传送给下一级 RRU。分布式基站的网络拓扑以星型为主。

D.2 BBU与RRU之间的传输要求

CPRI 接口的传输要求如下:

a) 带宽要求。CPRI 是标准接口, 目前 3G 主流速率包括: 1.2288 Gbit/s、2.4576 Gbit/s 以及 3.072 Gbit/s, LTE 基站带宽在 6 Gbit/s 左右。这个带宽对于传输技术提出了更高的要求。目前光纤直驱和 DWDM/CWDM 技术可以满足要求。

b) 时延要求。BBU 到 RRU 每路 CPRI 的上行、下行时延要接近(初步分析: 上下行时延差小于 1ms), 在光纤传输绝对距离差约 200m。

从绝对时延来看, BBU与RRU之间传输的最大逻辑距离影响吞吐带宽, 在去掉BBU 和RRU 的延时消耗之外, 传送网络要求是0.3ms, 按照光纤 2×10^5 km/s计算, 光纤直驱理论距离在60km, 实际网络还需要考虑协议转换时延与软件算法限制等。

c) 时间同步要求。RRU 的同步, 目前主要通过跟踪 BBU 实现, 在工作前进行环回时延测量。BBU 到 RRU 之间通过算法自动计算进行测距, 通过测距计算上下行距离之和。BBU 将会按照测距结果自动补偿其到不同距离 RRU 的发送信号提前量。RRU 采取“收到即发送”的方法, 由 BBU 控制数据发送的时间。

对于 TD-SCDMA 基站, 端到端时间同步偏差在正负 $1.5\mu\text{s}$ 以内, 目前要求 BBU 与 RRU 之间的时钟频率稳定度为正负 0.002×10^{-6} 。

D.3 CPRI接口信号OTN承载应用

CPRI 接口信号 OTN 承载提高了光纤带宽利用率；FEC 技术支持更长距离传送，OTN 完善的保护能力和丰富的光层管理，支持任意拓组网，简化运维管理；扩容简单，提高无线新业务推出速度。

CPRI 接口信号 OTN 承载可实现点到点或星型（参见图 D.2）、链型（参见图 D.3）、环型（参见图 D.4）等组网应用。

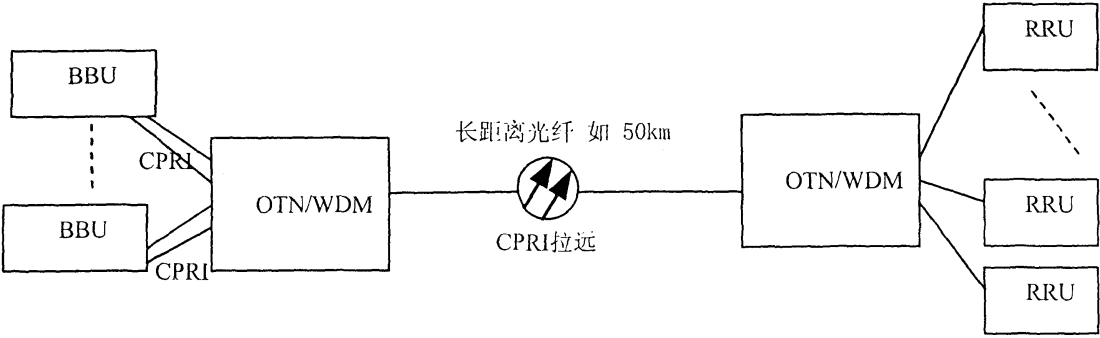


图 D.2 点到点或星型组网

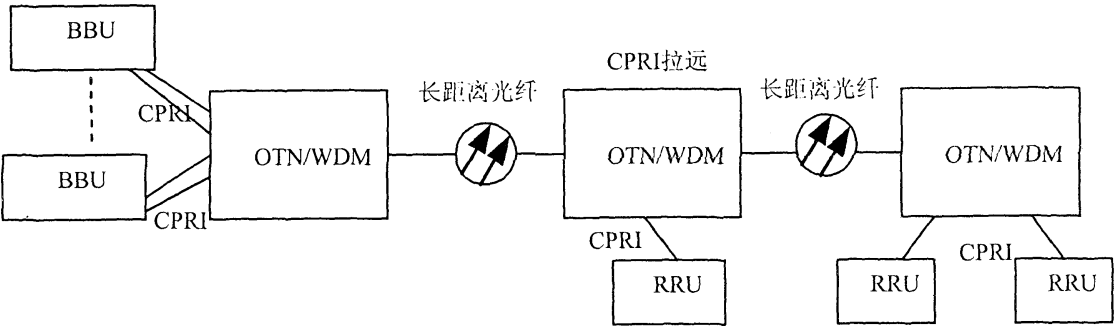


图 D.3 链型组网

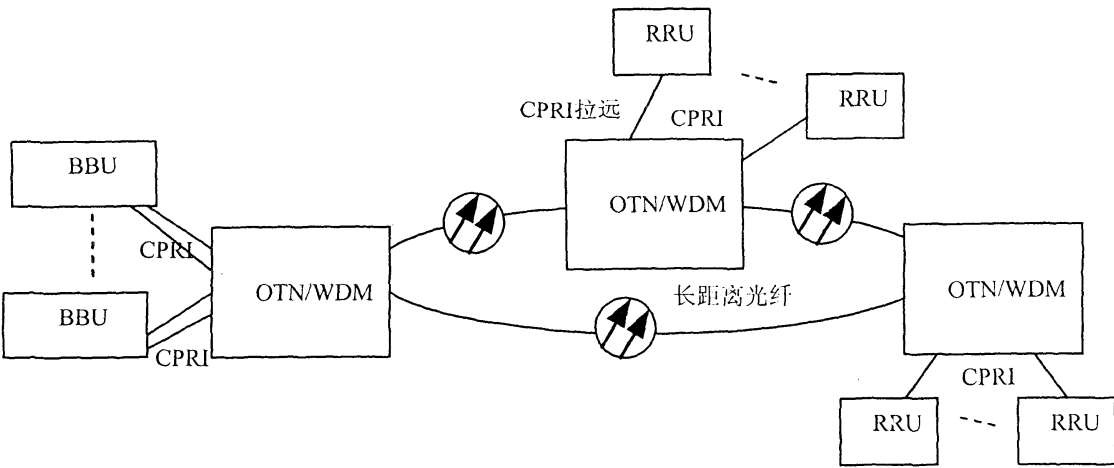


图 D.4 环型组网

中 华 人 民 共 和 国
通 信 行 业 标 准
光传送网（OTN）网络总体技术要求
YD/T 1990-2009

*

人民邮电出版社出版发行
北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座
邮政编码：100061
北京新瑞铭印刷有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16 2010 年 1 月第 1 版
印张：5 2010 年 1 月北京第 1 次印刷
字数：144 千字

ISBN 978 - 7 - 115 - 1945/10 - 7
定价：50 元