

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.993.2

(02/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
数字段和数字线路系统 — 接入网

甚高速数字用户线收发信机2（VDSL2）

ITU-T G.993.2建议书

ITU-T



国际电信联盟

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
概述	G.900-G.909
光缆系统的参数	G.910-G.919
基于2048 kbit/s比特率的分级比特率上的数字段	G.920-G.929
非分级比特率电缆上的数字线路传输系统	G.930-G.939
FDM传输承载信道提供的数字线路系统	G.940-G.949
数字线路系统	G.950-G.959
用于用户接入ISDN的数字段和数字传输系统	G.960-G.969
海底光缆系统	G.970-G.979
本地和接入网的光线路系统	G.980-G.989
接入网	G.990-G.999
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅 *ITU-T* 建议书目录。

ITU-T G.993.2建议书

甚高速数字用户线收发信机2 (VDSL2)

摘 要

本建议书是充分利用现有的原先为 POTS 业务铺设的铜线基础设施的一种接入技术。它可以从中心局、从位于客户驻地附近的给光纤馈电的机柜或在建筑物内进行部署。本建议书是对 ITU-T G.993.1 建议书[1]的增强，它使用最大 30 MHz 的带宽，在双绞线对上，支持以高达 200 Mbit/s 的双向净数据速率进行不对称和对称传输。

来 源

ITU-T 第 15 研究组 (2005-2008) 按照 ITU-T A.8 建议书规定的程序，于 2006 年 2 月 17 日批准了 ITU-T G.993.2 建议书。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联已经收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2007

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

页码

1	范围	1
2	参考文献	2
3	定义	3
4	缩写	8
5	参考模型	10
5.1	VTU 功能模型	10
5.2	用户平面协议参考模型	12
5.3	管理平面参考模型	13
5.4	应用参考模型	14
6	简表	18
6.1	定义	18
6.2	简表参数的定义	21
6.3	简表一致性	24
7	传输媒质的接口特性	25
7.1	双工方法和频带规划的结构	25
7.2	功率谱密度 (PSD)	26
7.3	终端阻抗	39
7.4	纵向变换损耗	39
8	传送协议专用传输会聚 (TPS-TC) 功能	40
8.1	用户数据 TPS-TC	40
8.2	管理 TPS-TC (MPS-TC)	42
8.3	网络定时参考 TPS-TC (NTR-TC)	46
9	传输媒质专用的传输会聚 (PMS-TC) 子层	47
9.1	PMS-TC 的功能模型	47
9.2	扰码器	50
9.3	前向纠错	50
9.4	交织	51
9.5	成帧	52
9.6	脉冲噪声保护 (INP_p)	60
9.7	时延	61
9.8	误码率 (BER)	61
10	与物理媒质有关 (PMD) 的功能	61
10.1	PMD 功能模型	62
10.2	DMT 超帧	63
10.3	数据符号的符号编码器	63
10.4	调制	78
10.5	同步符号的符号编码器	82

	页码
10.6 初始化时的符号编码器	83
11 操作和维护 (OAM)	83
11.1 OAM 功能模型	83
11.2 VDSL 2 管理实体 (VME)	85
11.3 OAM 原语	103
11.4 OAM 参数	105
12 链路激活方法和程序	117
12.1 概述	117
12.2 专用操作信道 (SOC)	119
12.3 初始化程序	123
12.4 环路诊断模式程序	190
12.5 快速启动	200
13 在线重新配置 (OLR)	200
13.1 在线重新配置的类型	200
13.2 控制参数	201
13.3 子载波配置改变的时间	201
13.4 接收机启动程序	201
14 电要求	201
14.1 终端阻抗模型	201
14.2 业务分离器	201
附件 A — 地区 A (北美)	202
A.1 频带规划	202
A.2 PSD 规范	202
附件 B — 地区 B (欧洲)	207
B.1 频带规划	207
B.2 极限 PSD 掩模可选方案	207
B.3 发信 PSD 掩模可选方案	215
B.4 模板 PSD	215
B.5 一致性	215
附件 C — 地区 C (日本)	216
C.1 频带规划	216
C.2 PSD 掩模	216
C.3 业务分离器	219
C.4 测试环路和串音干扰源	219
附件 D	220
附件 E	220
附件 F	220
附件 G	220

	页码
附件 H	221
附件 I	221
附件 J	221
附件 K	221
K.1 STM 传输会聚 (STM-TC) 功能.....	221
K.2 ATM 传输会聚 (ATM-TC) 功能.....	227
K.3 包传输会聚 (PTM-TC) 功能.....	237

甚高速数字用户线收发信机2 (VDSL2)

1 范围

本建议书是对 ITU-T G.993.1 建议书[1]的增强，它支持在双绞线上传输高达 200 Mbit/s 的双向净数据速率（上下行速率之和）。本建议书是充分利用现有的原先为 POTS 业务（普通的老式电话业务）所铺设的现有的铜线基础设施的一种接入技术。

本建议书仅规定了离散多音（DMT）调制和装有来自 ITU-T G.993.1 建议书（VDSL）[1]、ITU-T G.992.3 建议书（ADSL2）[10]和 ITU-T G.992.5 建议书（ADSL2 plus）[11]的部件。

虽然 POTS 使用最低的 4 kHz，而 ADSL 使用约 2 MHz 的铜线频谱，但是，本建议书规定了使用高达 30 MHz 的频谱。本建议书提出了可以从中心局、从位于用户驻地附近的给光纤馈电的机柜或在大楼内进行部署。

可以利用高达 30 MHz 的带宽使得 G.993.2 的收发信机有可能在短环路上提供可靠的高数据速率进行工作。在不使用 US0 频带的条件下，由于强制规定支持格状编码，在与 ITU-T G.993.1 建议书[1]相似的环路长度上或者稍长一些的长度上，本建议书应该能够可靠地进行工作。增加了 US0 频带以及训练回波抵消器和时域均衡器（TEQs）的措施还使得本建议书能够在约长达 2500 米的 26AWG 号线（0.4 mm）的环路上可靠地进行工作。

本建议书对一个收发信机有可能支持的各种参数（如带宽和收发信机功率）的设置规定了相当宽的范围；所以，本建议书规定了许多简表，使得收发信机能够支持所容许的设置的子集，同时收发信机仍然能够符合该建议书的要求。多种简表的规范要求使得供货商能够限制实现的复杂性和开发出针对具体业务要求的实施方案。某些简表更好地适合于不对称数据速率的业务，而其外一些简表更好地适合于对称数据速率的业务。

本建议书的附件包括频带规划和功率谱密度（PSD）的掩模，这些附件规定了地区性的特殊要求。

与 ITU-T G.993.1 建议书[1]一样，本建议书规定了上行功率的回退（UPBO），以减轻由较短的环路上的上行传输对较长的环路所产生的远端串音（FEXT）。其机理与 ITU-T G.993.1 建议书[1]中所说明的完全相同。

正如与 G.99x 系列的其它 ITU-T 建议书一样，本建议书使用 ITU-T G.994.1 建议书[2]去启动收发信机的训练程序。

与 ITU-T G.993.1 建议书[1]相比，本建议书中的变化包括如下方面：

- 在各附件中，频带规划的规定一直到 30 MHz，支持的双向净数据速率高达 200 Mbit/s；
- 支持将 US0 频带的频带上限频率延伸到高达 276 kHz 的频率（根据附件 M/G.992.3[10]）；
- 规定了改善 US0 性能的措施（特别是，在初始化中，支持训练时域均衡器和回波抵消器）；
- 下行和上行收发信机同时给 16 个任意的运营商规定的 RFI 频带开凹口的要求。

- 规定了支持范围广泛的应用场景（例如，中心局、位于用户驻地附近的给光纤馈电的机柜和在大楼内）的简表；
- 对某些简表，在上行方向上支持 US0 频带的要求；
- 支持下行最大发射功率（取决于简表）高达 20.5 dBm；
- 支持受 MIB（管理信息库）控制的 PSD（功率谱密度）掩模机制，以便能够实现带内频谱成形（根据 ITU-T G.992.5 建议书[11]）；
- 强制支持格状编码（根据 ITU-T G.992.3 建议书[10]）；
- 规定了由接收机确定的导频单音排序（根据 ITU-T G.992.3 建议书[10]）；
- 强制支持从 1 bit 到 15 bit 的所有整数比特的星座；
- 支持任选的循环延伸（CE）长度，长度最大达 1/4 符号周期；
- VTU-R 接收机选择的导频单音的规定，包括不选导频单音的可选方案；
- 支持最高达 16 个符号的所有整数值的脉冲噪声保护（INP）；
- 为了发出在线重新配置（OLR）转换的信号，每 256 个数据符号以后插入一个同步符号；
- 改进的 OLR 机制（根据 ITU-T G.992.3 建议书[10]）；
- 改进的成帧方法（根据 ITU-T G.992.3 建议书[10]）；
- 改进的开销信道；
- 改进的交织方法；
- 改进的前向纠错（FEC）能力，包括对里德—所罗门编码器和交织器的设置范围更广泛；
- 规定了两个等待时间路径和两个承载信道；
- 对初始化的改进，包括信道发现阶段、训练阶段和信道分析和交换阶段的定义；
- 在初始化期间，支持 VTU-R 的线路探查步骤；
- 支持范围广泛的测试参数（根据 ITU-T G.992.3 建议书[10]）；
- 规定了环路诊断模式；
- 支持 STM 接口；
- 支持基于 IEEE 802.3 ah 64/65 字节封装的 PTM 接口；和
- 支持可选的全数字模式。

2 参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其它参考文献的最新版本。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- [1] ITU-T Recommendation G993.1(2004), *Very high speed digital subscriber line transceivers (VDSL)*.
- [2] ITU-T Recommendation G994.1(2003). *Handshake procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers, plus Amendment 4(2006)*.

- [3] ITU-T Recommendation G.995.1(2001).*Overview of digital subscriber line (DSL) Recommendations.*
- [4] ITU-T Recommendation G.997.1(2006), *Physical layer management for digital subscriber line (DSL) transceivers.*
- [5] ITU-T Recommendation G.117(1996), *Transmission aspects of unbalance about earth.*
- [6] ITU-T Recommendation O.9(1999), *Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth.*
- [7] ITU-T Recommendation T.35 (2000), *Procedure for the allocation of ITU-T defined codes for non-standard facilities.*
- [8] ITU-T Recommendation G.9954(2005), *Phoneline networking transceivers-Enhanced physical, media access, and link layer specifications.*
- [9] ITU-T Recommendation G.992.1(1999), *Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers.*
- [10] ITU-T Recommendation G.992.3(2005), *Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2).*
- [11] ITU-T Recommendation G.992.5(2005), *Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers-Extended bandwidth ADSL2(ADSL2 plus).*
- [12] ISO 8601.2000, *Data elements and interchange formats-Information interchange-Representation of dates and times.*
- [13] ITU-T Recommendation I.361(1999), *B-ISDN ATM layer specification.*
- [14] ITU-T Recommendation I.432.1(1999), *B-ISDN user-network interface-Physical layer specification: General characteristics.*

3 定义

本建议书规定下列术语：

- 3.1 aggregate data rate 组合数据速率：**任何一个方向上的净数据速率加上开销数据速率（见表 5-1）。
- 3.2 aggregate downstream (upstream) transmit power 组合下行（上行）发送功率：**在整个下行（上行）通频带内所发送的功率。
- 3.3 anomaly 异常：**一个项目的实际特性和所希望的特性之间的不一致。所希望的特性可能以规格的形式来表示。异常可能影响或者可能不影响一个项目完成所要求的功能的能力。
- 3.4 band plan 频带规划：**将频谱分割成多个互相不重叠的频带，将其中每一个频带分配给上行或下行传输用。
- 3.5 bearer channel 承载信道：**在单个等待时间路径上，PMS-TC 和 PMD 子层在两个 TPS-TC 实体（每一个 VTU 一个）之间透明地传送的规定数据速率的数据流；它也称为“帧承载信道”（见附件 K）。
- 3.6 bidirectional net data rate 双向净数据速率：**上行和下行净数据速率之和。
- 3.7 blackout sub-carrier 屏蔽子载波：**接收机所选择的发信机不给分配功率的子载波。
- 3.8 channel 信道：**在两个方框之间传送信号的连接（所传送的信号代表信息）。信道还在一个方框和环境之间传送信号。信道可能是单向的或者可能是双向的。

3.9 channel discovery PSD 信道发现 PSD: 在初始化的信道发现阶段期间, VTU 在每一频率上(即在通带和阻带中)所发送信号的 PSD。下行和上行方向上信道发现 PSD 分别表示为 CDPSD_{ds} 和 CDPSD_{us}。

3.10 connection 连接: 所建立的传输信道或电路、交换和其它功能单元的联合体, 它用于在电信网中的两个或多个端点(方框)之间提供一个传送用户、控制和管理信息的工具。

3.11 data 数据: 在独立传送信息的信道上传送的所有比特或字节。数据包含用户数据和开销比特两类。数据不包含不传送任何信息的它们本身的比特或字节, 诸如在同步帧中的比特。也可参阅“数据帧”和“数据符号”。

3.12 data frame 数据帧: 在加上 FEC 字节以后和在交织处理以后, 在单个符号时间周期内, 从各已激活的等待时间路径来的比特所组成的帧, 数据帧是在 PMS-TC 和 PMD 子层之间的 δ 参考点上进行交流的。

3.13 data symbol 数据符号: 载送数据帧的 DMT 符号。

3.14 data symbol rate 数据符号率: 所传输的数据符号的平均数据速率(见 10.4.4)。它与“符号率”不相同。

3.15 defect 缺陷: 缺陷是指一个完成所要求的功能的项目的能力方面的有限的中断。它可能导致或者可能不导致维护动作, 取决于附加分析的结果。把导致完成所要求的功能的一个项目的能力降低的连续异常视为“缺陷”。

3.16 DMT superframe DMT 超帧: 后面跟随一个同步帧的 256 个连续的数据帧的集, 它们被调制到 257 个连续的符号上。

3.17 DMT symbol DMT 符号: 在一个符号周期期间, 从 DMT 调制器出来的时域取样, 它是在插入循环延伸和完成开窗口以及重迭和相加运算以后出现的(见 10.4.4)。在传送数据期间, 有两种类型的 DMT 符号: 数据符号和同步符号。

3.18 downstream 下行: 从业务提供商(运营商)到用户方向上的信息流。

3.19 electrical length 电长度: 环路衰减的估计, 它假设一个环路的所有路段都服从 \sqrt{f} 的衰减特性。特别是, 电长度是一个等效的具有理想的 \sqrt{f} 衰减特性的假想环路在 1 MHz 频率上的衰减, 单位用 dB。

注 — 由所跨接的分支口产生的衰减不符合 \sqrt{f} 特性, 所以, 在估计过程中, 不可能精确地表示出所跨接的分支口的效应。

3.20 frame 帧: 描述已排好次序的比特群的一个通用术语。例如, 参阅“数据帧”、“同步帧”和“开销帧”。

3.21 frame bearer 帧承载: 参阅“承载信道”的定义。

3.22 HDLC frame HDLC 帧: 封装到 HDLC 结构中的一组数据字节(见 8.2.3)。

3.23 indicator bits 指示位: 供操作和维护(OAM)用的比特。它被嵌入在开销字节中。

3.24 interface 接口: 两个方框之间的一个分界点, 信息通过这一点从一个方框向另一个方框流过去。接口可能是一个物理接口或者可能是一个逻辑接口。

3.25 layer/sub-layer 层/子层: 同一系列等级的对象的集合。

3.26 limit PSD mask 极限 PSD 掩模: 本建议书的一个附件中所规定的 PSD 掩模。在所有频率上（即通带和阻带中）都规定了极限 PSD 掩模。下行和上行方向上的极限 PSD 掩模分别用 LIMITMASK_{ds} 和 LIMITMASK_{us} 来表示。

3.27 line rate 线路速率: 在任何一个方向上，在 U-x 参考点上所传输的数据速率。这是总数据速率加上格状编码的开销。

3.28 logical (functional) interface 逻辑（功能的）接口: 规定信息流的语义的、句法的和符号的属性中的一个接口。逻辑接口没有规定表示该信息所使用的信号的物理性质。逻辑接口可能是一个内部的或外部的接口。它是由一套信息流和相关的协议栈来规定的。

3.29 loop timing 环路定时: 一种操作模式。在这一模式中，从接收到的信号中提取 VTU-R 时钟。在环路定时模式中，VTU-R 作为从钟进行工作；VTU-R 的发送和接收时钟等于 VTU-O 的发送时钟，但存在实施过程中引入的容差。

3.30 MEDLEY reference PSD MEDLEY 参考 PSD: 在初始化的训练阶段和信道分析及交换阶段期间，在每一频率上（即在通带和阻带中），VTU 所发送的各信号的 PSD。在下行和上行方向中的 MEDLEY 参考 PSD 分别用 MREFPSD_{ds} 和 MREFPSD_{us} 来表示。

3.31 MEDLEY reference PSD mask MEDLEY 参考 PSD 掩模: MEDLEY 参考 PSD 掩模是在每一频率上（即在通带和阻带中）由 PSD 上限值所限定的发送 PSD 掩模，并且在相当于所指定的 RFI 频带的频率上，它被限制于 -80 dBm/Hz。在上行方向上，根据 UPBO 的要求，MEDLEY 参考 PSD 掩模要进一步减小。在下行和上行方向上的 MEDLEY 参考 PSD 掩模分别表示为 MREFMASK_{ds} 和 MREFMASK_{us}。

3.32 MEDLEY set MEDLEY 集: SUPPORTEDCARRIERS 集的子集。它是在信道发现阶段期间被确定的，并且它包含信道发现阶段以后将用于传输初始化信号的子载波。对于 MEDLEY 集中的每一子载波而言，在信道分析和交换阶段期间， b_i 和 g_i 的值将要被交换。屏蔽的子载波不是 MEDLEY 集的一部分。对下行和上行方向的 MEDLEY 集分别用 MEDLEY_{ds} 和 MEDLEY_{us} 来表示。

3.33 message overhead data rate of latency path p 等待时间路径 p 的消息开销数据速率: 在任何一个传输方向上，为等待时间路径 p 的消息传送所支配的那部分开销数据速率（见表 5-1）。

3.34 MIB PSD mask MIB PSD 掩模: 运营商为了将通带中发送 PSD 的电平限制在可以应用的极限 PSD 掩模所容许的电平以下而规定的 PSD 掩模。MIB PSD 掩模只规定了通带以内，并且位于或低于极限 PSD 掩模。运营商可能在一个或两个传输方向上或者在通带的规定频带内，选择不规定 MIB PSD 掩模。下行和上行方向上的 MIB PSD 掩模分别表示为 MIBMASK_{ds} 和 MIBMASK_{us}。MIB PSD 掩模不包含对 RFI 频带的 PSD 要求，它们是分开作出规定的（见 RFI 频带）。

3.35 monitored sub-carrier 被监测的子载波: 它是 MEDLEY 集中 $b_i=0$ 和 $g_i>0$ 的子载波（但不是导频单音）。

3.36 mux data frame 复用数据帧: 在加上了开销数据字节以后，从在同一等待时间路径内的不同的承载信道来的字节的编组。

3.37 net data rate of bearer channel n 承载信道 n 的净数据速率: 在任何一个传输方向上，在用户平面的 α/β 接口上，单个承载信道 n 的数据速率（见表 5-1）。

- 3.38 net data rate of latency path p** 等待时间路径 p 的净数据速率：在等待时间路径 p 的所有承载信道上的净数据速率之和（见表 5-1）。
- 3.39 net data rate** 净数据速率：在所有等待时间路径上的净数据速率之和（见表 5-1）。
- 3.40 network** 网络：给用户连接业务的相互连接的元件的集合。
- 3.41 network timing reference** 网络定时参考：为支持定时参考在网络上分配所使用的 8 kHz 时标。
- 3.42 overhead data rate of latency path p** 等待时间路径 p 的开销数据速率：在任何一个传输方向上指配给等待时间路径 p 的开销信道的数据速率（见表 5-1）。
- 3.43 overhead data rate** 开销数据速率：在所有等待时间上的开销数据速率之和（见表 5-1）。
- 3.44 overhead (OH) frame** 开销 (OH) 帧：由一个 CRC 字节、后面有一个同步字节和随后的从其它开销信道来的字节所组成的帧（见表 9-4）。
- 3.45 overhead (OH) sub-frame** 开销 (OH) 子帧：OH 帧的一部分（见图 9-3）。
- 3.46 overhead (OH) superframe** 开销 (OH) 超帧：一个特定数目的连续开销帧，其中第 1 个开销帧载有值为 AC_{16} 的同步字节。开销超帧与 DMT 超帧没有关系。
- 3.47 passband** 通带：在一个方向上允许用于传输的那部分频谱。通带可能由多个不连在一起的频谱部分组成。上行和下行通频带取决于所选择的频带规划和简表。
- 3.48 primitives** 原语：通常从数字信号线路码和帧的格式得来的或者远端上的开销指示位所报告的性能的基本度量。性能原语分成事件、异常和缺陷三类。原语可能也是通常从设备指示器得到的其它量（例如交流或电池的功率）的基本度量。
- 3.49 PSD ceiling** PSD 上限：与频率无关（并由单个值所指示的）PSD 电平，当确定 MEDLEY 参考 PSD 掩模时，它对发送 PSD 掩模加以限制。在下行和上行方向中的 PSD 上限分别用 MAXMASK_{ds} 和 MAXMASK_{us} 来表示。PSD 上限确定了发送功率降低量，并且它是在初始化的信道发现阶段结束时设置的。在初始化的信道发现阶段期间所使用的下行和上行方向上的起始 PSD 上限分别用 CDMAXMASK_{ds} 和 CDMAXMASK_{us} 来表示（见 12.3.3）。
- 3.50 reference point** 参考点：在任何两个相关的方框之间的接口的集，信息通过它从一个方框流向另一个方框。参考点由一个或多个逻辑（非物理）的信息传送接口和一个或多个物理的信号传送接口组成。
- 3.51 RFI bands** RFI 频带：一个或多个由运营商规定的频带，VTU 在这一频带中发送的 PSD 不要高于 -80 dBm/Hz。规定了一套 RFI 频带 (RFIBANDS)，这一套 RFI 频带既应用于下行传输，也应用于上行传输。
- 3.52 showtime** 传送数据时间：初始化程序完成以后 VTU-O 或 VTU-R 达到的状态，在这个状态中传输承载信道的数据。
- 3.53 splitter** 分离器：将 VDSL2 信号从话音频带或 ISDN 信号中分离出来的一个滤波器（尽管话音频带信号的含义可能比 POTS 更广泛，仍经常将它称为 POTS 或 ISDN 分离器）。
- 3.54 sub-carrier** 子载波：离散多音 (DMT) 调制器的基本元素。调制器将信道的带宽分割成一套并行的子信道。每一子载波的中心频率是子载波，可能在子载波上对各比特进行调制，供信道上传输用（见第 10 节）。

3.55 sub-carrier group 子载波群: G (这里 $G=1、2、4$ 或 8) 个相邻子载波的组群。为了减少 VTU-O 和 VTU-R 必须存储的和在它们之间必须交流的测试参数数据点的数目, 使用子载波群。在一子载波群中的每一子载波以同一个值的测试参数来表征 (见 11.4.1)。

3.56 SUPPORTEDCARRIERS set SUPPORTEDCARRIERS 集: 分配给一个方向进行传输的子载波集。它由频带规划以及该运营商通过 CO-MIB 所加的任何限制 (例如 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所定义的 VDSL2-CARMASK) 所确定; 对下行和上行方向, 它分别用 SUPPORTEDCARRIERSds 和 SUPPORTEDCARRIERSus 来表示。

3.57 symbol 符号: 见 DMT 符号。

3.58 symbol rate 符号率: DMT 符号从 VTU-O 传输到 VTU-R 或反向传输用的速率。它是与“数据符号率”不相同的。

3.59 Syncbyte 同步字节: 每一开销帧的第 2 个字节。它表示 OH 帧是否是 OH 超帧中的第 1 帧。

3.60 Syncflag 同步标志: 同步符号。在同步符号内, 同步帧比特相对于最近所传输的同步符号所调制的同步帧, 极性反转 (即若前面的同步帧是全“0”, 同步标志将相当于全“1”的同步帧, 反之亦然)。使用同步标志来发出在线重新配置转换的信号。

3.61 sync frame 同步帧: 由全“0”或全“1”组成的帧, 同步帧根据 10.5.1 中的规定在同步符号上被调制。

3.62 sync symbol 同步符号: 载送同步帧的 DMT 符号。

3.63 system 系统: 用来达到实用的目的进行互动的物体的集合; 一般, 任一规模或结构的物体初步进行细分。

3.64 total data rate 总数据速率: 在任何一个方向上的组合数据速率加上里德—所罗门 FEC 开销的速率 (见表 5-1)。

3.65 transmit power back-off (PBO) 发信功率回退 (PBO): 为了频谱兼容的目的, 通过使用预先规定的方法对 PSD 进行成形、降低所发送的 PSD。降低量仅取决于环路条件, 并不取决于业务 (承载) 的要求, 如净数据速率、INP 和时延。

3.66 transmit power cut-back (PCB) 发送功率降低 (PCB): 利用 PSD 上限机制降低所发送的 PSD。PCB 取决于业务 (承载信道) 的要求, 如净数据速率、INP 和时延, 并取决于所希望的 SNR 余度。PCB 也适应远端接收机的动态范围。

3.67 transmit PSD mask 发送 PSD 掩模: 按照上下行方向上在每一频率上 (即在通带和阻带两者的频率上) 的如下三个参数, 即 1) 有关的极限 PSD 掩模; 2) MIB PSD 掩模 (如果作出了规定); 3) 由 VTU-O 所加的供货商自行决定的 PSD 掩模限制, 之中的最小值来导出的 PSD 掩模。下行和上行方向上发送 PSD 掩模分别用 PSDMASKds 和 PSDMASKus 来表示。

3.68 upstream 上行: 从用户到业务提供者 (运营商) 的方向上的信息流。

3.69 user 用户: 业务消费体或系统 (方框)。

3.70 voiceband 话音频带: 0 到 4 kHz; 为了处理比 POTS 更宽的话音频带业务从传统的 0.3 到 3.4 kHz 加以展宽。

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

AGC	自动增益控制
AN	接入节点
ATM	异步传送模式
ATM-TC	异步传送模式 — 传输会聚
BER	比特差错率
CE	循环延伸
CPE	客户驻地设备
CRC	循环冗余校验
DMT	离散多音
DS	下行
DSL	数字用户线
EC	回波抵消器（或抵消）
EIA	外部 OAM 接口适配器
eoc	嵌入操作信道
FCS	帧校验序列
FDD	频分双工
FEC	前向纠错
flcd-n	远端信元描绘丢失缺陷
flpr	远端功率原语丢失
GSTN	通用交换电话网
HDLC	高级数据链路控制
HPF	高通滤波器
IB	指示位
IDFT	反向离散傅立叶变换
INP	脉冲噪声保护
ISDN	综合业务数字网
lcd-n	信元描绘丢失缺陷
LCL	径度变换损耗
LOF	帧丢失
lom	余量损失缺陷
lom-fe	远端余量损失缺陷
LOS	信号丢失
los	信号丢失缺陷
los-fe	远端信号丢失缺陷

LPF	低通滤波器
lpf	功率原语丢失
LSB	最低有效位
LTR	本地定时参考
MBDC	最小双向净数据速率的容量
MDF	复用数据帧
MIB	管理信息库
MPS-TC	管理协议专用传输会聚
MSB	最高有效位
mux	复用器
NMS	网络管理系统
NSC _{us}	在 MEDLEY _{us} 集的子载波数
NSC _{ds}	在 MEDLEY _{ds} 集的子载波数
NSF	非标准设备
NT	网络终端
NTR	网络定时参考
OAM	操作、管理和维护
OH	开销
OLR	在线重新配置
ONU	光网络单元
PMD	物理媒质有关
PMS	物理媒质专用
PMS-TC	物理媒质专用传输会聚
POTS	普通的老式电话业务，使用话音频带的业务之一，有时用作所有话音频带业务的描述符
PRBS	伪随机二进制序列
PSD	功率谱密度
PTM	包传送模式
PTM-TC	包传送模式传输会聚
QAM	正交幅度调制
rdi	远端缺陷指示
RFI	射频干扰
rms	均方根
RS	里德—所罗门
RX (Rx)	接收机
SC	分段码

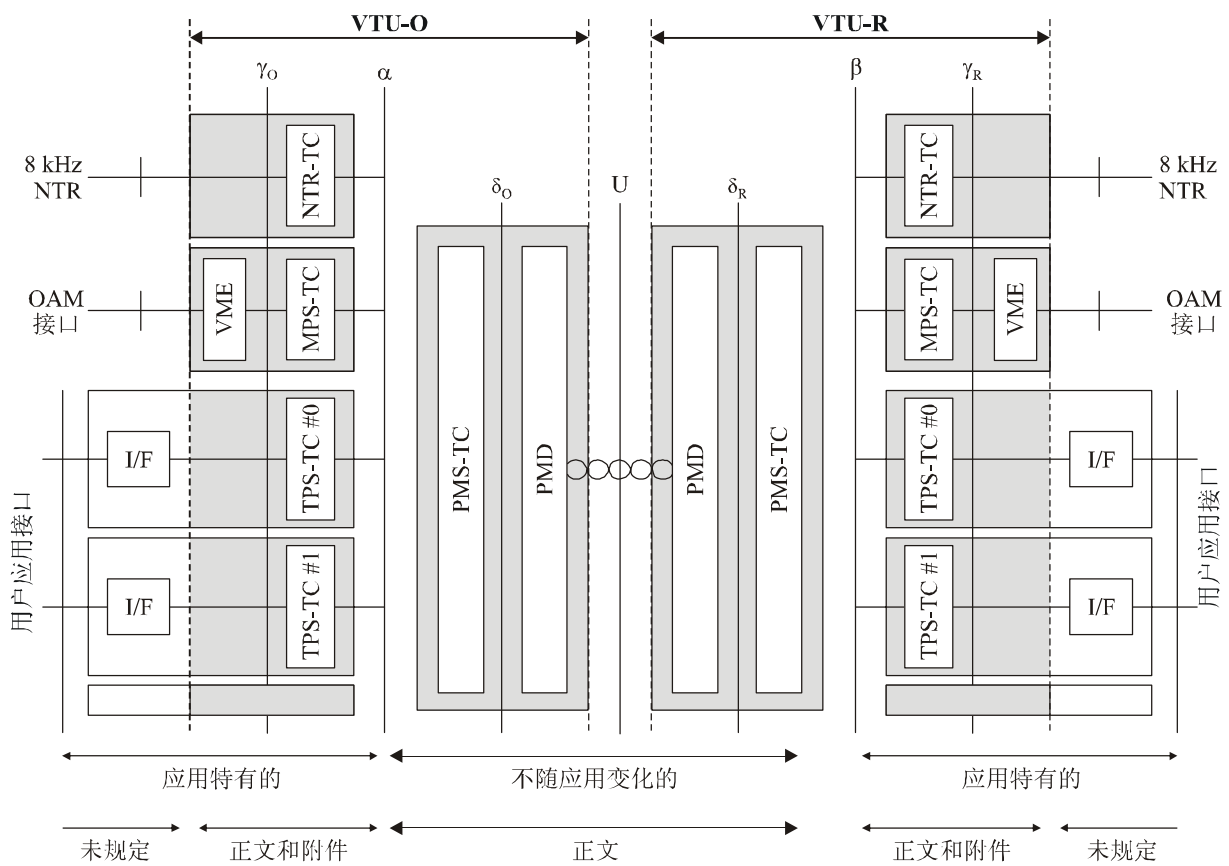
sef	严重误帧缺陷
SNR	信号噪声比
SOC	专用操作信道
STM	同步传送模式
STM-TC	同步传送模式 — 传输会聚
TA	定时超前
TC	传输会聚
TCM-ISDN	时间压缩复用 — 综合业务数字网
TEQ	时域均衡器
TPS	传送协议专用
TPS-TC	传送协议专用 — 传输会聚
TX (Tx)	发信机
UPBO	上行功率回退
US	上行
VDSL	甚高速数字用户线
VME	VDSL2 管理实体
VTU	VDSL2 收发信机单元
VTU-O	在 ONU 上的 VTU (或中心局、交换机、机柜等, 即环路的运营商端)
VTU-R	在远端的 VTU (即环路的用户端)

5 参考模型

在本节中所规定的 VDSL2 器件的功能、应用和协议的参考模型在 ITU-T G.995.1 建议书[3]中所描述的 DSL 建议书族内都适用。此外, VDSL2 器件依靠在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所描述的组成部件。

5.1 VTU功能模型

VDSL2 的功能模型, 包括本建议书中参考的 VTU-O 和 VTU-R 的功能方框和接口, 如图 5-1 所示。该模型说明了 VDSL2 的最基本的功能, 它包含不随应用变化的部分和应用特有的部分两部分。不随应用变化的部分是由与物理媒质有关 (PMD) 的子层和传输会聚子层 (PMS-TC) 的物理媒体特有的部件所组成, 它们分别在第 10 和 9 节中做了说明。与用户平面有关的应用特有的部件在第 8.1 节和附件 K 中做了详细说明, 并且它们局限于传送协议专用传输会聚 (TPS-TC) 子层和应用接口。管理协议专用传输会聚 (MPS-TC) 供传送管理数据用, 并在第 8.2 节中做了描述。VDSL2 管理实体 (VME) 支持管理数据通信协议, 并在第 11.2 节中做了描述。在更高的各层上的管理平面功能一般受运营商的网路管理系统 (NMS) 所控制, 在图 5-1 中没有表示出来。NTR-TC 支持把 8 kHz 的网络定时参考 (NTR) 传送给 VTU-R, 并在第 8.3 节中做了描述。



G.993.2_F05-1

图 5-1/G.993.2—VDSL2和VTU功能模型

PMD 的主要功能是符号定时产生和恢复、编码和解码以及调制和解调。PMD 可能还包含回波抵消和线路均衡。

PMS-TC 子层包含成帧和帧同步功能、以及前向纠错（FEC）、误码检测、交织和去交织、扰码和解扰码功能。此外，PMS-TC 子层提供了一个开销信道，用它传送管理数据（由 VME 产生的控制消息）。

PMS-TC 通过 δ 接口与 PMD 相连接，并且分别在 VTU-O 和 VTU-R 中的 α 和 β 接口上与 TPS-TC 相连接。

TPS-TC 是应用特有的，并且它主要用于将可以应用的数据传送协议变换成在 α 和 β 接口上要求的统一格式，并且用于在用户数据和由 VTU 建立的数据链路之间提供比特率的适配。取决于特定的应用场合，TPS-TC 子层可以支持一个或多个用户数据的信道。TPS-TC 分别通过 γ_R 和 γ_O 接口与 VTU-R 和 VTU-O 的用户数据接口方框进行通信。数据接口方框的定义超出了本建议书的范围。MPS-TC 和 NTR-TC 分别为管理数据和 8 kHz NTR 信号提供 TPS-TC 功能。

VME 功能便于 VTU 的管理。它按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的描述，与管理平面中的更高层管理功能，如控制 CO-MIB 的 NMS 进行通信。管理信息通过由 PMS-TC 所提供的开销信道在 VTU-O 和 VTU-R 的 VME 功能之间进行交换。MPS-TC 将进来的管理数据交换成 α 和 β 接口上所要求的统一的格式，以便将它复用成 PMS-TC。管理信息包括异常和缺陷的指示以及有关的性能监视计数器的指示和便于供更高层功能使用、特别为测试目的而规定的程序的管理命令/响应消息。

α 、 β 、 γ_R 和 γ_O 接口仅供逻辑分离用并被定义为一套功能原语；并不期望它们在物理上是可以接近的。至于用户数据平面， γ_R 和 γ_O 接口分别与图 5-4 中所表示的 T 和 V 接口等效。

5.2 用户平面协议参考模型

用户平面协议参考模型示于图 5-2，并且相当于图 5-1 中所示的 VDSL2 的功能模型。为了强调本建议书的分层特性和为了提供一个与 ITU-T G.995.1 建议书[3]中所表示的通用 xDSL 协议参考模型相一致的形式，还包含用户平面协议参考模型。

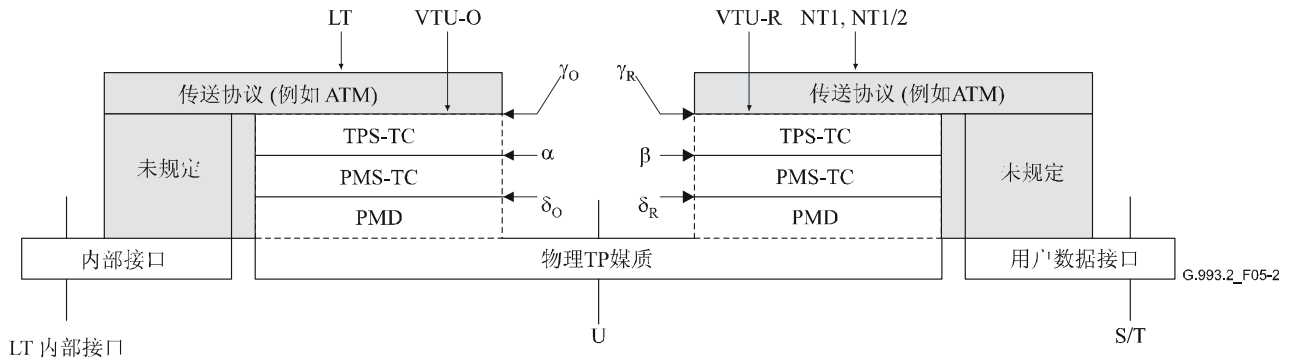


图 5-2/G.993.2—用户平面协议参考模型

表 5-1 中汇集了在不同参考点上可以应用的数据速率的术语和定义。这些参考点指的是在图 5-2 中的参考模型和图 9-1 中的 PMS-TC 功能模型中所表示出来的参考点。

表 5-1/G.993.2—数据速率的术语和定义

数据速率	符号/方程	参 考	参 考 点
(等待时间路径 p 的) 承载信道 n 的净数据速率	NDR_{pn}	表 9-6	α, β (用户平面)
等待时间路径 p 的净数据速率	$NDR_p = \sum_n NDR_{pn}$	表 9-6	α, β (用户平面)
净数据速率	$\sum_p NDR_p$	—	α, β (用户平面)
等待时间路径 p 的开销数据速率	OR_p	表 9-6	α, β (管理平面)
开销数据速率	$\sum_p OR_p$	表 9-6	α, β (管理平面)
等待时间路径 p 的消息开销数据速率	msg_p	表 9-6	α, β (管理平面)
等待时间路径 p 的组合数据速率=等待时间路径 p 的净数据速率+等待时间路径 p 的开销数据速率	$NDR_p + OR_p$	表 9-6, 9.1	A
组合数据速率=净数据速率+开销数据速率	$\sum_p NDR_p + OR_p$	表 9-6, 9.1	A
等待时间路径 p 的总数据速率=等待时间路径 p 的组合数据速率+等待时间路径 p 的 RS 编码开销	$TDR_p = L_p \times f_s$	表 9-6, 9.1	C
总数据速率=组合数据速率+RS 编码开销	$TDR = \left(\sum_p L_p \right) \times f_s$	表 9-6, 9.1	δ
线路速率=总数据速率+格状编码开销速率	$\left(\sum_i b_i \right) \times f_s$	10.3.3, 10.4.4	U
双向净数据速率 (与 MBDC 有关)	$\sum_p NDR_{DS_p} + \sum_p NDR_{US_p}$	表 9-6	α, β (用户平面)

5.3 管理平面参考模型

管理平面协议参考模型如图 5-3 所示，并且对应于图 5-1 中所示的 VDSL2 功能模型。管理平面协议参考模型与通过 VDSL2 链路传送管理数据有明确的关系。

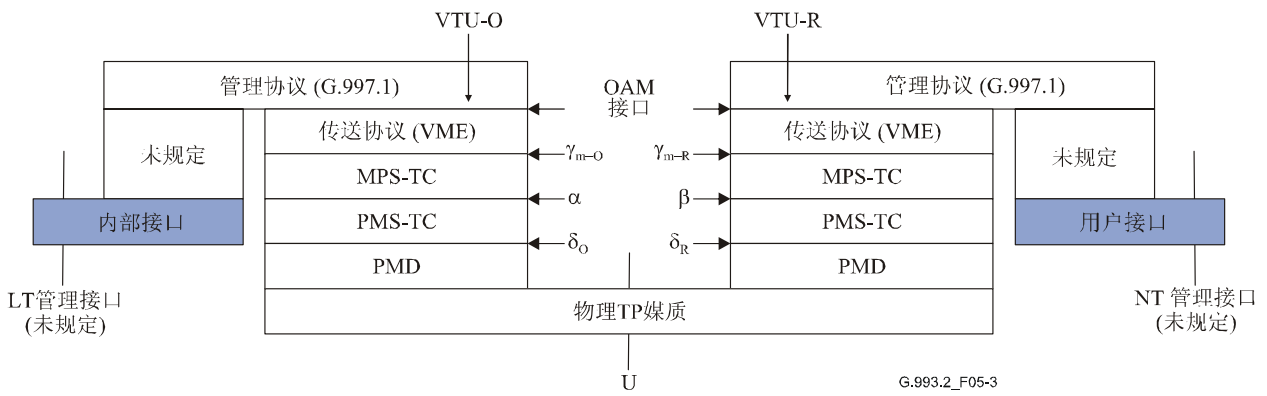


图 5-3/G.993.2—管理平面协议参考模型

5.4 应用参考模型

VDSL2 的应用模型是基于 6.1/G.995.1[3]中所描述的通用参考配置。有下面三种独立的应用模型：

- 只有数据业务；
- 数据业务和基础的 POTS 业务；和
- 数据业务和基础的 ISDN 业务。

远端用一个分离器可以方便地部署具有 POTS 或 ISDN 业务的应用参考模型，如图 5-4 所示。无分离器的远端部署的应用模型如图 5-5 所示。为了在 VTU-R 和窄带网络的 CPE（如电话机、话音频带调制解调器或 ISDN 终端等）之间提供附加的隔离度，可能还包括一个可选的低通滤波器。

图 5-4 和图 5-5 中所表示的应用模型中的滤波器（HPF 和 LPF）的位置只表示了功能上的位置。分离器和滤波器的物理位置和具体的特性可能在不同地区会有特殊的要求。可以用各种不同的方法来实现图 5-4 中所表示的 CPE 侧的滤波器，包括分离器和串联式滤波器、与 VTU 器件集成在一起的滤波器以及与窄带网络 CPE 集成在一起的滤波器。

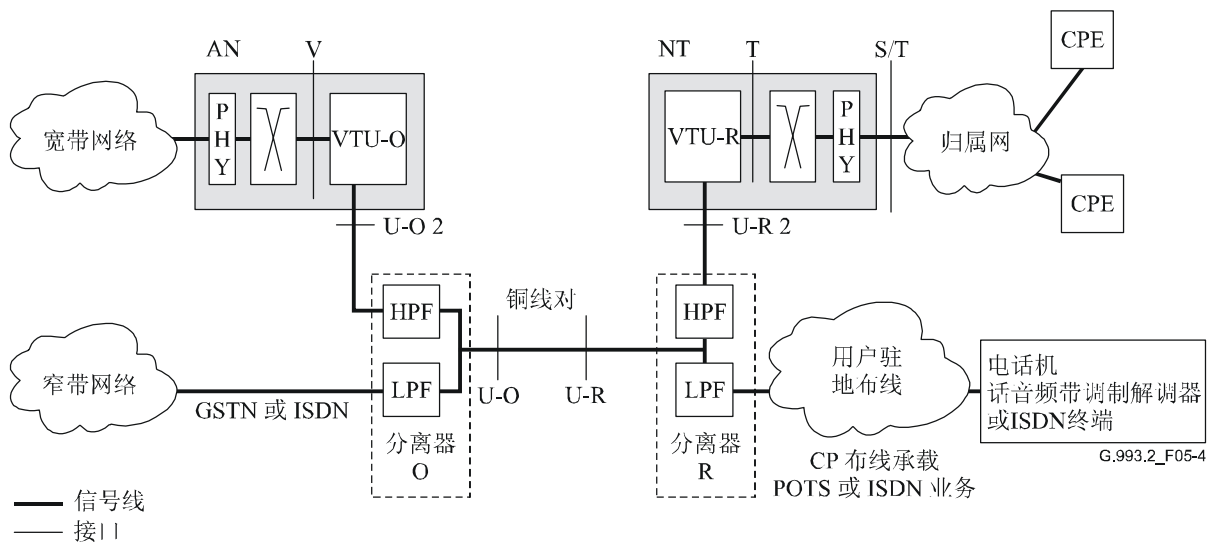


图 5-4/G.993.2—用于远端部署的具有分离器的通用应用参考模型

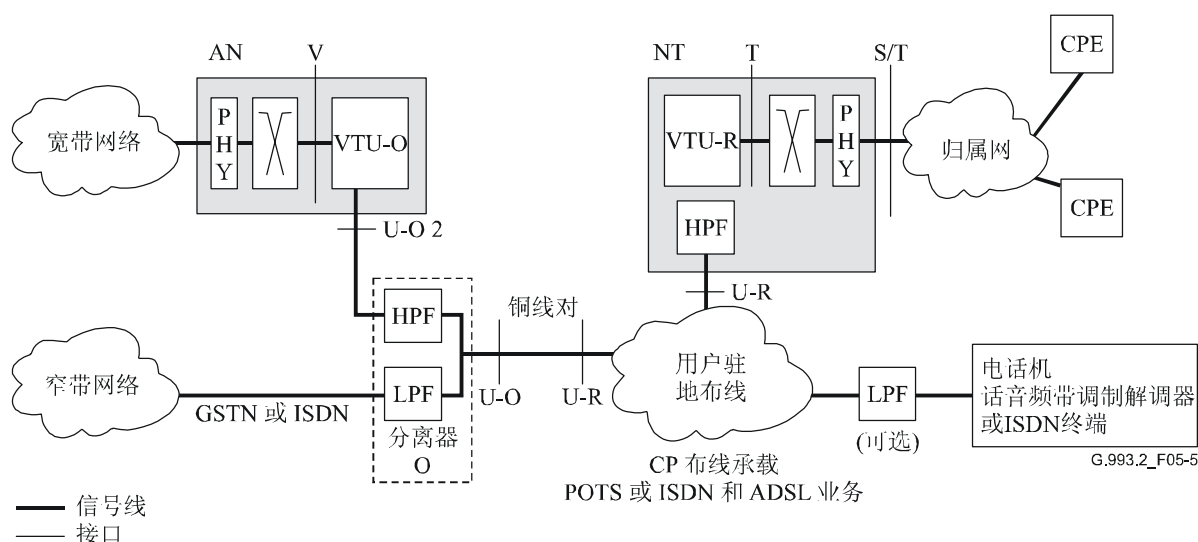


图 5-5/G.993.2—无分离器时远距离部署的通用应用参考模型

注 1 — U-O 和 U-R 接口在本建议书做了完整的定义。V 和 T 接口仅以逻辑功能做了规定，没有规定物理上的实现方案。本建议书没有对 S/T 接口作出规定。

注 2 — 当将接口元件集成到公共元件中时，V 和 T 接口的装置是可选的。

注 3 — 作为分离器的一部分的一个或两个高通滤波器可能集成到 VTU 中去。如果这样的话，U-O2 和 U-R2 接口分别变成与 U-O 和 U-R 接口相同的接口。

注 4 — 可以定义不止一种 T 接口，并且可以从 VDSL2 NT（例如 NT1 或 NT2 型功能块）提供不止一种 S/T 接口。

注 5 — 业务分离器（Splitter O）的规范可以在 14.2 中找到。在地区性的附件中也可以找到更详尽的规范（例如见附件 C.3）。

注 6 — 在图 5-5 中的客户驻地处所表示的低通滤波器也称为串联滤波器。串联滤波器的特性超出了本建议书的范围，并且通常由地区性标准化组织制定它的规范。

注 7 — 由于驻地内布线的拓扑结构和它的质量的不确定性，以无分离器远端部署模式工作的 VDSL2 很可能会受到严重的业务损伤。特别是，星形拓扑布线的习惯做法将导致由于次信号反射而引起的在传输路径的频率响应中有深的凹陷。此外，平衡度差、选的路由靠近电气上的噪声源和暴露于强无线电信号下都会导致高水平的射频干扰（RFI）。

注 8 — 接入节点（AN）由 VTU-O、交叉连接（它包含用于与宽频带网络连接的交换机和互通功能）和与宽带网络的物理接口（在图 5-4 和图 5-5 中标有 PHY 字样）组成。网络终端（NT）由 VTU-R、交叉连接（它包含连接到归属网的交换机和互通功能）和与归属网的物理接口（图 5-4 和图 5-5 中标有 PHY 字样）组成。本建议书仅提出了 VTU-O 和 VTU-R 的定义。

5.4.1 数据业务

为了提供只有数据的业务，VDSL2 可能以全数字模式工作，没有为基本业务保留任何带宽。VDSL2 系统也可以给基本的 POTS 和 ISDN 保留带宽（即使没有基本业务）的情况下，提供只有数据的业务。

图 5-6 说明了在 VDSL2 上传送数据业务的典型应用模型。VTU-R 是 VDSL2 NT 的一部分，通常将它连接到一个或多个用户终端，而且它可能包含数据终端、电信设备或其它器件。这些连接称为 S/T 参考点。

VTU-R 和 VTU-O 之间通过一对铜线相连接，客户驻地的端点称为 U-R 参考点和网络端点称为 U-O 参考点。VTU-O 是接入节点（AN）的一部分。通常，它在 V 参考点上与宽带接入网络相连接。在这一应用模型中，在与 VDSL2 同一对铜线上，没有承载基本的窄带业务。

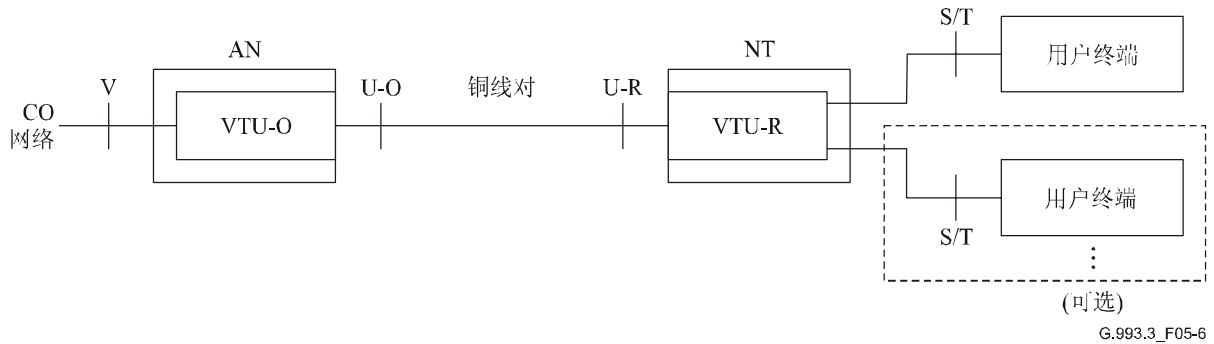


图 5-6/G.993.2—数据业务应用模型

5.4.2 具有POTS业务的数据业务

在同一对铜线上通过 VDSL2 与基本的 POTS 业务一起传送数据业务的典型应用模型在图 5-7 中做了说明（远端部署了分离器）。VTU-R 是 VDSL2 NT 的一部分，通常它与一个或多个用户终端相连接，它可能包含数据终端、电信设备或其它器件。这些连接称为 S/T 参考点。用一个高通滤波器（HPF）和低通滤波器（LPF）的组合将 VTU-R 与窄带器件分隔开来。一个或多个窄带器件（POTS 电话、电话应答器件、语音频带模拟调制解调器或其它器件）也是客户驻地上的应用模型的一部分。在具有分离器的远端部署中，窄带器件通过一个公共的低通滤波器元件与 U-R 参考点相连接。

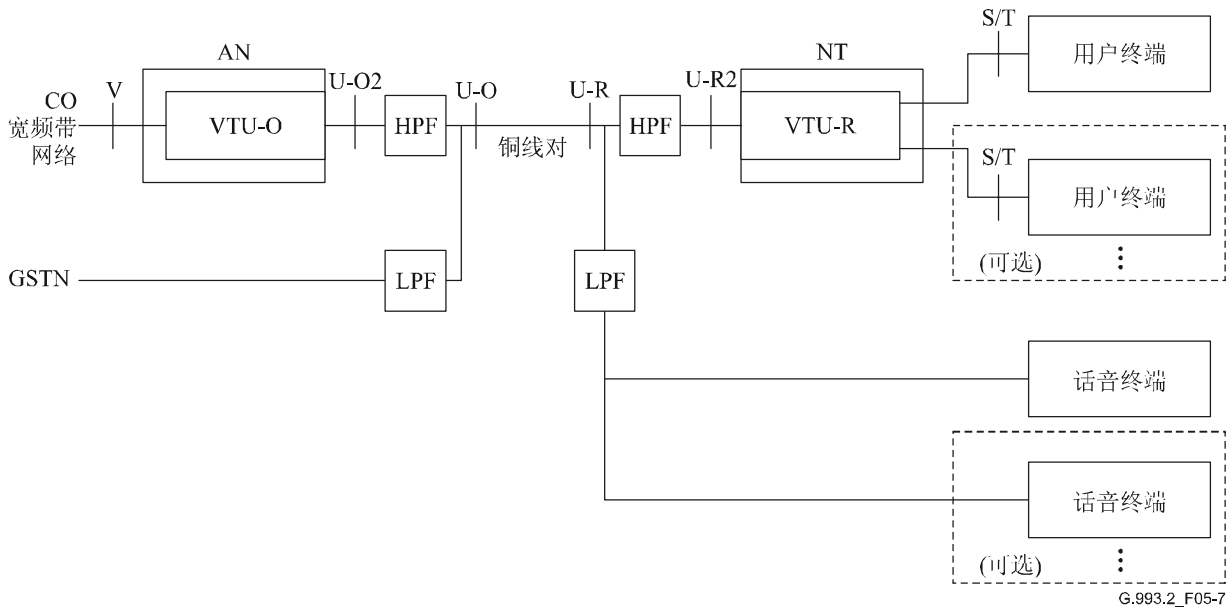


图 5-7/G.993.2—具有分离器时远端部署用的数据和POTS业务的应用模型

图 5-8 表示了一个无分离器的远端部署图。在无分离器远端部署方案中，窄频带器件可以直接或者通过每一器件一个低通滤波器（LPF）与 U-R 参考点相连接。

VTU-O 是 AN 的一部分，通常它在 V 参考点上与宽频带接入网相连接。VTU-O 通过一个高通滤波器（HPF）与 U-O 参考点相连接。在 U-O 参考点上所配装的低通滤波器（LPF）将 VTU-O 与 GSTN 网络隔离开来。

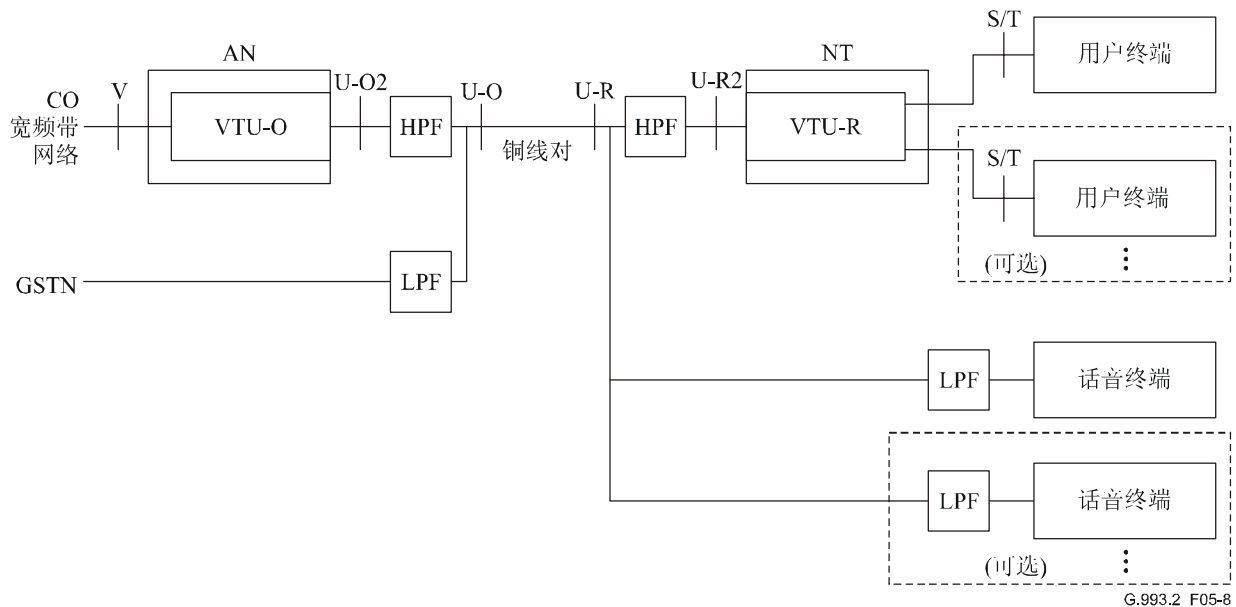


图 5-8/G.993.2—用于无分离器远端部署的数据和POTS业务的应用模型

注 1 — 在图 5-8 中客户驻地上所表示的低通滤波器也称为串联滤波器。串联滤波器的特性超出了本建议书的范围，并且一般由地区性标准化组织来制定它的规范。

注 2 — 由于驻地内布线的拓扑结构和它的质量的不确定性，以无分离器远端部署模式工作的 VDSL2 很可能会受到严重的业务损伤。特别是，星形拓扑布线的习惯做法将导致由于信号的多次反射引起的传输路径的频率响应中有深的凹陷。此外，平衡度差，选的路由靠近电气噪声源和暴露于强无线电信号下都能够导致高水平的射频干扰（RFI）。

5.4.3 具有ISDN业务的数据业务

在同一对铜线上，用于 VDSL2 上的数据业务和基本的 ISDN 业务一起传送的典型应用模型在图 5-9 中做了说明。VTU-R 是 VDSL2 NT 的一部分，它通常与一个或多个用户终端相连接。用户终端可能包含数据终端、电信设备或其它器件。这些连接称为 S/T 参考点。用高通滤波器（HPF）把 VTU-R 与铜线对隔离开来。用低通滤波器（LPF）把客户驻地上的 ISDN NT 与铜线对隔离开来。一个或多个话音频带或 ISDN 终端（例如 POTS 或 ISDN 电话、电话应答器件、话音频带模拟调制器或其它器件）与 ISDN NT 相连接。

VTU-O 是 AN 的一部分，通常它在 V 参考点上与宽频带接入网相连接。VTU-O 通过高通滤波器（HPF）与 U-O 参考点相连接。在 U-O 参考点上装的低通滤波器（LPF）将 VTU-O 与 ISDN 网络隔离开来。

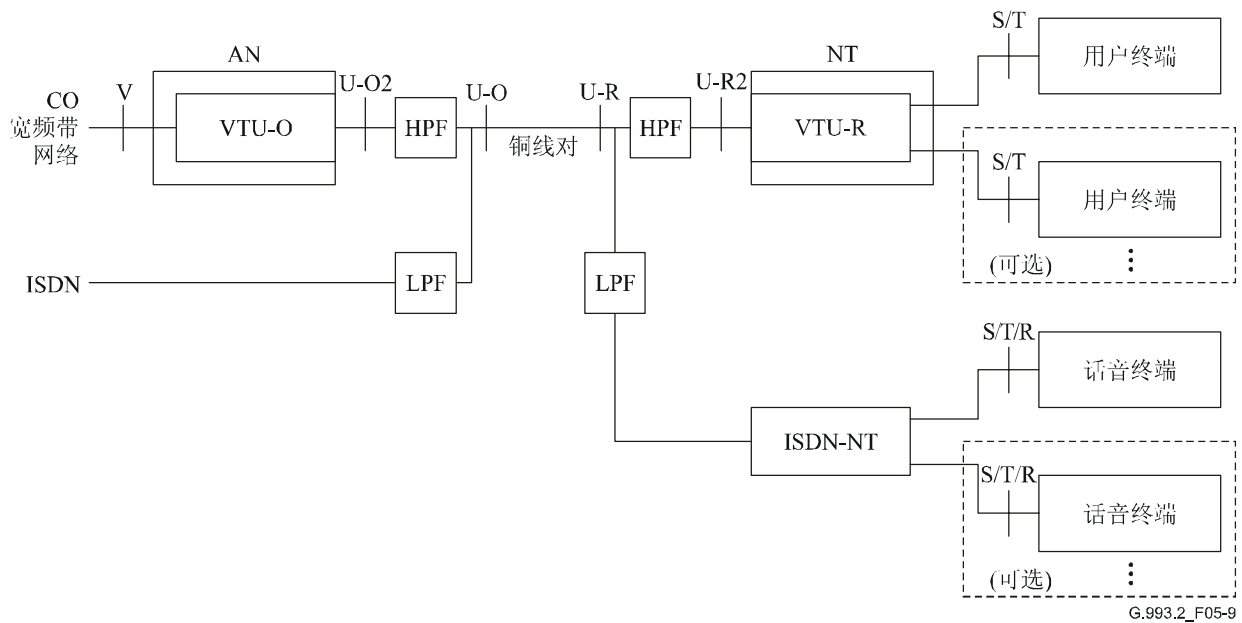


图 5-9/G.993.2—具有ISDN的数据业务的应用模型

6 简表

6.1 定义

本建议书对可能由 VDSL2 收发信机所支持的各种各样的参数规定了相当宽的设置范围。为了使收发信机有可能支持所允许的设置子集，规定了多个简表，并且这些简表仍然与本建议书相一致。多个简表的规范使得供货商有可能限制实现的复杂性和开发出以具体业务要求为目标的装备。

符合本建议书的 VDSL2 应该至少符合本建议书中规定的一个简表。允许符合不止一个简表。除了至少符合一个简表外，VDSL2 收发信机应该至少符合用于规定频谱特性的一个附件（见附件 A、B 和 C）。

表 6-1 规定了 8 种 VDSL2 的简表（8a、8b、8c、8d、12a、12b、17a 和 30a）。

注 — 某些参数值与可以应用的频率规划有关。在第 3 和 6.2 节中提供了各参数的明确的定义。

表 6-1/G.993.2—VDSL2简表

频率规划	参 数	简表的参数值							
		8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
全部	最大组合下行发送功率 (dBm)	+17.5	+20.5	+11.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5
全部	最小组合下行发送功率 (dBm)	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究
全部	最大的组合上行发送功率 (dBm)	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5
全部	最小的组合上行发送功率 (dBm)	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究	进一步研究
全部	子载波间隔 (kHz)	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	8.625
全部	上行频带零的支持 (US0)	要求	要求	要求	要求	要求	不要求	不要求	不要求
全部	双向净数据速率的最小容量 (MBDC)	50 Mbit/s	50 Mbit/s	50 Mbit/s	50 Mbit/s	68 Mbit/s	68 Mbit/s	100 Mbit/s	200 Mbit/s
全部	交织器和去交织器的组合时延 (字节)	65536	65536	65536	65536	65536	65536	98304	131072
全部	最大交织深度 (D_{max})	2048	2048	2048	2048	2048	2048	3072	4096
全部	参数 (1/S) $_{max}$ 下行	24	24	24	24	24	24	48	28
全部	参数 (1/S) $_{max}$ 上行	12	12	12	12	24	24	24	28

表 6-1/G.993.2—VDSL2简表

频率规划	参 数	简表的参数值							
		8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
附件 A 附件 B (998)	所支持的最高下行数据承载的子载波的指数 (频带上限频率, 单位 MHz, (资料性的))	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	N/A	N/A
	所支持的最高上行数据承载子载波的指数 (频带上限频率, 单位 MHz (资料性的))	1205 (5.2)	1205 (5.2)	1205 (5.2)	1205 (5.2)	2782 (12)	2782 (12)	N/A	N/A
附件 B (997)	所支持的最高下行数据承载子载波的指数 (频带上限频率, 单位 MHz (资料性的))	1634 (7.05)	1634 (7.05)	1634 (7.05)	1634 (7.05)	1634 (7.05)	1634 (7.05)	N/A	N/A
	所支持的最高上行数据承载子载波的指数 (频带上限频率, 单位 MHz (资料性的))	2047 (8.832)	2047 (8.832)	1182 (5.1)	2047 (8.832)	2782 (12)	2782 (12)	N/A	N/A

表 6-1/G.993.2—VDSL2简表

频率规划	参 数	简表的参数值							
		8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
附件 C	所支持的最大下行子载波的指数（上限频率，MHz（资料性））	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	1971 (8.5)	4095 (17.664)	2098 (18.1)
	所支持的最大上行子载波的指数（上限频率，MHz（资料性））	1205 (5.2)	1205 (5.2)	1205 (5.2)	1205 (5.2)	2782 (12)	2782 (12)	2782 (12)	3478 (30)

注 1 — 最小的组合发送功率值正在进一步研究。本建议书的下一个版本可能根据满足业务指标和线路驱动器的实际设备所要求的功率的一致理解规定这些值。

注 2 — 容许的频带由本建议书的附件中所规定的可用 PSD 掩模的要求来确定，局限于装备支持的简表所保证的能力。

注 3 — US0 频率的分配由本建议书的附件中所规定的可用 PSD 掩模的要求来确定。

注 4 — D_{max} 从交织器和去交织器的组合时延导出，用这一组合时延的量除以 32 来求出。

6.2 简表参数的定义

每一简表为下面的参数规定了标称值：

- 在下行和上行方向上最大组合发送功率；
- 在下行和上行方向上最小组合发送功率；
- 子载波间隔；
- 是否要求支持上行频带零（US0）；
- 双向净数据速率的最小容量（MBDC）；
- 交织器和去交织器组合时延（字节）；
- 在下行和上行方向上支持的最高承载数据子载波的指数（与频率规划有关）；
- 最大交织深度；和
- 参数 $(1/S)_{max}$ 。

在下面的小节中明确地规定了这些参数。

6.2.1 最大下行组合发送功率

为了符合特定简表的要求，调制解调器的下行组合发送功率不得超过表 6-1 中标有“下行的最大组合发送功率”的那一行中所规定的值。

6.2.2 下行最小组合发送功率

正在进一步研究。

6.2.3 上行最大组合发送功率

为了符合特定简表的要求，调制解调器的上行组合发送功率不得超过表 6-1 中的标有“上行最大组合发送功率”那一行中所规定的值。

6.2.4 上行最低组合发送功率

正在进一步研究。

6.2.5 要求的子载波间隔

在 10.4.2 中规定了子载波的间隔。为了符合一个简表，调制解调器应该支持在那一简表中所规定的要求的子载波间隔。

6.2.6 上行频带零 (US0) 的支持

这一参数规定是否要求一个符合要求的调制解调器支持上行频带零 (US0)。符合强制支持 US0 的一个简表的 VTU-O 调制解调器必须能够接收 US0。符合强制支持 US0 的一个简表的 VTU-R 必须能够发送 US0。

若不支持 US0，上行通频带必须排除 US0。

在本建议书的地区性的附件中，规定了对频带 US0 的频率分配。

6.2.7 要求的最小双向净数据速率的容量 (MBDC)

双向净数据速率的容量是调制解调器能够支持的双向净数据速率的最大值。所要求的最小双向净数据速率的容量 (MBDC) 是符合一个简表的调制解调器必须能够支持的双向净数据速率的最小值。

6.2.8 交织器和去交织器的组合时延

所要求的交织器和去交织器的组合时延是用两个等待时间路径上的上行和下行方向上的端对端时延的和来规定的，用字节数来表示。所以，它包含两个 VTUs。图 6-1 说明了具有两个等待时间路径和它们的交织器和去交织器的端到端连接。

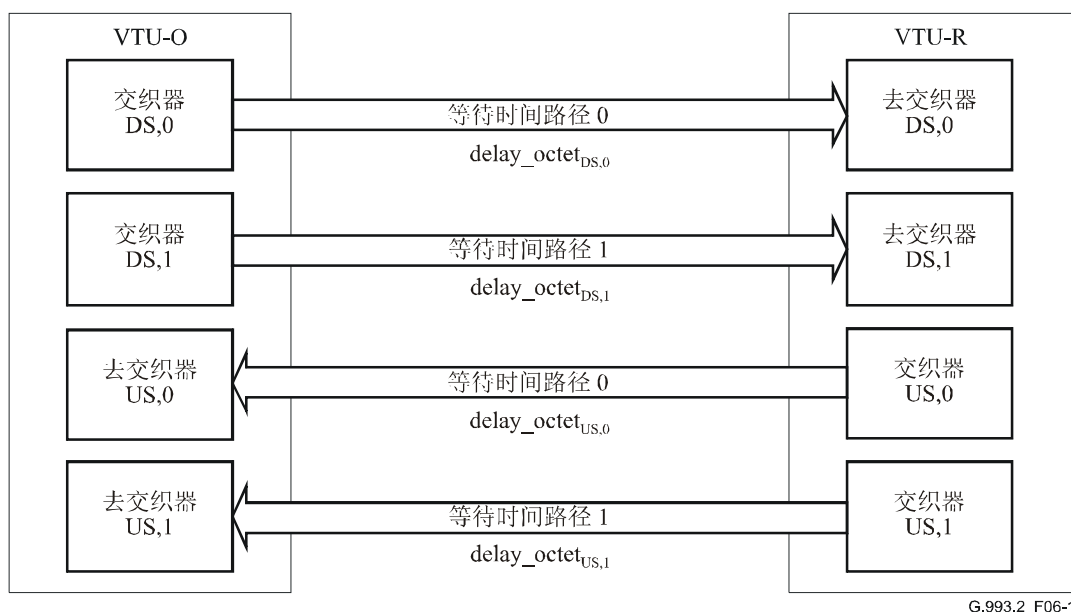


图 6-1/G.993.2— 在每一个简表中所规定的构成交织器和去交织器的组合时延的所有等待时间路径的示意图

在路径 p ($p=0, 1$) 的一对交织器和去交织器中的端对端时延 (字节) 由下式给出:

$$\text{delay_octet}_{x,p} = (I_{x,p} - 1) \times (D_{x,p} - 1)$$

式中传输方向 x 或者是下行的 DS 或者是上行的 US。 $I_{x,p}$ 是交织器的块长度, 而 $D_{x,p}$ 是交织器的交织深度。

每一等待时间的每一交织器和每一去交织器至少要求存储器的 ($\text{delay_octet}_{x,p}/2$) 字节, 以满足这一时延的要求。实际使用的存储器量是随设备而定的。

参照图 6-1, 将交织器和去交织器的组合时延规定为 $\text{delay_octet}_{DS,0} + \text{delay_octet}_{DS,1} + \text{delay_octet}_{US,0} + \text{delay_octet}_{US,1}$, 之和。

可以将它改写成如下形式:

$$\sum_p (I_{US,p} - 1) \cdot (D_{US,p} - 1) + (I_{DS,p} - 1) \cdot (D_{DS,p} - 1)$$

VDSL2 调制解调器必须符合下面的要求:

$$\sum_p (I_{US,p} - 1) \cdot (D_{US,p} - 1) + (I_{DS,p} - 1) \cdot (D_{DS,p} - 1) \leq \text{MAXDELAYOCTET},$$

其中求和是在所有等待时间路径上进行的, 而且 MAXDELAYOCTET 是表 6-1 中为该简表所规定的“交织器和去交织器的组合时延”, 单位为字节。

为了满足这一要求, 在收发信机 (VTU-O 或 VTU-R) 中所要求的最低存储器的量为 $\frac{\text{MAXDELAYOCTET}}{2}$ 字节。实际所用的存储器量是随设备而定的。

6.2.9 所支持的承载下行数据的最高子载波的指数

所支持的承载下行数据的最高子载波的指数是与频率规划有关的参数。它规定了可以用于下行传输的最高频率子载波的指数。符合一个简表的 VTU-O 的调制解调器必须能够发送承载数据的子载波, 子载波

的指数最大达到（并包含）该简表在标题“所支持的下行最大的承载数据的子载波的指数”的那一行中所规定的指数。调制解调器不得发送其指数高于该指数的承载数据的子载波。

注一 上限频率在子载波指数后面的圆括号中出现。根据上限频率已经推导出下行最大的承载数据的子载波的指数。上限频率是资料性的数据。

6.2.10 所支持的承载上行数据的最高子载波的指数

所支持的上行承载数据的最高子载波的指数是一个与频率规划有关的参数。它规定了可以用于上行传输的最高频率子载波的指数。符合一个简表的 VTU-R 调制解调器必须能够发送承载数据的子载波，子载波的指数可高达（并包含）在该简表的标题“所支持的上行最高承载数据的子载波的指数”那一行中所规定的指数。调制解调器不得发送其指数高于该指数的承载数据的子载波。

注一 上限频率在子载波指数后面的圆括号内出现，根据上限频率已经推导出上行承载数据的最高子载波的指数。上限频率是资料性的数据。

6.2.11 最大交织深度

9.4 中有交织深度的定义。为了符合特定的简表，调制解调器能够提供的交织深度必须达到并包含表 6.1 中标有“最大交织深 (D_{max})”那一行中规定的 D_{max} 的值。

6.2.12 参数 $(1/S)_{max}$

参数 $(1/S)_{max}$ 规定了调制解调器能够在在一个 DMT 符号期间发送的 FEC 码字的最大数目（详细的定义见 9.5.5）。为了符合特定的简表，按照表 6-1 中标有“参数 $(1/S)_{max}$ 下行”和“参数 $(1/S)_{max}$ 上行”的那一行中的规定，调制解调器的每一 DMT 符号必须能发送最高达并包含每个 DMT 符号的任何有效大小的 $(1/S)_{max}$ FEC 码字。

6.3 简表一致性

为了与所选择的简表相一致，VTU-O 调制解调器必须：

- 能够在该简表中所规定的子载波间隔值发送子载波；
- 对可以应用的频率规划，能够发送具有最高达（并包含）该简表的标题“所支持的下行最高承载数据的子载波的指数”那一行中所规定的指数的承载数据子载波；
- 若该简表强制要求支持 US0，必须能够支持 US0；
- 支持在简表中规定的交织器和去交织器的组合时延（字节）；
- 上行和下行都支持最高达（并包含） D_{max} 在内的所有 D 值；
- 支持最高达（并包含） $(1/S)_{max}$ 上行和 $(1/S)_{max}$ 下行在内的所有 $1/S$ 值；和
- 支持它的 MBDC。

为了符合所选择的简表，VTU-R 调制解调器必须：

- 能够以在该简表中所规定的子载波间隔值发送子载波；

- 对于可以应用的频率规划，能够发送子载波指数高达（并包含）该简表的标题“所支持的上行承载数据的最高子载波的指数”的那一行中所规定的指数的承载数据子载波；
- 若该简表强制要求支持 US0，要能够接收 US0；
- 支持该简表中规定的交织器和去交织器的组合时延（字节）；
- 上行和下行都支持最高达（并包含） D_{max} 在内的所有 D 值；
- 支持最高达（并包含） $(1/S)_{max}$ 上行和 $(1/S)_{max}$ 下行在内的所有 $1/S$ 值；和
- 支持它的 MBDC。

而且，与所选择的简表相符合的 VDSL2 必须：

- 不使用没有在该简表中作出规定的子载波间隔值；
- 不在包含子载波指数高于该简表中为可以应用的频率规划和传输方向在标题“所支持的最高下行（上行）承载数据子载波指数”那一行中所规定的指数的子载波通频带中发送；
- 不使用大于在该简表中规定的值的交织器和去交织器组合时延；和
- 不发送功率电平高于在该简表中规定的最大组合发送功率。

7 传输媒质的接口特性

本节规范了收发信机和 5.4 节中所定义的传输媒质 U-O2 和 U-R2 参考点之间的接口。对本建议书的使用，可以认为 U-O2/U-R2 和 U-O/U-R 接口频谱上是等效的。

7.1 双工方法和频带规划的结构

VDSL2 收发信机必须使用频分双工（FDD），以便将上行和下行传输分隔开来。上行和下行通频带的重迭是不容许的。根据频带规划确定上行和下行频带的分配。上下行频带是用频带分隔频率来规定的。

VDSL2 信号能够有可能利用频率范围高达 30 MHz，虽然调制解调器用来发送数据的最高频率取决于所选择的频带规划和简表（见第 6 节）。

7.1.1 12 MHz 以下的频带规划

在 12 MHz 以下的频率范围中，VDSL2 规范了图 7-1 中所规定的 5 频带规划。在 f_{0L} 和 f_{0H} 之间的频带用 US0 来表示。若完全使用这一频带，则这一频带只得用于上行传输。四个频带用 DS1、US1、DS2 和 US2 表示，分别表示第 1 下行频带、第 1 上行频带、第 2 下行频带和第 2 上行频带，它们必须用频带分隔频率 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 和 f_5 来确定，其中 $f_1 \geq f_{0H}$ 。

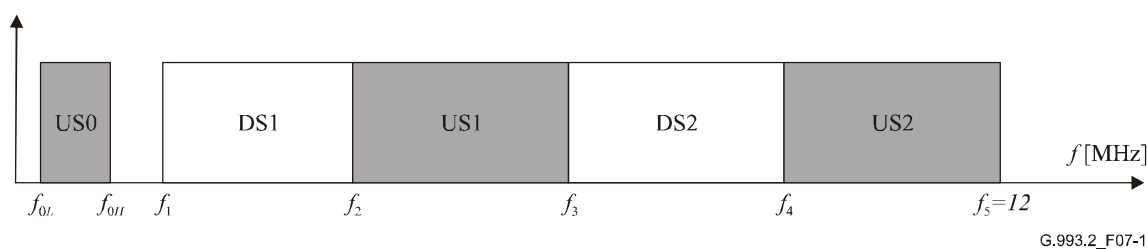


图 7-1/G.993.2—频率范围12 MHz以下的频率规划

对于图 7-1 中所示的 12 MHz 以下的频率规划，上行通频带必须由频谱的下列部分组成： $f_{0L} < f < f_{0H}$ 、 $f_2 < f < f_3$ 和 $f_4 < f < f_5$ 。下行通频带必须由下列各部分频谱组成： $f_1 < f < f_2$ 和 $f_3 < f < f_4$ 。每一方向上的通频带不得包含在由所选择的简表（6.1）为那个方向所规定的所支持的最高承载数据的子载波相对应的频率以上的那些频率。

附件 A、B 和 C 对 f_{0L} 、 f_{0H} 、 f_1 、 f_2 、 f_3 和 f_4 的值作出了规定。

7.1.2 12 MHz 以上的频率规划

在 12 MHz 和 30 MHz 之间的频率范围内，VDSL2 至少规定了一个附加的上行或下行频带。由另外的频带分隔频率规范 12 MHz 以上的频带。附加的频带分隔频率的数目取决于在 12 MHz 和 30 MHz 之间规定的频带的数目。附件 A、B 和 C 中规范了 12 MHz 和 30 MHz 之间规定的任何一个频带分隔频率的数值。

当正在使用 12 MHz 以上的频率时，下行（上行）通带由 12 MHz 以下的下行（上行）通带加上 12 MHz 以上的任一个下行（上行）频带。然而，每一方向上的通带不得包含在所选择的简表（6.1）为那个方向所规定的所支持的最高的承载数据子载波相对应的频率以上的那些频率。

7.2 功率谱密度（PSD）

7.2.1 发信 PSD 掩模

VDSL2 调制解调器必须将它的发送信号的 PSD 限制在发送 PSD 掩模以内。在每一频率上，发送的 PSD 掩模是在有关的附件中所规定的极限 PSD 掩模和（如果可以得到的话）业务提供商所规定的 MIB PSD 掩模之中较小的一个值，通过 MIB 将这一较小的掩模值提供给调制解调器。

7.2.1.1 MIB PSD 掩模的结构

本节对 MIB PSD 掩模的结构提出了要求和限制条件，可以使用这一掩模将 VDSL2 的发送 PSD 掩模限制到低于极限 PSD 掩模所规定的电平。为某些地理区域所规定的特定的极限 PSD 掩模，请参阅附件 A、B 和 C。

在本节中，术语“频带”相当于在有关附件中规定的频率规划的上行或下行频带。使用术语“频率范围”，以便指示出这样一个频带的一部分。

7.2.1.1.1 概述

在某些部署的场景中，运营商有可能选择不得不使 VDSL2 调制解调器以低于极限 PSD 掩模所规定的电平发送。MIB PSD 掩模是一个附加的工具，这使得运营商有可能形成 VTU-O 和 VTU-R 的发送 PSD 掩模。功率降低（见 12.3.3）和上行功率回退（见 7.2.1.3）是达到发送 PSD 进一步降低（低于发送 PSD 掩模）的工具。

MIB PSD 掩模必须在或在所选择的附件中所规定的极限 PSD 掩模以下。按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的规定，它的定义必须在网络管理的控制（MIB 受控机制）之下。

MIB PSD 掩模必须在 CO-MIB 中由一套转折点来加以规定。对于被利用的所有上行频带，为了构成 MIB PSD 掩模，可能要规定最多 16 个转折点；对于被利用的所有下行频带，为了构成 MIB PSD 掩模，可能要规定最多 32 个转折点。不要求为频率规划所规定的每一个频带规定转折点。在没有规定 MIB PSD 掩模的频率范围中，发送 PSD 掩模必须等于极限 PSD 掩模。

注一 在本节中规定的 MIB PSD 掩模的要求不应用于 US0。MIB PSD 掩模在 US0 中的应用有待进一步研究。

规定 MIB PSD 掩模所用的每一转折点必须由一个子载波指数 t_n 和在那个子载波上的 PSD 掩模的值 PSD_n （用 dBm/Hz 表示）所组成。子载波的指数必须总是在假设子载波间隔为 4.3125 kHz 的条件下进行计算（即与实际使用的子载波间隔无关——见表 6-1）。

每一个被利用的频带的转折点必须由集 $[(t_1, PSD_1), \dots, (t_n, PSD_n), \dots, (t_{NBP}, PSD_{NBP})]$ 来表示。第一个转折点的 t 值必须为 $t_1 = \text{ceil}(f_x / 4.3125 \text{ kHz})$ ，其中“ceil”表示 ceiling 函数（往上取整到最接近的整数），而 f_x 是频带的下限频率（见图 7-1）。指数 t_1 相对于该频带中的最低频率的子载波，假设，使用子载波间隔 4.3125 kHz 的简表。在该频带中最后一个转折点必须有值 $t_{NBP} = \text{floor}(f_{x+1} / 4.3125 \text{ kHz})$ ，其中“floor”表示 floor 函数（往下取整到最近的整数），并且 f_{x+1} 是频带的上限频率。指数 t_{NBP} 相应于该频带中的最高频率子载波，假设使用子载波间隔为 4.3125 kHz。必要时，必须规定一个频带内的附加转折点，所以， $t_n < t_{n+1}$ ，因为 $n=2$ 到 $NBP-1$ 。相应于指数 t_n 的频率 f_n 为 $f_n = t_n \times 4.3125 \text{ kHz}$ 。

在 CO-MIB 中，必须把特定频带中的所有 t_i 编码成无符号的整数。

在子载波 t_n 上的 PSD 值，即 PSD_n 必须在 CO-MIB 中被编码成无符号的整数。必须把 PSD 值从 0 dBm/Hz（被编码为 0）编码到 -127.5 dBm/Hz（被编码为 255），步长 0.5 dBm/Hz。虽然通过 MIB 输入的值必须不高于由极限 PSD 掩模所容许的值，但 PSD 值的有效范围为从 0 dBm/Hz 到 -95 dBm/Hz。

在使用子载波间隔 8.625 kHz 的简表的情况下，对于 $i=2$ 到 $NBP-1$ ，VTU 必须从任一个 t_i 的奇数值减去 1，并且用这一值作为第一个转折点。若 t_1 是奇数，VTU 必须从 t_{NBP} 中减去 1，并使用这一值作为最后一个转折点。

对所有被利用的频带，在 CO-MIB 中的 MIB PSD 掩模的参数必须是多个转折点集的连接。

7.2.1.1.2 转折点的定义

在 CO-MIB 中所规定的转折点必须与本节中所规定的限制相符合。

7.2.1.1.2.1 对大于或等于-80 dBm/Hz的PSD_n的转折点的定义

对于在 MIB PSD 掩模中大于或等于-80 dBm/Hz 的 PSD_n 值的所有转折点而言，除了在 7.2.1.1.2.3 中规定的陡峭上升的形状外，PSD_n 的值还必须规定下面的限制，可能用它来提供更陡峭上升的 MIB PSD 掩模的过渡期。

- 对 $t_n < t_{n+1}$ ，MIB PSD 掩模电平的斜率必须符合下面的条件：

$$\left| \frac{\text{PSD}_{n+1} - \text{PSD}_n}{t_{n+1} - t_n} \right| \leq 0.75 \text{ dB}/4.3125 \text{ kHz} , \text{ 对于子载波间隔 } 4.3125 \text{ kHz}$$

$$\left| \frac{\text{PSD}_{n+1} - \text{PSD}_n}{t_{n+1} - t_n} \right| \leq 0.375 \text{ dB}/4.3125 \text{ kHz} , \text{ 对于子载波间隔 } 8.6250 \text{ kHz}$$

- $\min(\text{PSD}_n) \geq -80 \text{ dBm/Hz}$ 和 $\max(\text{PSD}_n) - \min(\text{PSD}_n) \leq 40 \text{ dB}$ ，其中 $\max(\text{PSD}_n)$ 表示最大值，并且 $\min(\text{PSD}_n)$ 表示 PSD 值在或在 -80 dBm/Hz 以上的所有转折点 PSD 值的最小值。

在任何频率 f 上的 MIB PSD 掩模必须在线性的频率标度上以 dB 为单位按下式用内插法来求得：

$$\text{MIB PSD mask}(f) = \text{PSD}_n + (\text{PSD}_{n+1} - \text{PSD}_n) \times \frac{(f/4.3125 \text{ kHz}) - t_n}{t_{n+1} - t_n}, t_n < (f/4.3125 \text{ kHz}) \leq t_{n+1}$$

图 7-2 描述了在所有转折点都在 -80 dBm/Hz 以上 ($\min(\text{PSD}_n) = \text{PSD}_5$ 和 $\max(\text{PSD}_n) = \text{PSD}_3$) 的情况下的 MIB PSD 掩模。

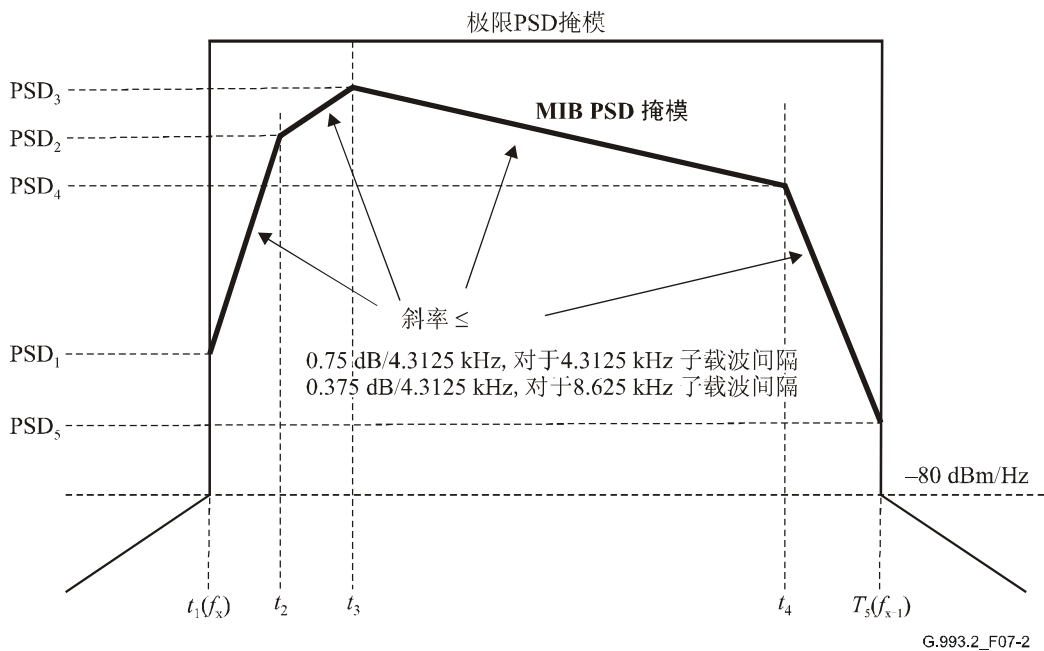


图 7-2/G.993.2—描述在所有转折点 PSD_n 值大于 -80 dBm/Hz 情况下的 MIB PSD 掩模

7.2.1.1.2.2 某些PSD_n值小于-80 dBm/Hz时转折点的定义

运营商可能希望规定一个 MIB PSD 掩模，它的某些 PSD_n 值在一个频带内（在 t_1 和 t_{NBP} 之间）低于 -80 dBm/Hz，并且在从 t_{start} 到 t_{stop} 这一频率范围内，MIB PSD 掩模大于 -80 dBm/Hz。图 7-3 就表示了这样一个情况。在这种情况下，在频率范围 $t_1 \leq t < t_{start}$ 和 $t_{stop} < t \leq t_{NBP}$ 内，MIB PSD 掩模转折点的 PSD_n 值必须设置成不低于 7.2.2 中所规定的阻带的 PSD 要求，而该频率范围的 MIB PSD 掩模大于 -80 dBm/Hz 的下限和上限边缘频率分别为 $f_{tr2} = t_{start} \times 4.3125 \text{ kHz}$ 和 $f_{tr1} = t_{stop} \times 4.3125 \text{ kHz}$ 。

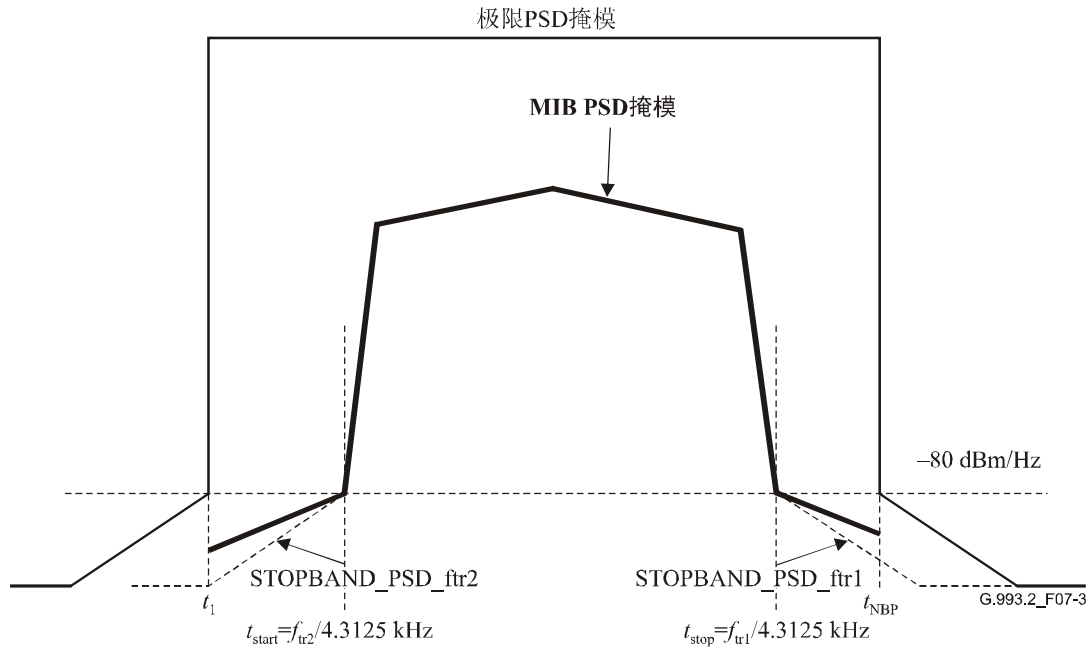


图7-3/G.993.2—在两个频带分隔频率（ t_1 和 t_{NBP} ）之间MIB PSD低于-80 dBm/Hz但在该频带内部的某个频率范围内高于-80 dBm/Hz的情况下对转折点的限制的示意图

另一方面，运营商可能希望规定在 MIB PSD 掩模大于 -80 dBm/Hz 的两个频率范围之间的一个频率范围内，MIB PSD 掩模低于 -80 dBm/Hz。例如，如图 7-4 中所表示的那样，从 t_{start1} 到 t_{stop1} （范围 1）和从 t_{start2} 到 t_{stop2} 的频率范围（范围 2）内，MIB PSD 掩模高于 -80 dBm/Hz 并且从 t_{stop1} 到 t_{start2} ，它低于 -80 dBm/Hz。在这种情况下，对于指数 $t_{stop1} < t < t_{start2}$ ，MIB PSD 掩模的转折点的 PSD_n 值必须设置成不低于频率范围 1 的阻带高端边缘的 PSD 和频率范围 2 的阻带低端边缘的 PSD 之功率和（见 7.2.2），而频率范围 1 的高端临界频率等于 $f_{tr1} = t_{stop1} \times 4.3125 \text{ kHz}$ 和频率范围 2 的低端临界频率等于 $f_{tr2} = t_{start2} \times 4.3125 \text{ kHz}$ 。用下面的方程可以计算功率和：

$$\text{MIB PSD mask } (t_{stop1} < t < t_{start2}) \geq 10 \times \log_{10} (10^{0.1 \times \text{STOPBAND_PSD_ftr1}(t)} + 10^{0.1 \times \text{STOPBAND_PSD_ftr2}(t)})$$

注一 功率和可能导致 PSD 电平高于 -80 dBm/Hz。

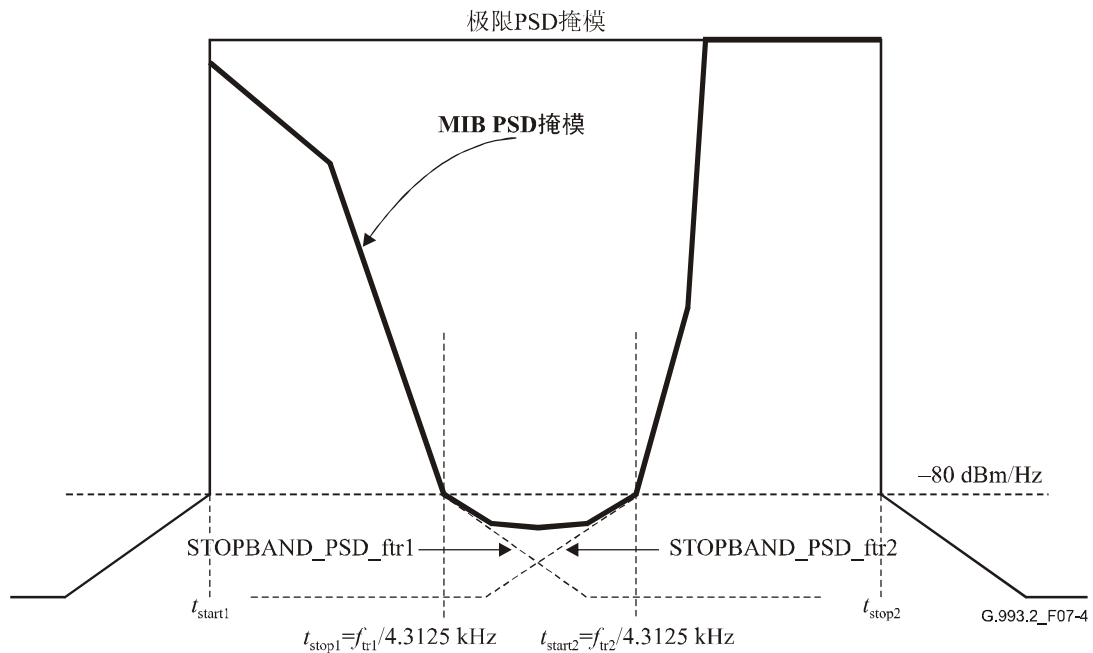


图 7-4/G.993.2— 在PSD高于-80 dBm/Hz的两个频率范围之间MIB PSD 低于-80 dBm/Hz的一个频带内对转折点的限制的示意图

7.2.1.1.2.3 陡峭的上升形状的定义

利用单一的陡峭上升的形状去构成 MIB PSD 掩模是可能的。可以使用所选择的陡峭的上升的形状以便在 MIB PSD 掩模的定义中达到比 7.2.1.1.2.1 中所规定的更为陡峭的斜率。规定两种有效的陡峭上升的形状。它们之中只有一种可以在构成 MIB PSD 掩模中使用。

7.2.1.1.2.3.1 单斜率陡峭的上升形状

单斜率陡峭的上升形状规定为：

- $-80 \text{ dBm/Hz} \leq \text{PSD}_i < -60 \text{ dBm/Hz}$;
- $\text{PSD}_{i+1} \leq -60 \text{ dBm/Hz}$;
- $\text{PSD}_j \leq \text{PSD}_{i+1}$ 对所有 $j > (i+1)$;
- $\left| \frac{\text{PSD}_{i+1} - \text{PSD}_i}{t_{i+1} - t_i} \right| \leq 2.86 \text{ dB/4.3125 kHz}$ ，对于 4.3125 kHz 子载波间隔
- $\left| \frac{\text{PSD}_{i+1} - \text{PSD}_i}{t_{i+1} - t_i} \right| \leq 1.43 \text{ dB/4.3125 kHz}$ ，对于 8.6250 kHz 子载波间隔

注一 这些斜率大致上相当于在 7 个子载波频率上 PSD 掩模电平最多增加 20 dB。

单斜率陡峭上升的形状如图 7-5 所示。

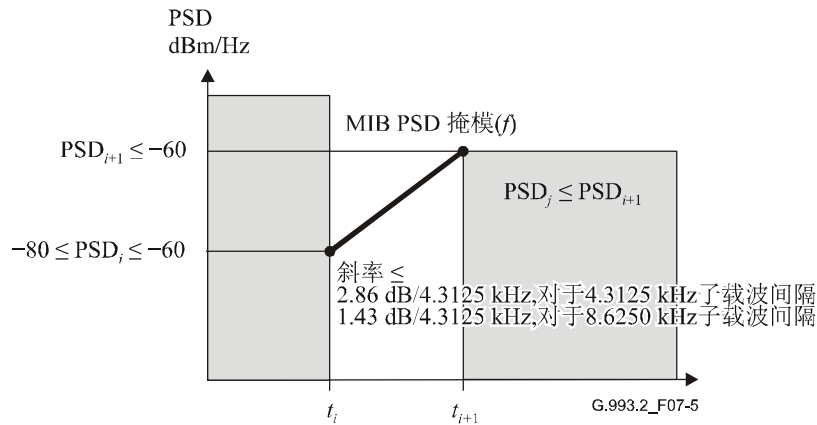


图 7-5/G.993.2—单斜率陡峭上升形状的示意图

7.2.1.1.2.3.2 双斜率陡峭上升的形状

双斜率陡峭上升的形状规定如下：

- $-80 \text{ dBm/Hz} \leq \text{PSD}_i < -60 \text{ dBm/Hz}$;
- $\text{PSD}_{i+2} \leq -36.5 \text{ dBm/Hz}$;
- $\text{PSD}_j \leq \text{PSD}_{i+2}$, 对于所有 $j > (i+2)$;
- 若 $\text{PSD}_i > -80 \text{ dBm/Hz}$ 则要求 $\text{PSD}_k \geq \text{PSD}_i$, 对于所有 $k < i$;
- $\left| \frac{\text{PSD}_{i+1} - \text{PSD}_i}{t_{i+1} - t_i} \right| \leq 0.50 \text{ dB/4.3125 kHz}$, 对于 4.3125 kHz 子载波间隔
- $\left| \frac{\text{PSD}_{i+1} - \text{PSD}_i}{t_{i+1} - t_i} \right| \leq 0.25 \text{ dB/4.3125 kHz}$, 对于 8.6250 kHz 子载波间隔

当 $(t_{i+1} - t_i) \leq 47$ 。

- $\left| \frac{\text{PSD}_{i+2} - \text{PSD}_{i+1}}{t_{i+2} - t_{i+1}} \right| \leq 2.86 \text{ dB/4.3125 kHz}$, 对于 4.3125 kHz 子载波间隔
- $\left| \frac{\text{PSD}_{i+2} - \text{PSD}_{i+1}}{t_{i+2} - t_{i+1}} \right| \leq 1.43 \text{ dB/4.3125 kHz}$, 对于 8.6250 kHz 子载波间隔

当 $(t_{i+2} - t_{i+1}) \leq 7$ 。

注一 这些斜率大致相当于在 47 个子载波上 PSD 掩模电平最多增加 23 dB，在 7 个子载波上最多增加 20 dB。

双斜率陡峭上升的形状如图 7-6 所示。

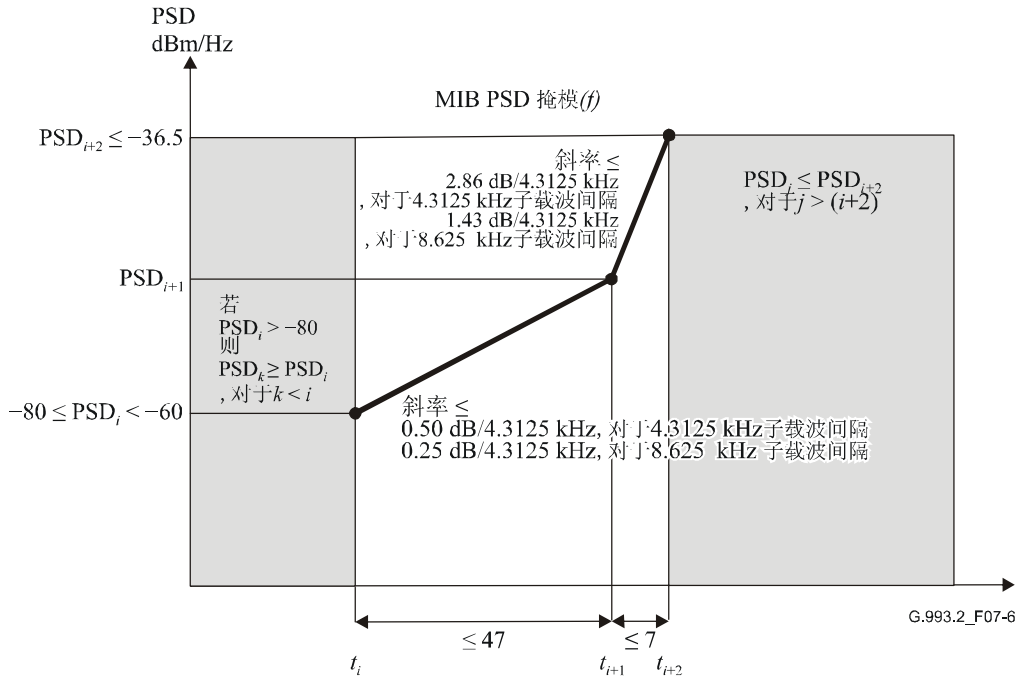


图 7-6/G.993.2—双斜率陡峭上升形状的示意图

7.2.1.1.2.4 在频带边缘上转折点的定义

在频带的边缘上，对 MIB PSD 掩模没有加附加的限制条件。PSD_i 和 PSD_{NBP} 的值可以是在那个频率上的极限 PSD 掩模的值和 -95 dBm/Hz 之间的任何一个数值上，只要最后结果不破坏 MIB PSD 掩模的构成规则就可以了。

7.2.1.2 溢出控制

VDSL2 发信机必须能够同时在 16 个任意的频带中将所发送的信号 PSD 降低到低于 -80 dBm/Hz 的电平上。典型的频带一览表（业余无线电频带）如表 7-1 所示。在确定 MREFMASK（见表 7-3 到表 7-5）时，必须计算 -80 dBm/Hz 的值。

表 7-1/G.993.2—业余无线电频带

频带起始点 (kHz)	频带终止点 (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700

要开凹口的特定的 RFI 频带由运营商在 CO-MIB 中配置好，并在初始化的 G.994.1 握手阶段期间进行设置（见 12.3.2）

在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所规定的溢出控制参数是每一频带的起始和终止频率，在这些频率上，必须将发送 PSD 减小到-80 dBm/Hz 以下的电平上。形成凹口的 PSD 斜率是运营商随意决定的。

7.2.1.3 上行功率回退 (UPBO)

为了改善在同一个捆线中部署的不同长度的环路上各 VDSL2 系统之间的频谱兼容性，必须实现上行功率回退 (UPBO)。在 G.994.1 握手阶段期间，不用这一 UPBO 机制。此外，对 US0 的 UPBO 正在进一步研究。

7.2.1.3.1 功率回退机制

必须使用下面规定的步骤，以一种与频率有关系的方式，降低 VTU-R 的发送 PSD：

- 根据 7.2.1 中的规定，为了遵循从网络管理系统来的设置，VTU-R 的发送 PSD 掩模、PSDMASK_{us} 应该由 VTU-O 进行计算。在初始一开始（在 O-SIGNATURE 中），将 PSDMASK_{us} 传递给 VTU-R。
- VTU-R 必须按照 7.2.1.3.2 中的描述，自行完成 UPBO，即在应用 UPBO 以前，向 VTU-O 不发送任何有意义的信息。
- 在加了 UPBO 以后，VTU-O 必须能够调整由 VTU-R 所选择的发信 PSD；已被调整的发信 PSD 必须受 7.2.1.3.2 节中给出的限制条件所支配。

7.2.1.3.2 功率回退的 PSD 掩模

在初始化开始时，VTU-R 必须明确地估计它的环路的电长度， kl_0 ，并且使用这个值计算 UPBO PSD 掩模，UPBOMASK。然后，在初始化和传送数据时间期间，VTU-R 必须使它的发信信号自适应地严格符合掩模 UPBOMASK (kl_0, f) 的要求，而在其余时间，在 VTU-O 按照 7.2.1.3.1 中的描述所确定的 PSDMASK_{us} 的限值以下，并在由上行 PSD 上限 (CDMAXMASK_{us}, MAXMASK_{us}) 所加的极限值以内。UPBOMASK 按下式进行计算：

$$\text{UPBOMASK}(kl_0, f) = \text{UPBOPSD}(f) + \text{LOSS}(kl_0, f) + 3.5 \text{ [dBm/Hz]},$$

其中：

$$\text{LOSS}(kl_0, f) = kl_0 \sqrt{f} \text{ [dB] 和}$$

$$\text{UPBOPSD}(f) = -a - b \sqrt{f} \text{ [dB/Hz]},$$

而 f 用 MHz 来表示。

UPBOPSD (f) 是频率的函数，但是它与环路的长度和类型无关。对每一个上行频带而言， a 和 b 的值可能是不同的。它们是按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的规定，从 CO-MIB 得到的；并且在初始化期间，必须把它们提供给 VTU-R（见 12.3.3.2.1.1）。具体的数值可能与地理上的区域有关（附件 A.2.3、附件 B.2.6 和附件 C.2.1.4）。

若估计出的 kl_0 值小于 1.8，应该允许调制解调器按照 kl_0 等于 1.8 来完成功率回退。电长度的估计应该足够精确，以避免出现频谱管理问题和额外的性能损伤。

注 1 — kl_0 可能的估计值是 $\min[\text{loss}(f)/\sqrt{f}]$ 。在 1MHz 以上可以使用的 VDSL2 频带上取最小值。函数 loss (损耗) 是该环路在频率 f 上的插入损耗, 用 dB 来表示。这一定义是抽象的, 意味着无限多个很小的频率粒度。

注 2 — 为了满足网络的特殊要求, 网络管理可能提供一个废弃 VTU-R 的自行估计 kl_0 的手段 (见 12.3.3.2.1.2, O-UPDATE)。

注 3 — 在一捆扎电缆中的各环路之间的耦合的性质导致随着环路长度的缩短, FEXT 快速减小。当环路的电长度 kl_0 缩短到 1.8 以下时, 不必要进一步增加功率回退。例如, 电长度 1.8 相当于长度为 70 m 的 0.4 mm 的环路。

7.2.2 阻带的PSD

在阻带中发送的信号 PSD 必须按照图 7-7 中的规定, 遵循极限 PSD 掩模和宽频带功率限值的要求。极限 PSD 掩模在频带分隔频率 f_{tr1} 和 f_{tr2} 之间应用。宽频带功率限值 P_{max} 在位于两个过渡带 (宽度 Δf_T) 之间的那部分频带中应用。

过渡带的宽度 Δf_T 必须与频率无关, 并且不得超过 175 kHz。在频率范围 $f_{tr} < 686$ kHz 中的过渡带和阻带 PSD 的值在地区性的附件中加以规定。

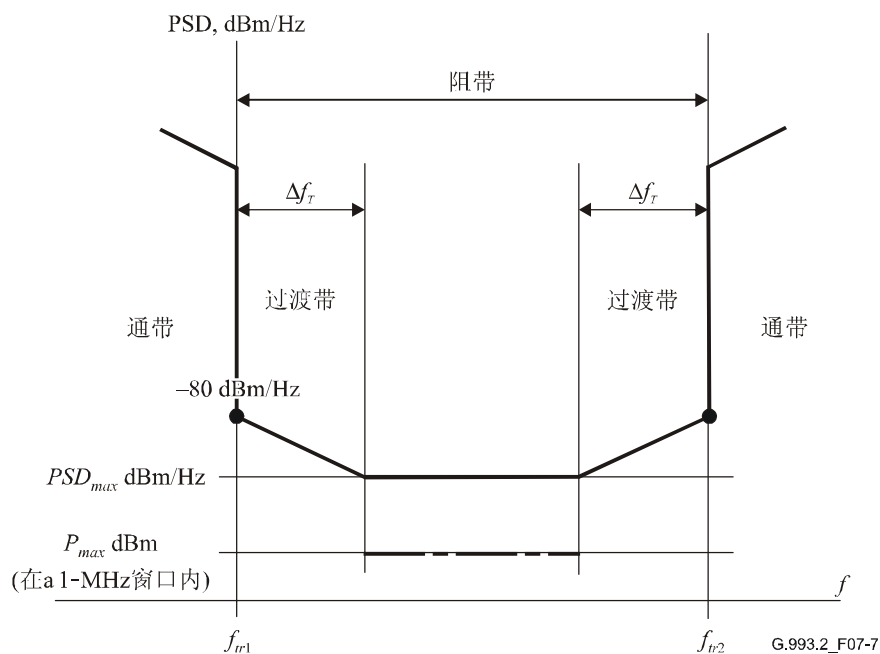


图 7-7/G.993.2—在阻带中的极限PSD掩模和宽频带功率限值

阻带内的极限 PSD 掩模值和功率极限值必须是表 7-2 中所列出的和图 7-7 中所表示的值。在表 7-2 中列出的点之间的值应该在线性频率坐标上用线性内插法求出。在阻带中所传输的信号必须同时符合在表 7-2 中介绍的极限 PSD 掩模 (用 10kHz 测量带宽来验证) 和在 1 MHz 滑动窗口内的功率限值。

表 7-2/G.993.2—阻带的PSD要求

频率 (MHz)	极限PSD掩模的值 (PSDmax dBm/Hz)	在1MHz滑动窗口内的最大功率 (Pmax dBm)
<0.686	根据地区性的附件	
0.686-4.0	-100	
4.0-5.0	-100	-50
5.0-30.0	-100	-52
≥30.0	注	
过渡频率 ($f=f_{r1}$ 和 $f=f_{r2}$)	-80	
注—这一极限 PSD 掩模的值, PSDmax, 必须在-120 dBm/Hz 和-110 dBm/Hz 之间。精确值待进一步研究。		

在 $f \geq f_{r1} + \Delta f_T$ 和 $f + 1\text{MHz} \leq f_{r2} - \Delta f_T$ 的情况下, 在任何 1 MHz 窗口 $[f, f + 1\text{MHz}]$ 内测量出的功率必须符合表 7-2 中所列出的值 (f_{r1} 、 f_{r2} 和 Δf_T 的含义如图 7-7 所示)。若 $(f_{r2} - f_{r1} - 2\Delta f_T)$ 的值小于 1 MHz, 应该缩小测试器件的带宽, 并且设置 Δf_M , 以使得 $\Delta f_M \leq f_{r2} - f_{r1} - 2\Delta f_T$ 。测量结果必须换算成 1 MHz 的滑动窗口相应的值。换算按下式进行:

$$P_{max} = P - 10 \times \log_{10} (\Delta f_M)$$

式中:

P 是测量结果 (dBm)

Δf_M 是测量时所使用的带宽 (MHz)。

7.2.3 PSD和PSD掩模汇总表

在初始化和传送数据时间期间所使用的各种不同的 PSD 和 PSD 掩模汇总于表 7-3。

表 7-3/G.993.2—在本建议书中所用的PSD掩模和PSD

参 数	描 述	符 号
极限 PSD 掩模	在本建议书的一个附件（附件 A、B 或 C）中规定的 PSD 掩模	LIMITMASK _{ds} , LIMITMASK _{us}
MIB PSD 掩模	由运营商仅为通带规定的 PSD 掩模并打算将发送 PSD 电平限制到由可以应用的极限 PSD 模板所容许的电平以下。	MIBMASK _{ds} , MIBMASK _{us}
发送 PSD 掩模	PSD 掩模是如下三项中的最小值： 1) 可用的极限 PSD 掩模 2) MIB PSD 掩模 3) 由 VTU-O 所加的供货商随意选定的掩模限制。	PSDMASK _{ds} , PSDMASK _{us}
UPBO PSD 掩模	仅用于上行方向的 PSD 掩模，它是由 VTU-R 计算的，为环路电长度的一个函数（见 7.2.1.3.2）。	UPBOMASK
信道发现的 PSD	在初始化的信道发现阶段，由 VTU 所发送的信号的 PSD。	CDPSD _{ds} , CDPSD _{us}
PSD 上限	与频率无关（和由单一值表示的）一个 PSD 电平，它限制发送 PSD 掩模，以形成 MEDLEY 参考 PSD 掩模（见 12.3.3.2.1.1, 12.3.3.2.1.2, 12.3.3.2.2.1 和 12.3.3.2.2.2）。	CDMAXMASK _{ds} , CDMAXMASK _{us} , MAXMASK _{ds} , MAXMASK _{us}
MEDLEY 参考 PSD 掩模	在每一频率上由 PSD 上限所限制并且在 RFI 频带内限制到-80 dBm/Hz 的发信 PSD 掩模。在上行方向上，也根据 UPBO 的要求加以限制。	MREFMASK _{ds} , MREFMASK _{us}
MEDLEY 参考 PSD	VTU 在初始化的训练阶段和信道分析和交换阶段所发送的信号的 PSD。	MREFPSD _{ds} , MREFPSD _{us}
传送数据时间的 PSD	VTU 在传送数据期间发送的信号的 PSD。	PSD _{ds} PSD _{us}

PSD 掩模的计算规则和 PSD 的设置规则的详情在表 7-4 中做了介绍。

表 7-4/G.993.2—PSD和PSD掩模计算的汇总

参 数	计 算
发信 PSD 掩模 (PSDMASK)	按下面的方程, (注) 由 VTU-O 计算: $\text{PSDMASK}_{ds}(f) = \min(\text{LIMITMASK}_{ds}(f), \text{MIBMASK}_{ds}(f), \text{ds_mask_restrictions_by_VTU-O})$ $\text{PSDMASK}_{us}(f) = \min(\text{LIMITMASK}_{us}(f), \text{MIBMASK}_{us}(f), \text{us_mask_restrictions_by_VTU-O})$
信道发现的 PSD (CDPSD)	CDPSD 用 dBm/Hz 来表示, 它由 VTU-O 来决定。对于从 SUPPORTEDCARRIERS _{ds} 集来的子载波: $\text{CDPSD}_{ds}(f) \leq \begin{cases} \min[(\text{PSDMASK}_{ds}(f) - 3.5), (\text{CDMAXMASK}_{ds} - 3.5)], & f \notin \text{RFIBANDS} \\ \min[(\text{PSDMASK}_{ds}(f) - 3.5), (\text{CDMAXMASK}_{ds} - 3.5) - 83.5], & f \in \text{RFIBANDS} \end{cases}$ <p>对于所有其它子载波, $\text{CDPSD}_{ds}(f) \leq \text{PSDMASK}_{ds}(f)$。</p> <p>对于任何有效的 CDPSD_{ds} 设置, 下行组合发送功率不得超过 MAXNOMATP_{ds}。</p> <p>CDPSD_{us} 用 dBm/Hz 来表示, 它由 VTU-R 来确定。对于从 SUPPORTED CARRIERS_{us} 集来的子载波: $\text{CDPSD}_{us}(f) \leq \begin{cases} \min[(\text{PSDMASK}_{us}(f) - 3.5), (\text{CDMAXMASK}_{us} - 3.5), (\text{UPBOMASK}(k_{l_0}, f) - 3.5)], & f \notin \text{RFIBANDS} \\ \min[(\text{PSDMASK}_{us}(f) - 3.5), (\text{CDMAXMASK}_{us} - 3.5), (\text{UPBOMASK}(k_{l_0}, f) - 3.5), -83.5], & f \in \text{RFIBANDS} \end{cases}$ <p>对于所有其它子载波, $\text{CDPSD}_{us}(f) \leq \text{PSDMASK}_{us}(f)$。</p> <p>对于任何有效的 CDPSD_{us} 设置, 上行组合发送功率不得超过 MAXNOMATP_{us}。</p> </p>
MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASK)	$\text{MREFMASK}_{ds}(f) = \begin{cases} \min(\text{PSDMASK}_{ds}(f), \text{MAXMASK}_{ds}), & f \notin \text{RFIBANDS} \\ \min(\text{PSDMASK}_{ds}(f), \text{MAXMASK}_{ds} - 80), & f \in \text{RFIBANDS} \end{cases}$ $\text{MREFMASK}_{us}(f) = \begin{cases} \min(\text{PSDMASK}_{us}(f), \text{MAXMASK}_{us}, \text{UPBOMASK}(k_{l_0}, f)), & f \notin \text{RFIBANDS} \\ \min(\text{PSDMASK}_{us}(f), \text{MAXMASK}_{us}, \text{UPBOMASK}(k_{l_0}, f) - 80), & f \in \text{RFIBANDS} \end{cases}$
MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD)	对于下行通频带的所有子载波 (包括容许承载数据的上行 RFI 频带) $\text{MREFPSD}_{ds}(f) \leq (\text{MREFMASK}_{ds}(f) - 3.5 \text{ dB})$ <p>和对于所有其它频率, $\text{MREFPSD}_{ds}(f) \leq \text{MREFMASK}_{ds}(f)$。对于任何有效的 MREFPSD_{ds} 设置, 下行组合发信功率不得超过 MAXNOMATP_{ds}。</p> <p>对于上行通频带的所有子载波 (包括容许载送数据的上行 RFI 频带), $\text{MREFPSD}_{us}(f) \leq (\text{MREFMASK}_{us}(f) - 3.5 \text{ dB})$ <p>对于所有其它的频率, $\text{MREFPSD}_{us}(f) \leq \text{MREFMASK}_{us}(f)$。对于任何有效的 MREFPSD_{us} 的设置, 上行组合发送功率不得超过 MAXNOMATP_{us}。</p> </p>
注 — 在发信 PSD 掩模中不包括 RFI 频带。	

注 — 表 7-4 规定了每一频率 (即在通带和阻带内的频率) 上的 PSD 和 PSD 掩模。为了避免冗余信息的传递, 相应的在初始化期间的消息既不描述整个频率范围内的 PSD, 也不描述 RFI 频带。

在初始化和传送数据时间期间确定 VTU 的 PSD 和 PSD 掩模的过程综述于表 7-5。

表 7-5/G.993.2—汇总：PSD和PSD掩模的确定和使用

参 数	确 定 时 间	VTU间通信时间（注）	使 用 时 间
极限 PSD 掩模 (LIMITMASK)	在初始化开始前配置 MIB	不通信	在初始化开始前，由 VTU-O 计算下行和上行发信 PSD 掩模
MIB PSD 掩模 (MIBMASK)	在初始化开始前配置 MIB	不通信	在初始化开始前，由 VTU-O 计算下行和上行发信 PSD 掩模
RFI 频带 (RFIBANDS)	在初始化开始前配置 MIB	在 G.994.1 握手阶段期间，由 VTU-O 向 VTU-R 发出 RFIBANDS。	从初始化开始和其后，在可以应用的传输方向上，在指定的频带中加凹口。
初始的 PSD 上限 (CDMAXMASK)	在初始化开始前，由 VTU-O 完成；在信道发现阶段开始时，由 VTU-R 完成	由 VTU-O 在 O-SIGNATURE 中向 VTU-R 发出下行 PSD 上限的初始值；由 VTU-R 在 R-MSG1 中向 VTU-O 发出上行 PSD 上限的初始值。	对信道发现阶段期间所有的信号（初始的下行上限避免在短环路上 VTU-R 出现饱和）。
发信 PSD 掩模 (PSDMASK)	初始化开始前由 VTU-O 进行	在 O-SIGNATURE 中，由 VTU-O 向 VTU-R 发出 PSDMASKds 和 PSDMASKus。	对信道发现阶段期间的所有信号
UPBO PSD 掩模 (UPBOMASK)	在信道发现阶段的开始，由 VTU-R 完成	不通信	对信道发现阶段和其后的所有信号
信道发现的 PSD (CDPSD)	在信道发现阶段的开始；VTU-O 确定 CDPSDds；VTU-R 确定 CDPSDus	在 O-SIGNATURE 中，由 VTU-O 向 VTU-R 发出 CDPSDds；在 R-MSG1 中由 VTU-R 向 VTU-O 发出 CDPSDus。	对信号发现阶段期间的所有信号
PSD 上限 (MAXMASK)	在信道发现阶段结束时；VTU-O 确定 MAXMASKds；VTU-R 确定 MAXMASKus	在 O-UPDATE 中由 VTU-O 向 VTU-R 发出 MAXMASKus； 在 R-UPDATE 中由 VTU-R 向 VTU-O 发出 MAXMASKds。	从训练阶段开头及其后
MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASK)	在信道发现阶段结束时；VTU-O 确定 MREFMASKds；VTU-R 确定 MREFMASKus	不通信	从训练阶段的开头起和其后的在初始化和传送数据时间期间

表 7-5/G.993.2—汇总： PSD和PSD掩模的确定和使用

参 数	确 定 时 间	在VTUs之间通信时间（注）	使 用 时 间
MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD)	在信道发现阶段结束时： VTU-O 确定 MREFPSDs； VTU-R 确定 MREFPSDus	在 O-PRM 中，由 VTU-O 向 VTU-R 发出 MREFPSDs； 在 R-PRM 中由 VTU-R 向 VTU-O 发出 MREFPSDus。	在训练和信道分析和交换阶 段期间
传送数据时间 PSD	在信道分析和交换阶段结束 时	在信道分析和交换阶段期间 由 MREFPSD 和通信的增益 值 (g_i) 确定 (O-PMD 和 R-PMD 消息。不得超过 MREFMASK。	在传送数据时间期间
注 — 在初始化期间，只有表征 PSD 和 PSD 掩模的最小的一套有关参数进行通信。通信协议和格式在第 12 节中做了描述。			

7.3 终端阻抗

对于两个 VTU，在整个 VDSL2 频带上必须使用 $R_V=100\ \Omega$ 纯阻的终端阻抗。特别是对于发信 PSD 和功率定义和验证，必须使用 $R_V=100\ \Omega$ 作为终端。

注 — 这一终端阻抗与 VDSL2 测试环路的插入点阻抗相近似，并且它与 VDSL2 和 ADSL2 是相协调一致的。

7.4 纵向变换损耗

纵向变换损耗 (LCL) 是在相连接的导线上，由于存在纵向信号而在 VDSL2 收发信机输入端上所产生的的不需要的横向信号的大小的一个量度。必须根据 ITU-T G.117 建议书[5]和 O.9[6]来测量纵向电压 (V_{cm}) 和横向电压 (V_{diff}) 之比。在测量期间，被测收发信机必须加上电源，并且要在 L3 状态下 (见 12.1)：

$$LCL = 20 \log_{10} \left| \frac{V_{cm}}{V_{diff}} \right| dB$$

在一直到 12 MHz 的频带内，VDSL2 收发信机的 LCL 必须大于或等于 38 dB。12 MHz 以上的 LCL 有待进一步研究。作 LCL 测量时，收发信机的终端阻抗必须是 $R_V=100\ \Omega$ 。LCL 必须在 U-O2 (U-R2) 接口上进行测量。对所选定的极限 PSD 掩模，LCL 必须在上行及下行方向的通带最低频率中的那个较低的频率上和上行及下行方向的通带最高频率中的那个较高的频率之间的那个频带中进行测量。

注 1 — 为了将不需要的发射和对外的 RFI 敏感性减至最小，设备的平衡必须优于预计的电缆平衡度。已经观察到典型的最坏的情况，即天线下垂线的平衡度在 30-35 dB 范围以内，所以，VDSL2 设备的平衡度应该比这一数值好得多。

注 2 — VDSL2 的性能可能受益于均匀的比较高的平衡度。在受到反复的电脉冲噪声的地方，在电缆平衡度可能有 50 dB 的频率上工作的系统容量可能由 38 dB 的平衡度所限制。

注3—在本建议书将来的修订版中，在 12 MHz 以下的频带中所要求的 LCL 可能要提高到大于 38 dB 的一个数值。

8 传送协议专用传输会聚 (TPS-TC) 功能

正如在图 5-1 中的 VDSL2 和 VTU 功能模型中所描述的那样，TPS-TC 子层位于 γ 参考点和 α/β 参考点之间。这一功能模型规定 TPS-TC 子层包含一个或多个 TPS-TC，它们利用不同的传送协议传送用户数据；规定了一个管理 TPS-TC (MPS-TC)，在 VDSL2 链路上传送 eoc；并且 NTR-TC 传送网络定时参考。

图 8.1 规定了用户数据 TPS-TC 的功能、参数和应用接口 (γ 接口) 的特性。图 8.2 规定了 MPS-TC 的功能、参数和应用接口 (γ 接口) 的特性。图 8.3 规定了 NTR-TC 的功能、参数和应用接口 (γ 接口) 的特性。

强制性规定 TPS-TC 子层的配置必须包含 MPS-TC、NTR-TC 和至少一个用户数据 TPS-TC。第 2 个用户数据 TPS-TC 的支持是可选的。每一 TPS-TC 在一单独的承载信道上工作，在那里 PMS-TC 可能将这些承载信道分配给单个等待时间路径或单独的等待时间路径。

8.1 用户数据 TPS-TC

8.1.1 用户数据 TPS-TC 的类型

本建议中定义的用户数据 TPS-TC 类型有如下三种：

- 1 型：STM 传送 (STM-TC)；
- 2 型：ATM 传送 (ATM-TC)；
- 3 型：以太网和一般的包传送 (PTM-TC)。

将这三种类型中的每一种规定为一种应用的可选类型。VTU-O 根据它选择的更高层数据的类型，为上行和下行两者的每一承载信道选择用户数据 TPS-TC 的类型，以便对那个承载信道提供支持。在初始化期间，为每一个承载信道指示出已激活的用户数据 TPS-TC 的类型。

K.1、K.2 和 K.3 分别规定了支持 STM 传送 (STM-TC)、ATM 传送 (ATM-TC) 和以太网及一般的包传送的用户数据 TPS-TC 的功能、参数和应用接口 (γ 接口) 的特性。

TPS-TC 的发送信号被提交给 α/β 接口。根据在 8.1.2 中的规定，在两个方向上通过 α/β 接口的信号的格式与应用无关 (传送协议无关)。在系统配置期间，确定 α/β 接口点上每一个已复用的 TPS-TC 用的特定的比特率。

8.1.2 α/β 接口的规范

α 和 β 接口分别规定了在 VTU-O 和 VTU-R 一侧 TPS-TC 和 PMS-TC 之间的相应接口。两个接口是与逻辑、应用无关的并且是相同的。该接口由 TPS-TC 和 PMS-TC 子层之间的如下假想信号流组成：

- 数据流；
- 同步流；和
- 控制流。

表 8-1 汇总了各种信号。

表 8-1/G.993.2—用户数据TPS-TC： α/β 接口数据和同步流信号汇总

信 号	描 述	方 向
数据信号		
Tx	发信数据	TPS-TC→PMS-TC
Rx	接收数据	TPS-TC←PMS-TC
同步信号		
同步 t	发信字节定时	TPS-TC←PMS-TC
同步 r	收信字节定时	
控制信号		
Syncflag	重新配置标志	TPS-TC←PMS-TC

8.1.2.1 数据流

数据流由两个面向字节的数据流组成，其速率由物理上的净数据速率容量来确定：

- 发送数据流：Tx；
- 接收数据流：Rx。

表 8-1 给出了数据流信号的描述。

根据 12.3.5.2.1 中的描述，在初始化期间，设置 Tx 和 Rx 数据速率的数值。数据流中的比特次序必须达到将 TPS-TC 数据的 MSB 首先发送给 PMS-TC。这一比特的惯例在图 K.8、N.3.4/G.992.3[10]和 8.2.3 及 9.5.2.2 中分别对 ATM-TC、PTM-TC 和 MPS-TC 做了明确的阐述。

8.1.2.2 同步流

这一流保证在 TPS-TC 子层和 PMS-TC 子层之间的同步。同步流由表 8-1 中所列出的两个同步信号组成：

- 发信和接收数据流字节同步 (Osync_t, Osync_r)。

所有的同步信号由 PMS-TC 判定，并且朝 TPS-TC 方向。信号 Osync_t 和 Osync_r 决定了相应的 Tx 和 Rx 数据信号的字节的边界和速率。在 PMS-TC 所提供的时钟速率由于重新配置而改变的情况下，这一变化必须在字节的边界处出现，并且必须由同步信号中相应的变化来确定。附件 K 对具体的 TPS-TC 的重新配置做了详细介绍。

8.1.2.3 控制流

这一数据流为 TPS-TC 参数（见 K.1.11.1、K.2.11.1 和 K.3.11.1）的改变提供了一个时间标志（同步标志，按表 8-1 中的规定）。同步标志由 PMS-TC 认定，并且指示出 TPS-TC 必须以经修改的参数开始工作的具体时间。

8.1.3 控制参数

TPS-TC 功能的重新配置由一套控制参数所控制。表 8-2 规定了某些控制参数。其余的控制参数决定于 TPS-TC 的类型，并在附件 K 中做了定义。

表 8-2/G.993.2—TPS-TC 的参数

参 数	定 义
N_{BC}	激活的发信 TPS-TC 功能的数目和激活的承载信道的数目。TPS-TC 功能和承载信道标有#0 和#1 字样。 N_{BC} 是在 $\{type_0, type_1\}$ 集中的非零值的数目。对 VTU-O 和 VTU-R 发信机， N_{BC} 的值可能是不同的。
$type_n$	被映射到承载信道# n ($n=0$ 到 1)的 TPS-TC 的类型。必须把具体的 TPS-TC 的类型设置在附件 K ($type_n=1$ (STM), $type_n=2$ (ATM), 或 $type_n=3$ (PTM) 中所描述的一个值上。必须使用零的 $type_n$ 值使 TPS-TC 功能# n 和承载信道# n 不工作。

必须在初始化的信道分析和交换阶段期间（见 12.3.5），使用 O-TPS SOC 消息（见表 12-2 和 12-44）来配置表 8-2 中列出的所有控制参数的值。

8.1.3.1 有效配置

一个 VTU 可能在每一方向上同时支持两个 TPS-TC 功能。控制参数 N_{BC} 必须在 1 到 2 的范围内。

有效的控制参数 $type_n$ 的值必须是在附件 K 内所包含的值或数值零。所有其它的值由 ITU-T 保留使用。若上行和下行的 $type_n$ 参数为非零的值，则对上行和下行必须有相同的值。

除了一个承载信道上的 PTM 和其它承载信道上的 ATM 不得同时激活外，一个 VTU 必须支持把所有支持的 TPS-TC 类型映射到所有被支持的承载信道中。所支持的承载信道的有效标志号必须从 0 开始并增加 1。所以，只有两种情况： $\{0\}$, $\{0,1\}$ 。

8.1.3.2 强制性的配置

在每一方向上，一个 VTU 必须至少支持一个 TPS-TC 功能（在附件 K 中所定义的一个类型）和一个承载信道。

8.2 管理 TPS-TC (MPS-TC)

MPS-TC 用途是便于在 VDSL2 链路的相反的端点上的 VDSL2 管理实体 VME-O, VME-R 之间传送 eoc 数据（见图 5-1）。

8.2.1 功能模型

MPS-TC 必须在 γ_{m-O} 和 γ_{m-R} 接口之间提供完全透明的 eoc 数据传送（在较低的子层上，没有不可校正的差错）和保持所传送的 eoc 消息（命令和响应）的包完整性。在发送方向上，MPS-TC 通过应用接口（ γ_m 接口）从 VME 得到 eoc 消息，用 HDLC 帧的格式把它封装好，并且使用 9.5.2 中所规定的 PMS-TC 开销消息信道通过 VDSL2 链路将它分发到要被传送的 α/β 接口上。在接收方向上，MPS-TC 描绘 HDLC 帧，运行 FCS 校验，并从正确接收到的 HDLC 帧中提取已封装的 eoc 消息。将接收到的 eoc 消息通过 γ_m 接口分发给 VME。必须丢弃所有未正确接收到的 HDLC 帧。

注一若 PMS-TC 以双等待时间模式工作（见 9.1），已封装好的 eoc 消息在由 MSGLP 域中的控制变量所决定的那个等待时间路径中载送。按照在 9.5.2.2 和 12.3.5.2.1.3 中的规定，在初始化期间，根据正在使用的 OH 帧的类型设置这个值。

8.2.2 接口描述

8.2.2.1 γ 接口

如图 5-1 所示， γ_{m-O} 和 γ_{m-R} 参考点分别规定了 VTU-O 和 VTU-R 上 VME 和 MPS-TC 之间的接口。两个接口是相同的、功能性的，并且由 VME 和 MPS-TC 之间的三个信息流所确定：

- 数据流；
- 同步流；和
- 控制流。

表 8-3 汇总了各种不同的信号。

表 8-3/G.993.2—MPS-TC： γ_m 接口数据、同步和控制流信号汇总

流	信号	描述	方向
发信信号			
数据	<i>Tx_eoc</i>	发信数据	VME→MPS-TC
同步	<i>Tx_Avbl</i>	若对发信，该消息可以得到，由 VME 认定	VME→MPS-TC
同步	<i>Tx_Clk</i>	发信时钟	VME→MPS-TC
同步	<i>Tx_SoM</i>	发信消息的开始	VME→MPS-TC
同步	<i>Tx_EoM</i>	发信消息的结束	VME→MPS-TC
控制	<i>Tx_stop</i>	发送消息中断	VME→MPS-TC
控制	<i>Tx_RF</i>	响应标志	VME→MPS-TC
控制	<i>Tx_PrF</i>	优先标志	VME→MPS-TC
控制	<i>Sent</i>	发送标志	VME←MPS-TC
接收信号			
数据	<i>Rx_eoc</i>	接收数据	VME←MPS-TC
同步	<i>Rx_Enbl</i>	由 MPS-TC 认定；指示出 VME 可以从 MPS-TC 中获得该消息	VME←MPS-TC
同步	<i>Rx_Clk</i>	接收时钟	VME→MPS-TC
同步	<i>Rx_SoM</i>	接收消息开始	VME←MPS-TC
同步	<i>Rx_EoM</i>	接收消息结束	VME←MPS-TC
控制	<i>Rx_RF</i>	响应标志	VME←MPS-TC
控制	<i>Rx_PrF</i>	优先标志	VME←MPS-TC

8.2.2.1.1 数据流

数据流必须有两个方向相反的基于字节的可变长度的消息流组成，即发信消息 (Tx_eoc) 和接收消息 (Rx_eoc) 组成。在每一字节内的比特的标号为 a_1 到 a_8 , a_1 为 LSB 和 a_8 为 MSB。各字节以数字的顺序编号。VME 必须向 MPS-TC 发出 eoc 消息，首先发送第一个字节的 a_1 比特。表 8-3 介绍了数据流信号的描述。

8.2.2.1.2 同步流

这一数据流在 VME 和 MPS-TC 之间提供同步并且它包含必要的定时，以保持所传送的消息的完整性。同步流必须由表 8-3 中列出的如下信号组成：

- 发信和接收定时信号 (Tx_Clk , Rx_Clk): 它们都是由 VME 所判定的。
- 消息信号 (Tx_SoM , Rx_SoM) 的开始: 分别由 VME 和 MPS-TC 判定, 以便在相应的传输方向上打上所传送的消息起点的标记。
- 消息信号 (Tx_EoM , Rx_EoM) 的结束: 分别由 VME 和 MPS-TC 判定, 以便在相应的传输方向上打上所传送的消息结束的标记。
- 可用的发送包的信号 (Tx_Avbl): 由 VME 判定, 指示该消息准备发送; 和
- 激活的接收信号 (Rx_Enbl): 由 MPS-TC 判定, 指示可以由 VME 从 MPS-TC 中获得数据包。

8.2.2.1.3 控制流

这一流规定所发送的消息的优先级管理，并由表 8-3 中列出的如下信号组成：

- 停止传输 (Tx_Stop): 由 VME 判定, 指示 MPS-TC 必须停止传输当时的消息 (为了给有更高的优先级的消息让出该信道)。
- 响应标志 (Tx_RF , Rx_RF): 分别由 VME 和 MPS-TC 判定, 以指示该 eoc 消息保持响应。
- 优先级标志 (Tx_PrF ; Rx_PrF): 分别由 VME 和 MPS-TC 判定, 以指示由 eoc 消息所载送的命令的优先级。和
- 被发送的标志 ($Sent$): 由 MPS-TC 判定, 用来给在 α/β 接口上曾发送的 HDLC 帧的最后一个字节打上时间标记。

8.2.2.2 α/β 接口

α 和 β 参考点分别规定了在 VTU-O 和 VTU-R 处 MPS-TC 和 PMS-TC 之间的接口。两个接口都是功能上的接口，必须按照 8.1.2 中的规定，符合对用户 TPS-TC 的定义。MPS-TC 必须忽略同步标志的信号。MPS-TC 的参数不必要在线重新配置。

8.2.3 封装格式

- MPS-TC 必须使用表 8-4 中所列出的基于 HDLC 的帧格式封装要传输的消息。

表 8-4/G.993.2—HDLC的帧结构

字节#	MSB	LSB
	7E ₁₆ —打开的标志	
1	地址域	
2	控制域	
3	消息字节#1	
...	...	
P+2	消息字节#P	
P+3	FCS 高字节	
P+4	FCS 低字节	
	7E ₁₆ —关闭标志	

所封装消息的字节 MSB 必须是 HDLC 帧中的相应字节的 MSB。从 γ 接口来的 eoc 消息的第 1 个字节必须被首先发送出去，并且每一字节的 MSB 必须首先发送出去。

8.2.4 通信协议

8.2.4.1 发信机

在发送之前，发信机必须用 8.2.3 中所描述的 HDLC 的帧结构来封装 eoc 消息。帧校验序列 (FCS)、字节透明机制和 HDLC 帧间的时间填充应该按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的描述。可以共享两个相邻 HDLC 帧的打开和关闭的标志：一个帧的关闭标志可以用作后面的帧的打开标志。

若设置了 Tx_Stop 信号，发信机必须使用 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所描述的终止序列（即由后面有一个标志的控制脱离字节）停止发送当时的消息，并且准备接收从 VME 来的待发送的新消息。若设置 Tx_Stop 时，消息的传输早已完成，则 MPS-TC 必须忽略它。

发信机必须根据所发送的命令的优先级，设置下面两个地址域的 LSB，优先级由 Tx_PrF 信号指示出来：

- 00 — 高优先级；
- 01 — 正常优先；
- 10 — 低优先级；
- 11 — 保留

必须将地址域的所有其它比特都置为“零”。

发信机必须根据信号 Tx_RF ，以命令码 (0) 或响应码 (1) 设置控制域的第 2 LSB。控制域的所有其它比特必须置为“零”。

发信机一完成 HDLC 帧的发送，它就必须设置 $Sent$ 信号，给 VME 指示出超时时限定定时器的起点（见表 11-1）。

8.2.4.2 接收机

接收机必须寻找 HDLC 帧的字节边界。接收到的所有不正确的帧、包括 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所描述的无效帧和有无效 FCS 的帧都必须丢弃。具有不满足 8.2.3 和 8.2.4.1 中所描述的 HDLC 帧结构的地址域和控制域的帧都必须丢弃。

MPS-TC 必须从正确接收的 HDLC 帧中提取封装好的 eoc 命令/响应, 并通过 γ_m 接口将它们发送给 VME。

接收机必须使用接收到的 HDLC 帧的控制域的第 2 LSB 来区分命令和响应, 并且相应地设置响应标志 Rx_RF 。接收机必须使用地址域最后两个 LSB, 确定接收到的 HDLC 帧所载送的 eoc 命令的优先级, 并且相应地设置优先级标志 Rx_PrF 。在接收到的 HDLC 帧进行 FCS 验证以前, 必须根据有效的 HDLC 信头的到达, 判定 Rx_RF 和 Rx_PrF , 以指示出 eoc 消息的到达时间。HDLC 信头包含打开标志、地址域和控制域 (见表 8-4)。在 FCS 已经确认以后, 接收机必须设置 Rx_Enbl 信号, 以指示出正确接收的包已准备好。

注—VME 使用接收到的响应消息的优先级标志, 确定它们的到达时间和决定响应的 eoc 消息是否满足时限要求。现在没有规定 VME 使用接收到的命令消息的优先级标志。

8.3 网络定时参考 TPS-TC (NTR-TC)

为了支持要求在 VDSL2 线路的两边有精确相同的定时参考的同步业务, 必须支持从 VTU-O 向 VTU-R 传送 8 kHz 的网络定时参考 (NTR), 以便使协议栈的更高层工作。在初始化期间, VTU-O 必须指示 NTR 传送 (见 12.3.5.2.1.1)。

8.3.1 接口

γ_{m-O} 和 γ_{m-R} 参考点分别规定了 VTU-O 上 NTR 源和 NTR-TC 之间的接口以及在 VTU-R 上 NTR-TC 和 NTR 接收机之间的接口, 如图 5-1 所示。两个接口都是相同的、功能上的接口, 并且由表 8-5 中规定的各种信号来规定。

表 8-5/G.993.2—NTR-TC: γ 接口信号汇总

流	信号	描述	方向
发信信号 (VTU-O)			
NTR	Tx_NTR	发送 NTR 信号	NTR 源 → NTR-TC
接收信号 (VTU-R)			
NTR	Rx_NTR	接收 NTR 信号	NTR 接收机 ← NTR-TC

α 和 β 参考点分别规定了在 VTU-O 和 VTU-R 上的 NTR-TC 和 PMS-TC 之间的接口。两种接口都是功能上的接口, 并且必须符合 8.1.2 中的定义, 附加条件是 NTR 数据只能在从 VTU-O 到 VTU-R 的方向上传输。NTR-TC 必须忽略同步标志信号; NTR-TC 的参数不必要在线重新配置。

8.3.2 功能性

NTR-TC 完成 NTR 的传送。在 VTU-O 上, NTR-TC 将进来的 NTR 信号转换编码到要在 VDSL2 链路上传送的在 OH 帧的 NTR 域中的 NTR 字节中去。在 VTU-R 上, NTR-TC 从 OH 帧中提取 NTR 字节, 并重新构成 NTR 信号。

在 VTU-O 上的 NTR-TC 必须用下面的方法生成 NTR 字节。VTU-O 必须通过将它的取样时钟除以适当的数的方法导出本地的 8 kHz 定时参考 (LTR)。此外, VTU-O 必须估计在 NTR 和 LTR 之间从以前的 OH 帧到现在的 OH 帧的相位偏移的变化 (见 9.5.2)。必须在 OH 帧的开头就估计相位偏移的变化。所估计出的值必须用在频率 $8192 \times \Delta f$ 上运行的取样时钟的周期来表示, 并且必须将它按 2 的补数映射成 NTR 字节。

NTR 字节的比特用 ntr_7 到 ntr_0 来表示, 它代表在 -128 到 +127 之间的范围内有符号的整数。相位偏移的变化为正值 (ntr_7 置为 “0”) 表示 LTR 的频率比 NTR 高, 相位偏移的变化为负值 (ntr_7 是 “1”) 表示 LTR 的频率低于 NTR。若 VTU-O 将它的发信 PMD 时钟锁定于 NTR 频率, 则所有 ntr 比特都必须置为 “0”。

NTR 字节在 OH 帧的 NTR 域中传送。9.5.2.2 规定了将 ntr 比特映射到 OH 帧的 NTR 域的规则。

在 VTU-R 上的 NTR-TC 必须使用在相位偏移中已编码的变化, 根据接收到的 NTR 字节的值, 重新构成 8 kHz 的 NTR。

注一 在 VDSL2 中, 取样时钟与子载波间隔 Δf 成比例。所以, 与取样时钟成比例的 LTR 将有与 Δf 相同的 ± 50 ppm 的频率变化 (见 10.4.2)。NTR 的最大变化为 ± 32 ppm, 所以, 在 NTR 和 LTR 之间频率差值的最大值将不超过 82 ppm。这将会导致最大的时间偏差为 $82 \times 10^{-6} \times PER_p$ 。这里 PER_p 是按照 9.5.4 中的定义的 OH 帧的持续期。这相当于 $(82 \times 10^{-6} \times PER_p) \times 8192 \times \Delta f$ 个取样周期, 对于子载波间隔为 4.3125 kHz 的情况下, 它等于 $2896 \times PER_p$ 取样周期。在 PER_p 最大值的情况下, 它小于 20 ms (见表 9-6)。要传输的偏差值将不超过 ± 58 。所以, 为 NTR 保留一个字节的的信息域是足够用了。

9 传输媒质专用的传输会聚 (PMS-TC) 子层

PMS-TC 子层位于 VDSL2 收发信机参考模型的 α/β 接口和 δ 接口之间 (见图 5-1)。它提供传输媒质专用的 TC 功能, 如扰码、成帧、前向纠错 (FEC) 和交织。

9.1 PMS-TC 的功能模型

PMS-TC 的功能模型如图 9-1 所示。正如在 8.1.2 中所规定的那样, 从不同的 TPS-TC 来的发信用户数据, 来自 MPS-TC 的管理数据和 NTR 数据最多用两个承载信道, 它们以统一的格式通过 α/β 接口进来。进来的用户数据和开销数据被复用到一条或二条等待时间路径中去。每一个承载信道在单一的等待时间路径上载送 (即不得分开跨越两条等待时间路径)。在每一等待时间路径上加上同步字节, 供 OH 帧同步用。

VTU 必须至少支持一条等待时间路径; 支持两条等待时间路径是可选的。若只激活一条等待时间路径, 它必须是等待时间路径 #0。

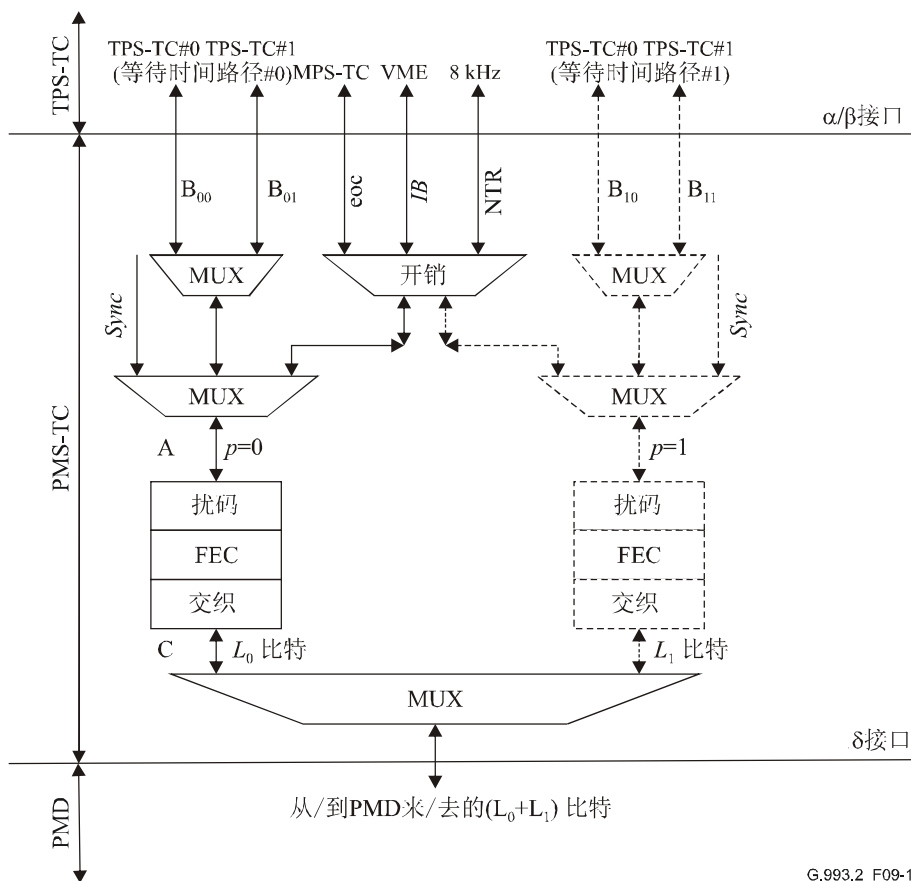
注 1 当 VTU 传送具有不同的等待时间和脉冲噪声保护 (INP) 要求以及有限的更高层差错的恢复能力的两个或更多种应用时, 则它应该实现双等待时间路径, 因为通常, 在这些条件下, 双等待时间将改善性能和/或服务

在每一等待时间路径中，已复用的数据被扰码、用里德—所罗门前向纠错编码进行编码，并作交织处理。将两个等待时间路径的经交织的数据缓存器、复用成一个要通过 δ 接口提交给PMD子层的比特流。

通过 α/β 接口进来的所有用户数据字节首先发送MSB（见图8.1.2）。由于把从 α/β 接口进来的MSB看作PMS-TC中的LSB，LSB必须首先完成在PMS-TC中的所有一系列处理（例如扰码、CRC计算）。结果，从 α/β 接口进来的用户数据的第1个比特将是由PMS-TC处理的第1个比特，并且是向PMD子层发送第1个比特（见9.1.1）。

通过 α/β 接口进来的管理数据字节首先发送MSB（见8.1.2）。从 α/β 接口进来的管理数据的LSB必须被看作PMS-TC中的LSB，并且它将是PMS-TC处理的第1个比特和发往PMD子层去的第1个比特（见9.1.1）。

指示比特（IB）和NTR比特必须按9.5.2.2中的描述发出去。



G.993.2_F09-1

图 9-1/G.993.2—PMS-TC功能模型

注 2 — 根据 9.5.2 中的规定，在不同的等待时间路径 (p_0, p_1) 上传输的开销信息可能是不同的，取决于所用的 OH 帧的类型和成帧参数的值。

在方框图内规定参考点，仅是为了解释清楚。参考点在图 9-1 中做了描述，并在表 9-1 中罗列出来。

表 9-1/G.993.2—PMS-TC功能内部参考点

参 考 点	定 义
A: 复用数据帧	这一参考点是单等待时间路径的扰码器的输入端。在这一参考点上的信号是复用数据帧，并且把它规定为在加上同步开销数据字节以后，在相同等待时间内从不同的承载信道来的字节的分群。
C	这一参考点是单个等待时间路径的输出端。

9.1.1 δ 接口

正如图 5-2 中所描述的那样，分别在 VTU-O 和 VTU-R 上的 δ_O 和 δ_R 参考点位于 PMS-TC 和 PMD 子层之间。两个接口都是功能上的接口，是与应用无关的，并由下面的信号流所确定：

- 数据流；和
- 同步流。

表 9-2 汇总了 δ 接口信号。

表 9-2/G.993.2— δ 接口信号汇总

信 号	描 述	方 向
数据信号		
Tx	发信数据流	PMS-TC→PMD
Rx	接收数据流	PMS-TC←PMD
同步信号		
Clkp_t	发信比特定时	PMS-TC←PMD
Clkp_r	接收比特定时	PMS-TC←PMD
控制信号		
同步标志	重新配置标志	PMS-TC←PMD

9.1.1.1 数据流

数据流由两个相反方向的数据帧的流组成。

- 发信数据帧 (Tx)；
- 接收数据帧 (Rx)。

每一数据帧的比特数和每秒进来的数据帧的数目取决于在初始化期间所选择的 PMD 子层的传输参数。PMS-TC 数据帧 (图 9-4) 的比特必须从该数据帧的第 1 个比特开始，以连续的顺序向 PMD 发送。

9.1.1.2 同步流

同步流必须由发信和接收比特同步信号 (Clkp_t, Clkp_r) 组成，两者都源于 PMD。

9.1.1.3 控制流

这一流提供了在 OLR 期间，改变 PMS-TC 参数的一个时标（同步标志，按表 9-2 中规定）。同步标志（Syncflag）由 PMD 判定，并且指示出 PMS-TC 必须开始以修改过的参数进行工作的具体时间。有关的 PMS-TC 参数明细表有待进一步研究。

9.2 扰码器

必须使用扰码器是为了减少在信道上将传输长的连零序列的概率。扰码器必须是自同步的，以使得扰码能够发生，而不需要特定的与加扰序列同步的码。扰码算法必须按下面的方程所表示的算法；在取样时间 n 时；数据 $x(n)$ 的输出比特必须是：

$$x(n) = m(n) + x(n-18) + x(n-23)$$

其中 $m(n)$ 是在取样时间 n 时数据的输入比特。所有的算法必须是模 2 加。

注一 只要扰码器以零以外的数值初始化，则 $m(n)$ 的全“0”序列将导致长度为 $2^{23}-1$ 的伪随机序列。

进来的字节必须首先输入到扰码器的 LSB。每一复用数据帧（见 9.5.1）的所有数据字节和 OH 字节都应该被扰码。

9.3 前向纠错

前向纠错（FEC）必须使用标准的面向字节的里德—所罗门码。FEC 对随机的和突发的差错提供保护。里德—所罗门码字必须保持 $N_{FEC}=K+R$ 字节，它包括 R 个校验字节即 $c_0, c_1, \dots, c_{R-2}, c_{R-1}$ ，它们被添加到 K 个数据字节即 $m_0, m_1, \dots, m_{K-2}, m_{K-1}$ 上去。必须使用下面的方程，根据数据字节计算校验字节：

$$C(D) = M(D)D^R \text{ mod } G(D)$$

其中：

$$M(D) = m_0D^{K-1} \oplus m_1D^{K-2} \oplus \dots \oplus m_{K-2}D \oplus m_{K-1} \quad \text{是数据多项式}$$

$$C(D) = c_0D^{R-1} \oplus c_1D^{R-2} \oplus \dots \oplus c_{R-2}D \oplus c_{R-1} \quad \text{是校验多项式}$$

$$G(D) = \prod (D \oplus \alpha^i) \quad \text{是里德—所罗门码的生成多项式，}$$

其中积的指数从 $i=0$ 运行到 $R-1$

多项式 $C(D)$ 是由 $M(D)D^R$ 除以 $G(D)$ 得到的余数。算法必须在 Galois 域 GF(256) 中进行，其中 α 是满足原始二进制多项式 $x^8 \oplus x^4 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus 1$ 的素元。数据字节 $(d_7, d_6, \dots, d_1, d_0)$ 用 Galois 域的元素 $d_7\alpha^7 \oplus d_6\alpha^6 \oplus \dots \oplus d_1\alpha \oplus d_0$ 识别出来。

K 和 R 都必须是可编程的参数。在该码字中的校验字节数目的有效数值是 0、2、4、6、8、……16。在码字 N_{FEC} （码字大小）中字节数目的有效数值是从 32 到 255 内的所有整数。VTU 必须支持 R 和 N_{FEC} 的所有有效的值。

9.4 交织

在所有支持的等待时间路径中必须提供交织，以便采用将误码扩散到大量里德—所罗门码字上的方法，保护数据不受到突发的误码。VDSL2 所采用的卷积交织器应该服从下面的规则：

- I 是交织器的块的大小，以字节为单位。交织器必须将一个交织器块 $B_0B_1\cdots B_{I-1}$ 中的每一 I 字节延时一个量，这一个量随着字节的指数线性变化。更精确地说，字节 B_j （有指数 j ）必须被延时 $\Delta[j] = (D-1)\times j$ 字节。其中 D 是交织深度，以字节为单位。并且 D 和 I 是互质数（除了 1 以外，没有公约数）。

对于大小为 $D\times I$ 字节的任何输入，每一个输入字节的指数（ n_{in} ）和每一个输出字节的指数（ n_{out} ）之间的关系为 $n_{out} = (n_{in} + \Delta[j])$ 。式中 $j = n_{in} \bmod I$ 和 $\Delta[j] = (D-1)\times j$ 。

交织器和去交织器组合的总时延为 $(D-1)\times(I-1)$ 字节。

RS 码字长度 N_{FEC} 必须是 I 的整数倍，即 $N_{FEC} = q\times I$ 。其中 q 是 1 到 8 之间的整数。必须支持所有的 q 值。码字必须被映射到交织器的块中，以使得该码字的第一个 I 字节映射到第 1 个交织器块的 I 字节 $B_0B_1\cdots B_{I-1}$ 。

为了满足对误码实发保护和等待时间的要求，必须设置交织器深度。按照对特定的简表的规定，VTU 必须支持从 1 到 D_{max} 的所有 D 的整数值（见表 6-1）。在任何数据速率下，切断交织器时，产生最短的等待时间。若支持两条等待时间路径，在两条等待时间路径上都必须支持交织。对所有所支持的等待时间路径，必须使用相同的有效的和强制的配置参数。

交织器参数的汇总在表 9-3 中给出。

表 9-3/G.993.2—交织器参数汇总

参 数	数 值
D 和 I	互为质数
q	1 到 8 的整数
N_{FEC}	32 到 255 的整数 $N_{FEC} = q\times I$
交织器和去交织器组合的总时延	$(D-1)\times(I-1)$ 字节

9.4.1 交织器深度的动态变化

对 VDSL2，规定了一个传输期间动态改变交织深度的方法。这一方法是可选的。在初始化期间，在 O-MSG1 和 R-MSG2 中必须指示出支持交织。

注 — 虽然，本节规定了在传输期间动态改变交织深度的程序，但是在本建议书的这一版本中，没有规定启动这一程序的控制命令。在本建议书的将来的修订版中，将规定动态改变交织器深度的呼叫程序。

只得在 RS 码字的第一个字节上启动交织器深度的改变，这里 k 是在交织器输入端上这字节的顺序号。

为将交织器深度从 D_{old} 增加到 D_{new} , 且 $D_{old} < D_{new}$, 交织器的输出由下式决定:

$$y(n + \Delta_{old}[j]) = x(n); \text{ 对于 } n + \Delta_{old}(j) < k, \text{ 其中 } \Delta_{old}[j] = (D_{old} - 1) \times j$$

$$y(n + \Delta_{new}[j]) = x(n); \text{ 对于 } n + \Delta_{old}(j) \geq k, \text{ 其中 } \Delta_{new}[j] = (D_{new} - 1) \times j$$

为将交织器深度从 D_{old} 减小到 D_{new} , 且 $D_{old} > D_{new}$, 交织器的输出由下式决定:

$$y(n + \Delta_{old}[j]) = x(n); \text{ 对于 } n + \Delta_{new}(j) + \delta < k$$

$$y(n + \Delta_{new}[j] + \delta) = x(n); \text{ 对于 } n + \Delta_{new}(j) + \delta \geq k$$

其中 δ 是转变期的时长, 并由下式求出:

$$\delta = [(D_{old} - D_{new}) \cdot (I - 1) / I] \cdot I$$

δ 不是稳定不变的时延, 用中断交织器输入的方法可以补偿它。补偿的时间是 δ 字节所代表的时间。

上面的规则没有规定的字节的数值还没有规定。

若交织器交织深度的改变会伴随着在特定的等待时间路径中数据速率的相应改变 (例如 DRR, SRA—见 13.1), 则必须用下面的方法, 使 D 的改变与参数 L_p (见表 9-6) 的相应改变相协调。交织深度增加的情况下, 在紧跟着包含字节 k 的第 1 个比特的数据帧后面的那个数据帧中必须改变 L_p 。交织深度减小的情况下, 在包含字节 k 的第 1 个比特的数据帧中, 必须将 L_p 改变到更低的值。在 D 改变以前和改变以后, 都必须满足对交织器/去交织器组合的总时延和 INP_{min} 的限制条件。在 D 的改变程序期间, 即第 1 个和最后一个未规定的字节之间, 对总时延不加限制。

9.5 成帧

单等待时间路径的成帧格式汇总在图 9-2 和 9-3 中。两个等待时间路径有相同的成帧格式, 但是它们的成帧参数 (在表 9-6 中规定的) 是独立的。指数 p 表示等待时间路径, 并可以取值 0 和 1。

9.5.1 复用数据帧 (MDF) 和 RS 码字

开销信道和第 1 及第 2 承载信道被复用成复用数据帧 (MDF)。MDF 的格式如图 9-2 所示。为了形成 MDF, PMS-TC 从开销 (OH) 缓存器中依次拉出 O_{pi} 字节, 然后分别从第 1 和第 2 承载信道缓存器拉出 B_{p0} 和 B_{p1} 字节。

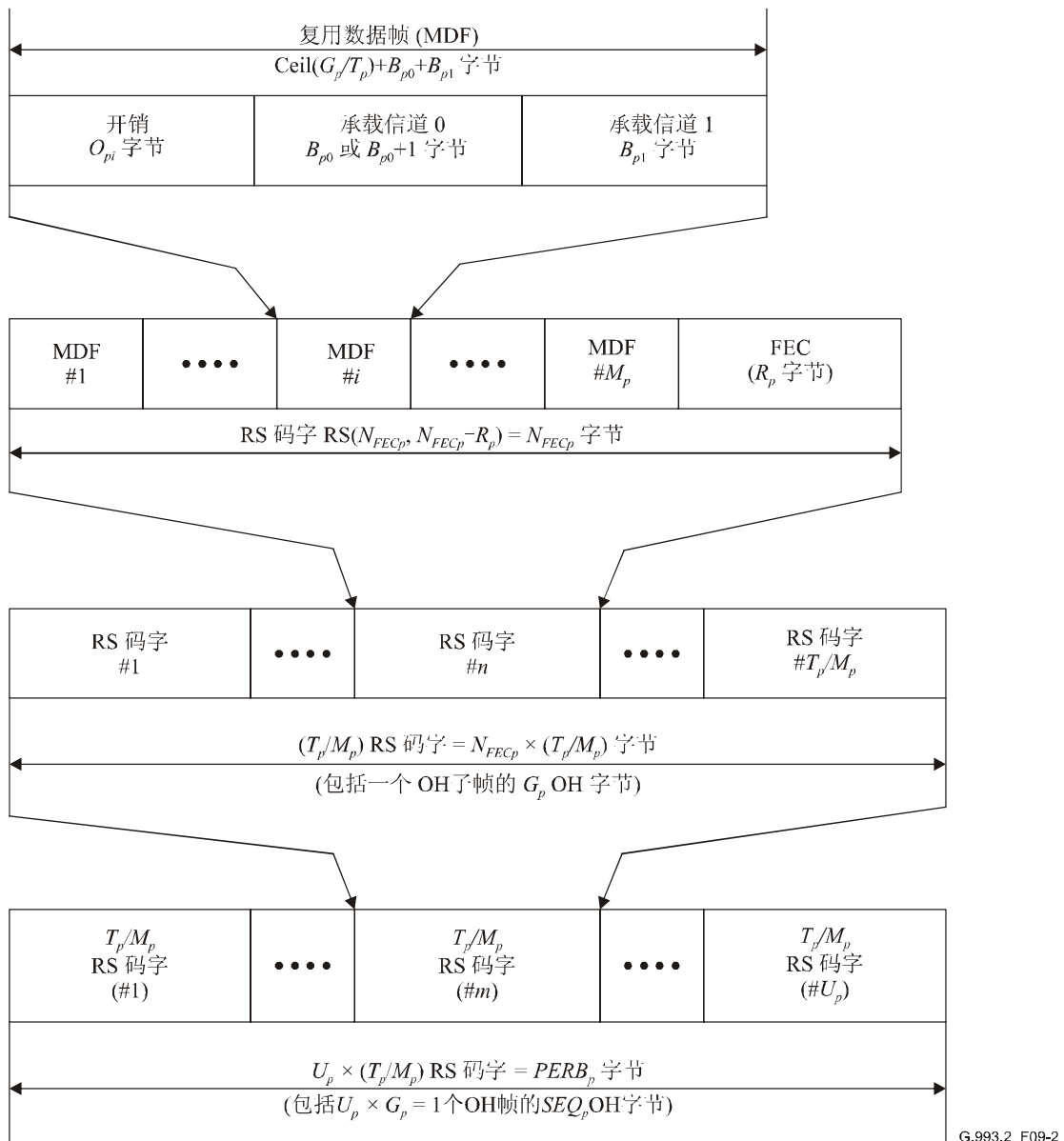


图 9-2/G.993.2—MDF和RS码字的结构

MDF 按图 9-2 中的说明映射到 RS 码字上。每一个 RS 码字包含相同数目 M_p 的 MDF 和相同数目的冗余字节 R_p 。每一个码字的第 1 个字节是这一码字的第 1 个 MDF 的第 1 个字节。RS 码字的总规模是 N_{FECp} 个字节。在 MDF 的承载信道域中的所有字节必须首先映射到发信 LSB。开销字节的各个比特都必须按照 9.5.2.2 中的规定映射。

每一 MDF 的开销字节的数目 O_{pi} 必须是 9.5.2.1 中规定的值。由于将开销字节指配到 MDF 的方法不同，在一个 MDF 中开销字节的数目可能会最多改变一个字节。少一个开销字节的那些 MDF 必须代之以载送从承载信道#0 来的一个附加的字节，以使得所有 MDF 中的字节总数相同。

注—两个承载信道的比特率的比值不可能精确地配合所发送的比特率的实际比值。对于比较大的 MDF，比特率比值的设置有比较细的粒度。

9.5.2 开销 (OH) 帧、子帧和超帧

开销帧载送 OH 数据和成帧同步数据。OH 帧由整数 U_p 个 OH 子帧组成，如图 9-3 所示。所有 OH 子帧有相同的格式。OH 帧的总长度 (OH 帧周期) 是 $PERB_p$ 个字节。OH 帧的参数 U_p 和 $PERB_p$ 在表 9-6 中做了规定。

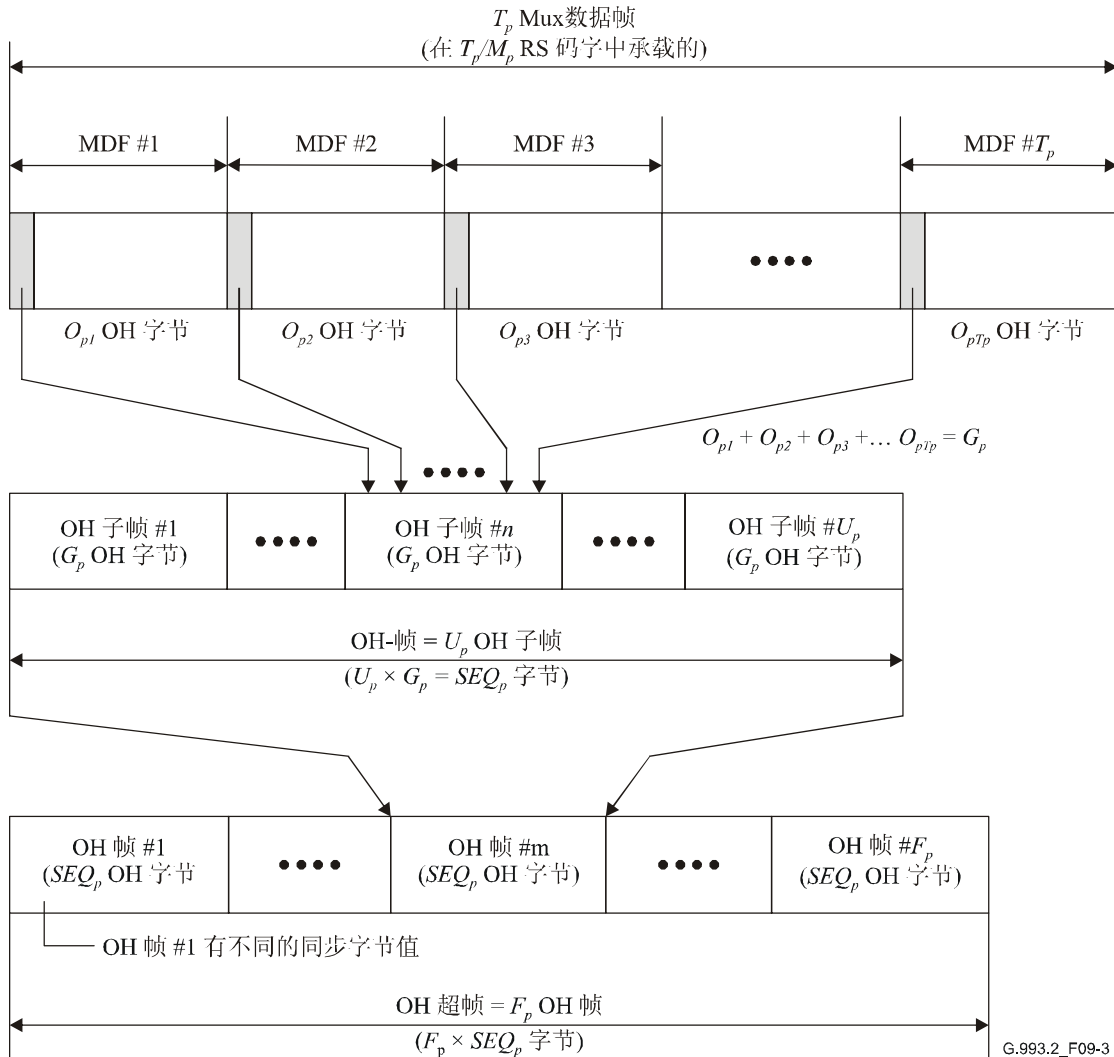


图 9-3/G.993.2—开销子帧、帧和超帧的结构

一个 OH 超帧由 F_p 个 OH 帧组成。

9.5.2.1 OH子帧的格式

OH 子帧跨越 T_p 个 MDF 并包含分布在这些 MDF 中的 G_p 个 OH 字节。在 OH 子帧的 MDF# i 中的 OH 字节数 O_{pi} 必须为：

$$O_{pi} = \begin{cases} \left\lceil \frac{G_p}{T_p} \right\rceil, & \text{对于 } i \leq G_p - T_p \times \left\lfloor \frac{G_p}{T_p} \right\rfloor \\ \left\lfloor \frac{G_p}{T_p} \right\rfloor & \text{否则} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, T_p; 0 \leq O_{pi} \leq 8。$$

设置 G_p 和 T_p 必须符合下面的规则:

规则 1: $M_p/S_p \leq 64$;

$$\text{规则 2: } \left\lfloor \frac{G_p}{T_p} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{M_p}{S_p} \right\rfloor + \left\lceil \frac{\left\lfloor \frac{M_p}{S_p} \right\rfloor}{T_p} \right\rceil \times (G_p \bmod T_p) + \min \left(\left\lceil \frac{M_p}{S_p} \right\rceil \bmod T_p, G_p \bmod T_p \right) \leq 8。$$

在 MDF O_{pi} 中的 OH 字节数的有效范围为 0 到 8; OH 子帧 G_p 中的 OH 字节数的有效范围为 1 到 32。

OH 子帧必须跨越整数个 RS 码字: $T_p = k \times M_p$, 其中 k 为整数。

注 1 — 每个 MDF 的 OH 字的平均数等于 G_p/T_p , 它可能是一个非整数。

注 2 — 因为 OH 帧跨越整数个 RS 码字和整数个 MDF, OH 帧、RS 码字和 MDF 的边界要对齐。

9.5.2.2 OH 数据的映射

OH 数据到 OH 帧的映射必须按照表 9-4 中的说明。必须支持两种类型的 OH 帧:

- 1 型 — 完整帧;
- 2 型 — 辅助帧。

对于单等待时间, 该等待时间路径必须使用 1 型 OH 帧。对于双等待时间, 一个等待时间路径必须使用 1 型 OH 帧, 而另一路径必须使用 2 型 OH 帧。为 1 型 OH 帧选择的等待时间路径必须在初始化期间由 MSGLP 域中的参数值指示出来 (见 12.3.5.2.1.3, 12.3.5.2.2.3)。

表 9-4/G.993.2—1型和2型OH帧的内容

1型OH帧		
字节号	OH域	描述
1	CRC _p	循环冗余校验 (9.5.2.3)
2	Syncbyte (同步字节)	当 OH 帧指示 OH 超帧的起点时, Syncbyte=AC ₁₆ , 否则 Syncbyte=3C ₁₆ 。
3	IB-1	与 PMD 有关的原语 (注 1, 表 9-5)
4	IB-2	与 PMS-TC 有关的原语 (注 1, 表 9-5)
5	IB-3	与 TPS-TC 有关的和与系统有关的原语 (注 1, 表 9-5)
6	NTR	网络定时参考 (注 2, 8.3)
>6	MSG	消息开销 (注 3, 11.2)
2型OH帧		
1	CRC _p	循环冗余校验 (9.5.2.3)
2	Syncbyte (同步字节)	当 OH 帧指示出 OH 超帧的起点时, Syncbyte=AC ₁₆ , 否则 Syncbyte=3C ₁₆ 。
3 到 8	为 ITU-T 分配用保留	所保留的域的值必须为 FF ₁₆ 。

表 9-4/G.993.2—1型和2型OH帧的内容

注 1—IB (指示比特) 通知远端的异常和缺陷; 对 1 型 OH 帧, 在两个方向上都有效。未使用的 IB 必须设置为“1”。
注 2—NTR (网络定时参考) 为 CPE 提供 8kHz 的定时参考信号; 对 1 型 OH 帧, 仅对下行方向有效。若 VTU-O 指示出, 它不传送 NTR, 则 NTR 域也必须被设置为 FF ₁₆ 。在上行方向上, NTR 域必须总是被设置为 FF ₁₆ 。
注 3—MSG 域传送 eoc 消息。仅对 1 型 OH 帧, 两个方向上都有效。

CRC、IB 和 NTR 比特映射到 OH 帧的域必须按照表 9-5 中的规定; 必须首先发送 LSB。按照 8.2.3 和 9.1 中的规定, MSG 字节必须首先将 LSB 映射到 OH 帧中去。

表 9-5/G.993.2—OH比特映射

OH 域	D7(MSB)	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0(LSB)	在…中规定
CRC	<i>crc</i> ₇	<i>crc</i> ₆	<i>crc</i> ₅	<i>crc</i> ₄	<i>crc</i> ₃	<i>crc</i> ₂	<i>crc</i> ₁	<i>crc</i> ₀	9.5.2.3
IB-1	<i>los</i>	<i>rdi</i>	<i>lpr</i>	1	1	1	1	1	11.2.4, 11.3
IB-2	1	1	1	1	1	1	1	1	
IB-3	TIB#0-0	TIB#0-1	TIB#0-2	TIB#0-3	TIB#1-0	TIB#1-1	TIB#1-2	TIB#1-3	11.2.4, 附件 K
NTR	<i>ntr</i> ₇	<i>ntr</i> ₆	<i>ntr</i> ₅	<i>ntr</i> ₄	<i>ntr</i> ₃	<i>ntr</i> ₂	<i>ntr</i> ₁	<i>ntr</i> ₀	8.3

9.5.2.3 循环冗余校验 (CRC)

对每一等待时间路径的每一 OH 帧必须分别计算一个子节的循环冗余校验码 (CRC)。对于在 OH 帧周期期间所发送的 *t* 比特数据消息, 必须使用下面的方程计算 CRC:

$$crc(D) = M(D) \times D^8 \text{ modulo } G(D),$$

其中:

$$M(D) = m_0D^{t-1} + m_1D^{t-2} + \dots + m_{t-2}D + m_{t-1} \text{ 是数据消息多项式,}$$

$$G(D) = D^8 + D^4 + D^3 + D^2 + 1 \text{ 是生成多项式,}$$

$$crc(D) = crc_0D^7 + crc_1D^6 + \dots + crc_6D + crc_7 \text{ 是 CRC 多项式, 和}$$

D 是时延运算符。

即 *crc(D)* 必须是 $M(D) \times D^8$ 除以 $G(D)$ 所得的余数。数据消息的每一个八位字节必须首先被输入到 *crc(D)* 方程的 LSB 中。

根据 9.5.2.2 中的规定, *crc*₀ 到 *crc*₇ 的值是在下一个 OH 帧中要载送的 CRC 比特, 以便首先发送 LSB (*crc*₀)。(在进入传送数据时间时的) 第 1 个 OH 帧的 CRC 比特必须被设置为“零”。

对于等于该 OH 帧的持续时间($PERB_p$) (字节数)的每一个随后的时间周期,在扰码以前必须计算 CRC。CRC 所涉及的数据消息必须包含在 OH 帧周期期间所发送的所有 MDF 的除 CRC 字节以外的所有比特。第 1 个 CRC 必须在包含第 1 个 OH 帧周期(在进入传送数时间以后)在内的数据消息上进行计算;第 2 个 CRC 必须在包含第 2 个 OH 帧周期的数据消息上进行计算;以此类推。

9.5.2.4 OH超帧

OH 超帧包含 F_p 个 OH 帧,它用于提供附加的定时参考。 F_p 的值必须选择得使 OH 超帧的持续时间比 VTU-O 和 VTU-R 之间交换管理信息所需要的时间长得多。OH 超帧的第 1 个字节与该 OH 帧的第 1 个字节相一致,并且必须加上 Syncbyte= AC_{16} 的标记。 F_p 的有效范围为 1 到 255。

9.5.3 从两个等待时间路径来的数据的复用

分别从等待时间路径#0 和#1 的 RS 码字来的所指配的比特数 L_0 和 L_1 必须按图 9-4 所示映射到数据帧中。各比特必须依顺序从 RS 码字的字节中提取,首先提取 LSB。每一个被提取的 L_0 比特组的第 1 个比特必须是该数据帧的第 1 个比特。

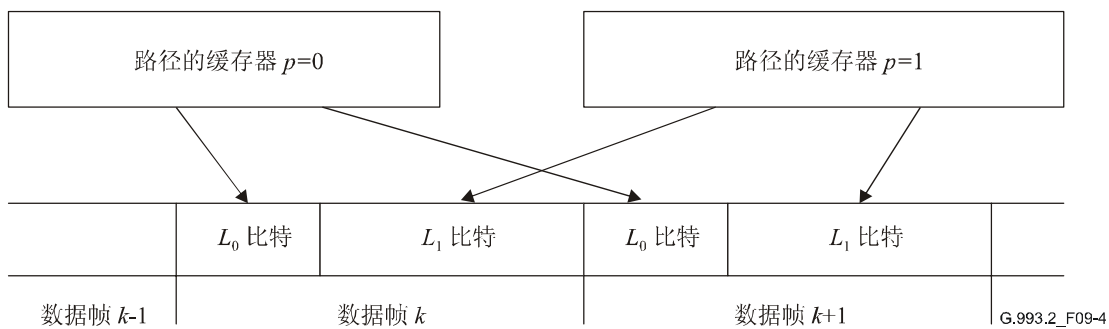


图 9-4/G.993.2—把两个等待时间路复用到由DMT符号载送的数据帧中

9.5.4 成帧参数

表 9-6 规定了等待时间路径 p 的成帧参数。规定了两组参数:

- 主成帧参数; 和
- 导出的成帧参数。

主成帧参数是在初始化期间与其它 VTU 交流的用于建立帧的参数(见 12.3.5)导出的成帧参数是由 VTU 用主成帧参数计算出来的, 目的在于建立完整的帧设置和用于数据信道和开销信道比特率验证的参数, 并且在设置特定的成帧参数时, 提供 PMS-TC 的其它重要特性。

表 9-6/G.993.2—等待时间路径*p*的成帧参数

参 数	定 义
主成帧参数	
B_{pn}	从每一 MDF 的承载信道# <i>n</i> 来的字节数。数值的范围为 0 到 254。当 G_p/T_p 不是一个整数时，从承载信道#0 来的字节数在 B_{p0} 和 B_{p0+1} 之间变化。
R_p	在 RS 码字中的冗余字节数。
M_p	在 RS 码字中的 MDF 的数目。必须只支持值 1, 2, 4, 8 和 16。
T_p	在 OH 子帧中的 MDF 的数目。 $T_p = k \times M_p$ ，其中 <i>k</i> 是整数。 T_p 的值不得超过 64。
G_p	在 OH 子帧中，开销字节的总数； $1 \leq G_p \leq 32$ 。
F_p	OH 超帧中 OH 帧的数目； $1 \leq F_p \leq 255$ 。
L_p	在每一数据符号中发送的从等待时间路径 <i>p</i> 来的比特数。
导出的成帧参数	
N_{FECp}	RS 码字的长度： $N_{FECp} = M_p \times \left[\text{ceiling} \left(\frac{G_p}{T_p} \right) + B_{p0} + B_{p1} \right] + R_p \text{ 字节}$
O_{pi}	在 OH 子帧的第 <i>i</i> 个 MDF 中开销字节的数目： $O_{pi} = \begin{cases} \left\lfloor \frac{G_p}{T_p} \right\rfloor, & \text{对于 } i \leq G_p - T_p \times \left\lfloor \frac{G_p}{T_p} \right\rfloor, i = 1, 2, \dots, T_p; \\ \left\lfloor \frac{G_p}{T_p} \right\rfloor & \text{否则} \end{cases} \quad 0 \leq O_{pi} \leq 8。$
$PERB_p$	在开销帧中的字节数： $PERB_p = \frac{T_p \times N_{FECp}}{M_p} \times \left\lfloor \frac{\hat{Q} \times M_p}{T_p \times N_{FECp}} \right\rfloor \text{ 字节}$ <p>其中：</p> $\hat{Q} = \begin{cases} Q, & \text{如果 } TDR_p \geq TDR_0 \\ Q \cdot \frac{TDR_p}{TDR_0}, & \text{如果 } TDR_p < TDR_0 \end{cases}$ <p>和其中：</p> <p>TDR_p 是等待时间路径 <i>p</i> 的总数据速率 (kbit/s)，</p> <p>$Q=17\ 000$ 字节</p> <p>$TDR_0=7880$ kbit/s。</p>
TDR_p	等待时间路径 <i>p</i> 的总数据速率 (在参考点 C 上)： $TDR_p = L_p \times f_s \text{ kbit/s}$ ， 其中 f_s 是数据符号率 (ksymbols/s) (见 10.4.4)。

表 9-6/G.993.2—等待时间路径*p*的成帧参数

参 数	定 义
S_p	RS 码字跨越的数据符号的数目： $S_p = \frac{8 \times N_{FECp}}{L_p}$ S_p 的值可能不是整数，并且不得超过 64。
NDR_{pn}	承载信道#0 的净数据速率： $NDR_{p0} = \left[B_{p0} + \text{ceiling} \left(\frac{G_p}{T_p} \right) - \frac{G_p}{T_p} \right] \times \frac{8 \times M_p \times f_s}{S_p} \text{ kbit/s}。$ 承载信道#1 的净数据速率： $NDR_{p1} = B_{p1} \times \frac{8 \times M_p \times f_s}{S_p} \text{ kbit/s}。$ 对有关的等待时间路径上的所有规定的承载信道，成帧参数的设置必须满足下式： $net_min_n < NDR_{pn} < net_max_n$
NDR_p	等待时间路径 p 的净数据速率： $NDR_p = L_p \times f_s \times \frac{K_p}{N_{FECp}} - OR_p = \left(K_p - \frac{G_p \times M_p}{T_p} \right) \times \frac{8 \times f_s}{S_p} \text{ kbit/s}。$ 其中 $K_p = N_{FECp} - R_p$ 。
U_p	在 OH 帧中 OH 子帧的数目： $U_p = \frac{PERB_p}{N_{FECp}} \times \frac{M_p}{T_p}$
SEQ_p	在 OH 帧中开销字节的数目： $SEQ_p = U_p \times G_p$ 字节。
OR_p	等待时间路径 p 的开销数据速率： $OR_p = \frac{G_p \times M_p}{S_p \times T_p} \times 8 \times f_s \text{ kbit/s}。$
msg_p	消息开销数据速率（只对 1 型开销帧）： $msg_p = OR_p \times \frac{SEQ_p - 6}{SEQ_p} \text{ kbit/s}。$ 成帧参数的设置必须满足 $msg_{min} < msg_p < msg_{max}$ 。 msg_{min} 和 msg_{max} 的设置必须符合下面的条件： $16 \text{ kbit/s} \leq msg_{min} < 248 \text{ kbit/s}$; $msg_{max} = 256 \text{ kbit/s}$ 。
PER_p	开销帧的持续时间（ms）（见注）： $PER_p = \frac{T_p \times S_p \times U_p}{f_s \times M_p} = \frac{8 \times PERB_p}{L_p \times f_s} \text{ ms}。$

表9-6/G.993.2—等待时间路径*p*的成帧参数

注—在 7.2.1.1.3/G.977.1 和 7.2.1.2.3/G.997.1[4]中，使用一秒计数器来表示近端严重误码秒 (SES)。对每一个 *crc-p* 异常的出现，一秒计数器的增量为 $\Delta CRCsec_p$ (一秒归一化的 CRC 异常计数器增量)。分别对每一个下行和上行等待时间路径规定了 $\Delta CRCsec_p$ 值；实际值在 0.125 到 8 的范围内，按下式来确定：

$$\Delta CRCsec_p = \begin{cases} 1, & \text{如果 } 15 \leq PER_p \leq 20 \\ \frac{PER_p}{15}, & \text{如果 } PER_p < 15 \end{cases}$$

9.5.5 参数 1/S

参数 1/S 规定了在单个数据符号内被编码的里德—所罗门码字的总数。它等于：

$$1/S = \sum_p \text{ceiling} \left(\frac{1}{S_p} \right),$$

其中 S_p 是等待时间路径 p 的 RS 码字跨越的数据符号的数目并且求和是在所有激活的等待时间路径上进行的。 S_p 的值有可能不是整数，并且应该根据表 9-6 中的规定计算出来。

1/S 的值的范围 ($1/64 \leq 1/S \leq (1/S)_{max}$) 是与简表有关系的。不同的简表的强制性的 $(1/S)_{max}$ 值在表 6-1 中做了规定。对不同的简表，可供选择的延伸 (有效) 的 $(1/S)_{max}$ 值在表 9-7 中做了规定。

表 9-7/G.993.2—可供选择的延伸的 $(1/S)_{max}$ 值

参 数	简表的参数值							
	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
$(1/S)_{max}$ 下行	64	64	64	64	64	64	64	32
$(1/S)_{max}$ 上行	32	32	32	32	64	64	64	32

9.6 脉冲噪声保护 (INP_p)

INP_p (等待时间路径 p 的脉冲噪声保护) 定义为不管在有差错的 DMT 符号内出错的符号的数目如何，在去交织器的输入端上看到的可以完全由纠错码纠正差错的连续的 DMT 符号或其中的片断的数目。

注 1—这等效于在去交织器的输入端上看到的在任何一个 $(I_p - 1) \cdot D_p + 1$ 字节的数据块内，能够由纠错码完全纠正其错误的连续的差错字节的数目除以 $L_p/8$ ，即除以在等待时间路径 p 的 DMT 符号中装载的字节数。交织器块的长度 I_p 和交织器的深度 D_p 在 9.4 中做了规定，而装载进一个 DMT 符号中的从等待时间路径 p 来的比特数 L_p 在 9.5.4 中做了规定。

注 2— INP_p 的值用 DMT 符号来规定。脉冲噪声保护的时间间隔用 ms 表示，它随由简表所决定的子载波间隔 (第 6 节) 和 CE 长度 (见 10.4.4) 而变化。

承载信道#*n* 的实际脉冲噪声保护 INP_{act_n} 应该总是设置于基本的 PMS-TC 路径功能的导出参数 INP_p 的值 (见附件 K)。根据 INP_p 的定义, 接收机必须总是保证 $INP_{act_n} \geq INP_{min_n}$, 而不管采用了哪一种供货商自行决定技术, 例如包括采用删除型解码技术。当接收机中的里德—所罗门解码器不使用删除型解码技术时, INP_p 必须按下式计算:

$$INP_{no_erasure_p} = \frac{8 \times D_p \times \left\lfloor \frac{R_p}{2 \times q_p} \right\rfloor}{L_p} = \frac{S_p \times D_p \times \left\lfloor \frac{R_p}{2 \times q_p} \right\rfloor}{N_{FECp}} \text{DMT 符号}$$

其中在 9.4 和 9.5.4 中对参数 D_p 、 R_p 、 L_p 和 q_p 作出了定义。当使用删除式解码技术时, INP_p 可能不等于 $INP_{no_erasure_p}$ 。

在初始化期间, VTU-O 在从 CO-MIB 来的方向上, 在初始化中, 可能设置一个比特, 以便要求 VTU-R 选择成帧参数, 使得在两个等待时间路径上, $INP_p = INP_{no_erasure_p}$ 。不管是否设置了这一比特, 接收机必须总是保证 $INP_{act_n} \geq INP_{min_n}$ 。这一比特称为 “ $INP_{no_erasure_p}\text{-require}_d$ ”, 就是表 12-42, 12.3.5.2.1.1 中的 “脉冲噪声保护域” 的比特 8。

在初始化期间, VTU-R 说明在各个等待时间路径上是否正在使用删除式解码技术。在表 12-53, 12.3.5.2.2.3 中, 这一域称为 “Erasure decoding used (用删除式解码)”。

在两个 VTU 上, 删除式解码都是供货商自行选择的。

9.7 时延

当交织器未激活 (交织器深度=1) 时, 在 α 和 β 接口之间的单向时延不得超过 2 ms。

交织器引入到等待时间路径 p 中的实际时延 (ms) 必须按下式计算:

$$delay_p = \frac{S_p \times (D_p - 1)}{q_p \times f_s} \times \left(1 - \frac{q_p}{N_{FECp}} \right) \text{ms}$$

其中 D_p 是为等待时间路径 p 设置的交织深度; S_p 是表 9-6 中定义的参数; q_p 是等待时间路径 p 的 FEC 码字中的交织器块的数目; N_{FECp} 是等待时间路径 p 的 FEC 码字的大小, 和 f_s 是数据符号率 (ksymbols/s)。

特定的承载信道 n 的交织器时延 (ms) 受限于 CO-MIB 中规定的 $delay_{max_n}$ 的值。

9.8 误码率 (BER)

误码率 (BER) 是以接收机的 α/β 接口的输出为参考的, 对任何一个所支持的承载信道, BER 不得超过 10^{-7} 。为了保证这个值, 调制解调器必须执行适当的初始化和重新配置程序。

10 与物理媒质有关 (PMD) 的功能

在传送数据时间期间, 发信 PMD 功能必须每秒发送许多数据符号。符号的数目取决于 CE 长度 (见 10.4.4) 和子载波间隔 (见 10.4.2) 的选择。对每一数据符号而言, 发信 PMD 功能接收从发信 PMS-TC 功能来的一个符号编码器的输入数据帧 (包含 L 数据比特)。然后, 必须按 10.3 中的规定, 对该数据帧作符号编码。对在 MEDLEY 的集中 (MEDLEY_{us} 或 MEDLEY_{ds}, 取决于传输方向, 分别导致 NSC_{us} 和 NSC_{ds} 复数值) 的每一个子载波, 符号编码将产生一个复数值。必须按照 10.4 中的规定, 把这些复数值进行调制, 成为数据符号, 以产生一个在数字用户线上传输的模拟信号。

10.1 PMD功能模型

图 10-1 介绍了 PMD 子层的功能模型。按照 9.1 中的规定，在发信方向上，PMD 子层通过 δ 接口接收从 PMS-TC 子层来的输入数据帧。每一数据帧包含要在一个 DMT 符号上被调制的整数个数据比特，比特数等于 L_0+L_1 。在调制前，进来的比特由符号编码器编码。编码器将进来的比特流分为许多小的比特群，在那里，指定每一比特群，调制该 DMT 信号的特定子载波。每一比特群再进一步由格状编码器进行编码并映射到信号星座中的一个点上。星座点的集使用反离散傅立叶变换 (IDFT) 调制 DMT 符号的子载波。在初始化程序期间，根据子载波的信号噪声比 (SNR) 和具体的系统配置设置确定给每一子载波所分配的比特数。在 IDFT 以后，所得到的符号加循环延伸和开窗口并向 U 接口上的传输媒质发送出去。

在接收方向上，通过 U 接口从传输媒质进来的信号进行解调和解码，以便提取所发送的数据帧。从解码器（在图 10-1 中称为“数据帧（输出）”得到的数据帧通过 δ 接口向 PMS-TC 子层发出去。

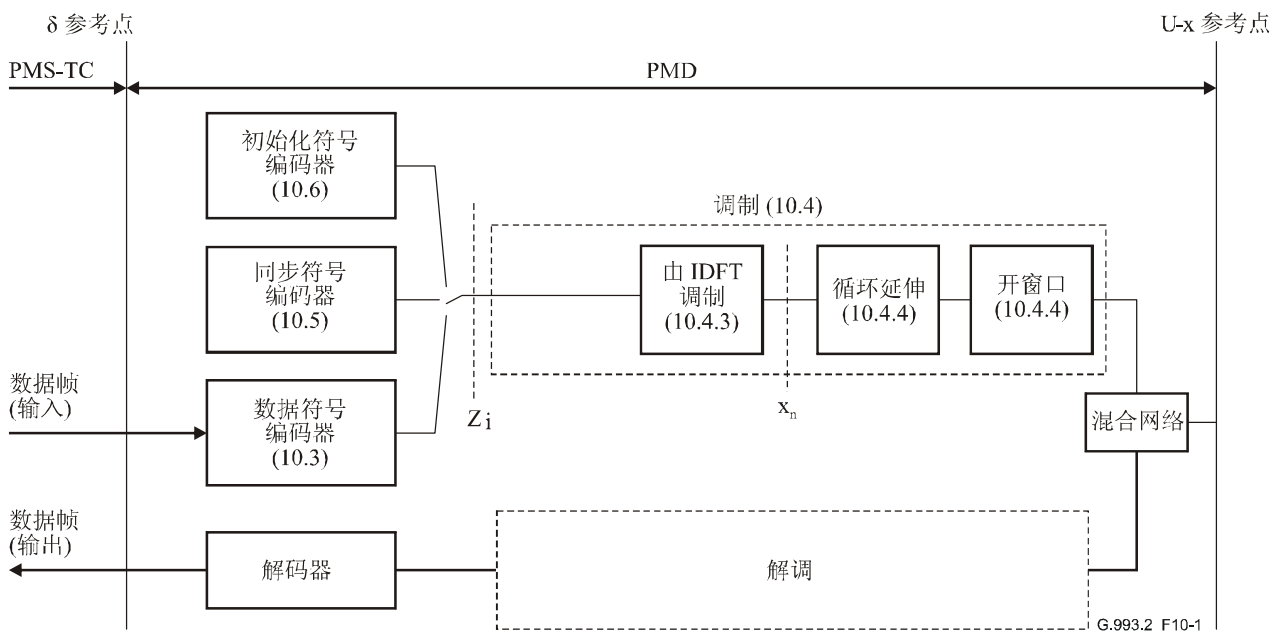


图 10-1/G.993.2—PMD子层的功能模型

10.2 DMT超帧

发信 PMD 功能必须使用图 10-2 所示的 DMT 超帧结构。每一 DMT 超帧必须由 256 个数据帧组成和后面跟随的一个同步帧组成，数据帧的编号从 0 到 255。同步帧的内容决定于是否正在发出在线重新配置用的定时信号（见 10.5.3）。按 10.5.1 中的规定，数据帧在 256 个数据符号上进行调制，而同步帧在一个同步符号上进行调制。同步帧提供时间标志，供在线重新配置用（见第 13 节）。

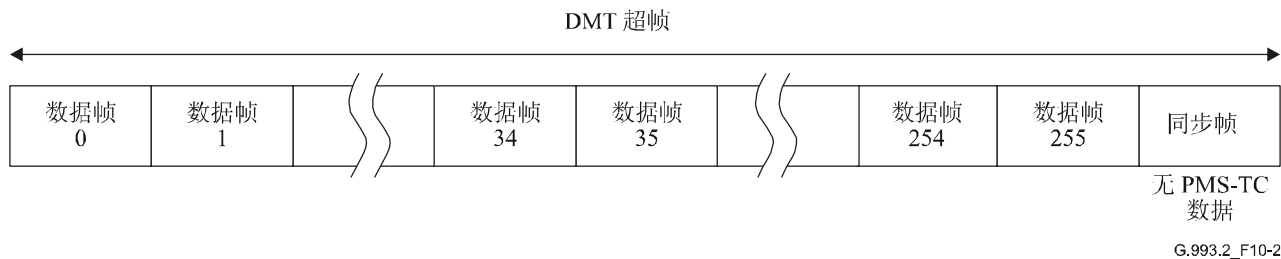


图 10-2/G.993-2—DMT的超帧结构

注一 超帧的持续时间取决于子载波的间隔和循环延伸的值（见 10.4）。当子载波间隔为 4.3125 kHz 和使用强制性的循环延伸值（5/64）时，一个超帧的持续时间是 64.25 ms。

10.3 数据符号的符号编码器

在图 10-1 中，数据符号的符号编码器是作为发信 PMD 功能的一部分表示的。数据符号的符号编码器由如下功能组成：

- 单音排序；
- 格状编码；
- 星座映射；
- 星座点定标度。

10.3.1 单音排序

在初始化期间，接收 PMD 功能必须计算在 MEDLEY 集 (MEDLEY_{us} 或 MEDLEY_{ds}，取决于传输方向) 中每一子载波要使用的比特数和相对增益，以及给予载波指配比特的顺序（即单音排序）。必须在初始化的信道分析和交换阶段期间将计算出的比特和增益以及单音排序发回发信 PMD 功能（见 12.3.5.2）。在 MEDLEY_{us} 和 MEDLEY_{ds} 中的子载波数分别用 NSC_{us} 和 NSC_{ds} 来表示。

按照频率或子载波指数 i 上升的顺序，把成对的比特和相对增益规定为比特分配表 b 和增益表 g （即，对属于 MEDLEY 集的所有子载波指数 i 的 b_i 和 g_i ）。若使用格状编码，接收 PMD 功能在比特分配表 b 中必须包含偶数个 1 比特的子载波（ $NCONEBIT$ ）。

单音排序表 t 定义为给从 MEDLEY 集来的主载波指配从输入比特流来的比特的顺序（ t_k ，对上行单音， $k=1$ 到 NSC_{us} ；对下行单音， $k=1$ 到 NSC_{ds} ），而星座映射在指数 $i=t_1$ 的子载波上开始和在指数 $i=t_{NSC}$ 的子载波上终止（例如， $t_{75}=160$ 的含义是指数为 160 的子载波是要指配从输入比特流来的比特的第 75 个子载波）。

在初始化期间，必须创建和交换单音排序表 t (O-PMD、R-PMO 消息见 12.3.5.2)，并且一直到下一次初始化以前，单音排序表必须保持不变。

在接收到表 b 、 g 和 t 以后，发信 PMD 功能必须根据原来的表 b 和 t 计算出重新排序的比特表 b' 和重新排序的单音表 t' 。星座映射必须根据重新排序的单音表 t' 依次进行，而每一子载波的比特数按照原来的比特表 b 的规定。格状编码必须根据重新排序的比特表 b' 和重新排序的单音表 t' 进行。

若不使用格状编码，则 $b'=b$ 和 $t'=t$ 。

若使用格状编码，必须由发信 PMD 功能完成表 t 的重新排序。必须根据下面的规则产生重新排序的单音表 t' 。

- 支持 0 比特或 2 比特或更多比特的所有子载波的指数按照与表 t 中相同的次序在表 t' 中首先出现。
- 支持 1 比特子载波的所有子载波的指数按照与表 t 中相同的次序在表 t' 中最后出现。

若比特分配不包含 1 比特子载波，重新排序的单音表 t' 是与原来的单音表 t 是相同的。

(偶数的) 1 比特子载波必须是成对的，以便形成二维的星座点作为格状编码器的输入。配对必须由 1 比特子载波在原来的单音排序表 t 中出现的次序来决定。

表 b' 必须根据下面的规则，由重新排表 b 的输入次序的方式生成：

- b' 的第 1 个 $NCONEBIT/2$ 输入必须为“0”，其中 $NCONEBIT$ (根据定义、偶数) 是支持 1 比特的子载波的数目。
- b' 的下一个输入必须为“0”，相应于支持 0 比特的所有子载波。
- b' 的下一个输入必须是非 0，相应于支持 2 比特和更多比特的子载波。必须使用新的单音表 t' ，与原来的比特表 b 相结合起来确定输入。
- b' 的最后一个 $NCONEBIT/2$ 相当于成对的 1 比特星座 (即每一输入 2 比特)。

必须如下面子载波配对和比特重新排序处理过程中所示，从原来的表 b 和 t 计算表 b' 和 t' 。

```
/** CONSTRUCT THE TONE RE-ORDERING TABLE ***/
/*
Tone ordering table is denoted as array 't' and tone re-ordering
table is denoted as array 'tp'. The indices to these arrays are
denoted as 't_index' and 'tp_index', respectively.
*/
/*
Fill out tone re-ordering table with entries of tone ordering table
but skip 1-bit tones.
*/
tp_index = 1;
for (t_index = 1; t_index ≤ NSC; t_index++) {
    tone = t[t_index];
    bits = b[tone];
    if (bits != 1) {
        tp[tp_index++] = tone;
    }
}
/*
```



```

Add the 1-bit tones to the end of tone re-ordering table.
*/
for (t_index = 1; t_index ≤ NSC; t_index++) {
    tone = t[t_index];
    bits = b[tone];
    if (bits == 1) {
        tp[tp_index++] = tone;
    }
}
/* RE-ORDERING THE BIT ARRAY */
/*
The bit table is denoted as array 'b' and the ordered bit table is
denoted as array 'bp'.
The indexes to these arrays are denoted as 'b_index' and bp_index',
respectively.
*/
/* First, count the number of loaded tones and also 1-bit tones. */
NCONEBIT = 0; /* NCONEBIT is the number of sub-carriers with 1 bit */
NCUSED = 0; /* NCUSED is the number of loaded sub-carriers */
for (all i ∈ MEDLEY set) {
    if (b[i] > 0) {
        NCUSED++;
    }
    if (b[i] == 1) {
        NCONEBIT++;
    }
}
/* Fill initial zero entries for unloaded tones and half the number of
1-bit tones */for (bp_index = 1; bp_index ≤ (NSC - (NCUSED - NCONEBIT/2));
    bp_index++) {
    bp[bp_index] = 0;
}
for (tp_index = 1; tp_index ≤ NSC; tp_index++) {
    tone = tp[tp_index];
    bits = b[tone];
    if (bits == 0) {
        /* skip unloaded tones */
    }
    if (bits == 1) {
        /* pair 2 consecutive 1-bit tones and add a
        single entry with 2 bits */
        bp[bp_index++] = 2;
        tp_index++;
    }
    if (bits > 1) {
        bp[bp_index++] = bits;
    }
}
}

```

图 10-3 表示了一个解释单音重新排序和比特重新排序的步骤和用于格状编码的 1 比特子载波配对的例子。

单音排序表 t (由接收 PMD 功能决定, $NSC=23$)

7	14	21	4	11	18	1	8	15	22	5	12	19	2	9	16	23	6	13	20	3	10	17
---	----	----	---	----	----	---	---	----	----	---	----	----	---	---	----	----	---	----	----	---	----	----

比特表 b (由接收 PMD 功能决定, 37 bits/symbol, 从1开始的子载波指数的自然次序)

0	1	2	3	2	1	2	1	0	2	0	2	1	1	3	3	3	2	1	0	2	3	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

重新排序的单音表 t' (将1比特子载波移到表的末尾)

7	21	4	11	18	1	15	22	5	12	9	16	23	20	3	10	17	14	8	19	2	6	13
---	----	---	----	----	---	----	----	---	----	---	----	----	----	---	----	----	----	---	----	---	---	----

重新排序的比特表 b' (将0比特子载波移到表的开头)

0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3	1+1	1+1	1+1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----	-----

格状码对 (将25个数据比特编码进37个格状比特)和比特映射到子载波

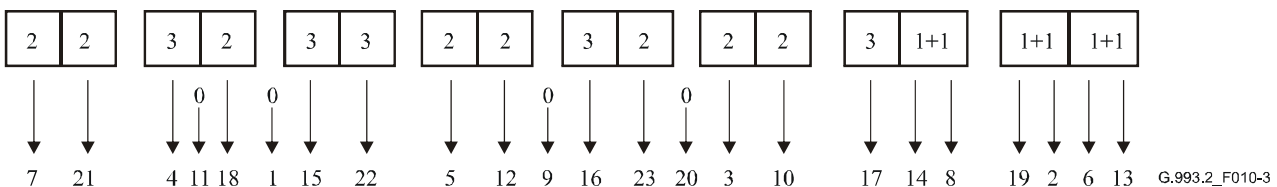


图 10-3/ G.993.2—单音排序和1比特子载波配对的例子

若在线重新配置改变了 0 比特子载波或 1 比特子载波的数目或指数, 则必须根据更新后的表 b 和原来的表 t 重新计算表 t' 和 b' 。

符号编码器从 PMS-TC 子层每个符号取 L 比特。若使用格状编码, 必须把 L 比特编码到许多与比特分配表 b 和重新排序的比特分配表 b' 相匹配的 L' 比特中去, 即编码到许多等于 $L' = \sum b'_i = \sum b_i$ 的比特中去。 L 和 L' 的数值的关系如下式所示:

$$L' = \sum b'_i = \sum b_i = L + \left\lceil \frac{NCUSED - \frac{NCONEBIT}{2}}{2} \right\rceil + 4$$

其中符号 $\lceil x \rceil$ 代表取整到下一个更大的整数, 而 $NCUSED$ 代表实际用于数据传输 ($b_i > 0$) 的子载波的数目。按照 10.3.2.2 中的描述, 所加的 4 比特是为了把 DMT 符号的末尾将格栅码返回到零状态。

上面的关系表明, 用 1 比特子载波配对的方法的情况下, 从平均来看, 每套 4 个 1 比特子载波加上一个格栅开销比特, 即每一个 4 维星座有一个格栅开销比特。

在不使用格栅码的情况下, L 的值必须与比特分配表相匹配, 即:

$$L = \sum b_i$$

注一在接收 PMD 功能中，必须完成互补的单音重新排序的程序。然而，没有必要将重新排序的比特表 b' 和重新排序的单音表 t' 发送给接收 PMD 功能，因为它们根据原来在接收 PMD 功能中产生的比特分配表和单音排序表，以确定的方式生成出来。所以，接收 PMD 具有为完成星座解映射和格状解码（如果使用的话）所必需的所有信息。

10.3.2 格状编码器

为了改善系统性能，格状编码器必须使用魏氏 16 状态 4 维格状码（见图 10-6）的块处理技术。

10.3.2.1 比特提取

必须根据比特分配表 b' ，以序列的次序提取从数据帧缓存器来的比特。必须首先提取数据帧的第 1 个比特。由于该码的 4 维性质，提取是基于成对的连续的 b' 输入，而不是如在非格状编码情况下那样基于单个输入。而且，由于与编码方法相联系的星座扩张特性，比特分配表 b' 规定了每一子载波的已编码的比特数。这个数可以是 2 到 15 之间的任何整数。

格状编码必须从 b' 表中的第一个输入开始，在成对的连续的 b' 值上完成。若在 b' 表中，非零输入的数目是奇数，则必须将值 b'_0 预先考虑到重新排序的比特表 b' 上，以便形成一个成对的整数，并且必须把 b'_0 的值设置为“0”。对于 1 比特星座的子载波，将按照图 10-3 中的描述，把每一个 (1+1) 比特的 b' 输入映射在 2 个子载波上。

给定了一对 (x,y) 以后，从数据表缓存器中提取 $x+y-1$ 比特（反映了每 4 维星座扩散 1 比特，或者每一子载波半个比特），但最后两个 4 维符号除外。使用这些 $z=x+y-1$ 比特 $(t_z, t_{z-1}, \dots, t_1)$ 形成二进制字 u ，如表 10-1 所示。关于 $x=0, y>1$ 的情况下，字 u 的特殊形式背后的原因，请参阅 10.3.2.2。

表 10-1/G.993.2—形成二进制字 u

条 件	二进制字/注释
$x > 1, y > 1$	$u = (t_z, t_{z-1}, \dots, t_1)$
$x = 1, y \geq 1$	不允许的条件
$x = 0, y > 1$	$u = (t_z, t_{z-1}, \dots, t_2, 0, t_1, 0)$
$x = 0, y = 0$	不必要比特提取，没有数据比特发送出去
$x = 0, y = 1$	不允许的条件
注 1 — t_1 是从数据帧缓冲器中提取的第 1 个比特。	

为了将卷积编码器的状态强迫到零状态，必须选择每一个 DMT 符号中的最后两个 4 维符号。对于这些符号中的每一个符号，预先确定 u 的两个 LSB，并且必须从数据帧缓存器中只提取 $(x+y-3)$ 个比特，并将它们分配给 t_3, t_4, \dots, t_z 。

注一 上面的要求意味着 b' 表最小规模是 4 个非零的输入。在相应的 b 表中最小的非零输入的数目可能更大一些。

10.3.2.2 比特变换

首先从数据帧缓存器中提取 LSB 的二进制字 $u=(u_{z'}, u_{z'-1}, \dots, u_1)$ 确定二进制字 $v=(v_{z'-y}, \dots, v_0)$ 和 $w=(w_{y-1}, \dots, w_0)$ ，将它们插入到数据比特缓存器中，LSB 首先插入，并且用它们来查找星座映射器中的星座点（见图 10-4）。

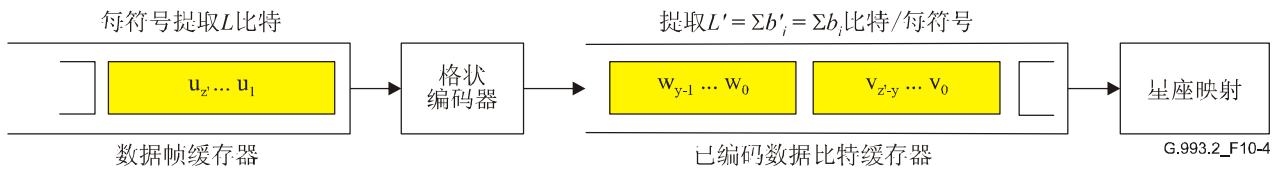


图 10-4/G.993.2—格状编码器和星座映射的关系

注—为了描述方便，星座编码器识别出具有二进制表示法是 $(v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0)$ 的标签的这些 x 和 y 比特。相同的星座映射规则应用于由格状编码器所产生的 v （具有 $b=x$ ）和 w （具有 $b=y$ ）的两种矢量。

对于 $x>1$ 和 $y>1$ 的一般情况， $z'=z=x+y-1$ ， v 和 w 分别包含 x 和 y 比特。对于特殊情况 $x=0$ 和 $y>1$ ， $z'=z+2=y+1$ ， $v=(v_1, v_0)=(0,0)$ 和 $w=(w_{y-1}, \dots, w_0)$ 。比特 (u_3, u_2, u_1) 根据图 10-5 确定 (v_1, v_0) 和 (w_1, w_0) 。

图 10-5 中所示的卷积编码器是一个成体系的编码器（即 u_1 和 u_2 不加改变地通过），如图 10-6 所示。使用卷积编码器的状态 (S_3, S_2, S_1, S_0) 来给图 10-8 中所示的格状码的状态加标志符。在 DMT 符号的开头，必须将卷积编码器的状态初始化为 $(0,0,0,0)$ 。

v 和 w 的其余比特分别从 $(u_{z'}, u_{z'-1}, \dots, u_4)$ 的较低有效位和较高有效位部分得到。当 $x>1$ 和 $y>1$ 时， $v=(u_{z'-y+2}, u_{z'-y+1}, \dots, u_4, v_1, v_0)$ 和 $w=(u_{z'}, u_{z'-1}, \dots, u_{z'-y+3}, w_1, w_0)$ 。当 $x=0$ 时，比特提取和变换算法导致 $v_1=v_0=0$ 。二进制字 v 必须首先输入到星座映射器，然后输入二进制字 w 。

为了将卷积编码器的最终状态强制到零状态 $(0, 0, 0, 0)$ ，在 DMT 符号中的最后两个 4 维符号的两个 LSB， u_1 和 u_2 被限制为 $u_1=S_1 \oplus S_3$ 和 $u_2=S_2$ 。

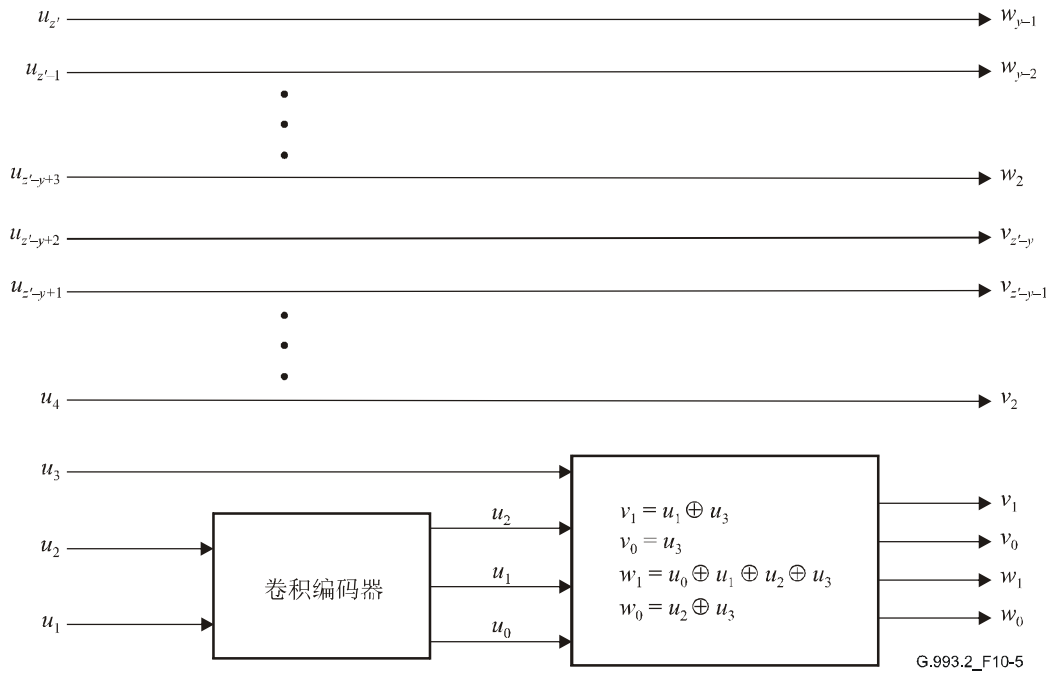


图 10-5/G.993.2— u 、 v 和 w 的变换

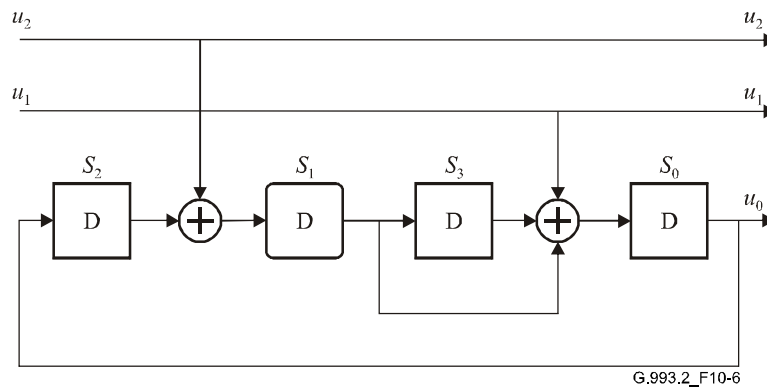


图 10-6/G.993.2—卷积编码器：有限状态机制表示法

10.3.2.3 陪集分割和格栅图

在格状编码调制系统中，被扩张的星座可以加上标志符，并且使用称为集分割映射的技术，将扩张的星座分割为子集（“陪集”）。在魏氏码中，每一个 4 维陪集可以被写成两个二维陪集的两个卡特逊积的联合体。

例如， $C_4^0 = (C_2^0 \times C_2^0) \cup (C_2^3 \times C_2^3)$ 。4 个组成部分的二维陪集分别用 0、1、2 和 3 来表示 C_2^0 ， C_2^1 ， C_2^2 和 C_2^3 ，如图 10-7 所示。

星座映射保证了一个星座点的两个最低有效位（LSB）组成了该星座点在其中的二维陪集 C_2^i 的指数 i 。事实上，比特 (v_1, v_0) 和 (w_1, w_0) 是这一指数的二进制表示法。

用三个比特 $(u_2, u_1$ 和 $u_0)$ 来选择八个可能的 4 维陪集中的一个陪集。八个陪集用 C_4^i 作标志符。其中 i 是二进制表示法 (u_2, u_1, u_0) 的整数。附加的比特 u_3 （见图 10-5）确定从 4 维陪集中选择两个二维陪集的两个卡特逊积中的哪一个。

相互关系如表 10-2 表示。用图 10-5 中给出的线性方程，根据 (u_3, u_2, u_1, u_0) 计算出比特 (v_1, v_0) 和 (w_1, w_0) 。

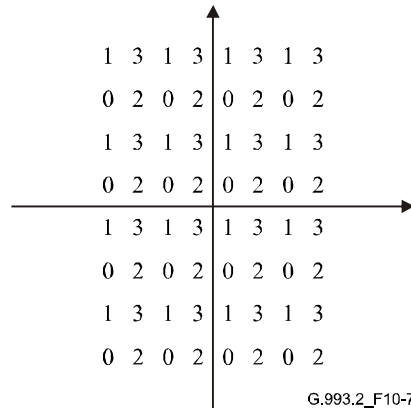


图 10-7/G.993.2—二维陪集的映射

表 10-2/G.993.2—4维和2维陪集之间的关系

4-D陪集	u_3	u_2	u_1	u_0	v_1	v_0	w_1	w_0	2-D陪集
C_4^0	0	0	0	0	0	0	0	0	$C_2^0 \times C_2^0$
	1	0	0	0	1	1	1	1	$C_2^3 \times C_2^3$
C_4^4	0	1	0	0	0	0	1	1	$C_2^0 \times C_2^3$
	1	1	0	0	1	1	0	0	$C_2^3 \times C_2^0$
C_4^2	0	0	1	0	1	0	1	0	$C_2^2 \times C_2^2$
	1	0	1	0	0	1	0	1	$C_2^1 \times C_2^1$
C_4^6	0	1	1	0	1	0	0	1	$C_2^2 \times C_2^1$
	1	1	1	0	0	1	1	0	$C_2^1 \times C_2^2$
C_4^1	0	0	0	1	0	0	1	0	$C_2^0 \times C_2^2$
	1	0	0	1	1	1	0	1	$C_2^3 \times C_2^1$
C_4^5	0	1	0	1	0	0	0	1	$C_2^0 \times C_2^1$
	1	1	0	1	1	1	1	0	$C_2^3 \times C_2^2$
C_4^3	0	0	1	1	1	0	0	0	$C_2^2 \times C_2^0$
	1	0	1	1	0	1	1	1	$C_2^1 \times C_2^3$
C_4^7	0	1	1	1	1	0	1	1	$C_2^2 \times C_2^3$
	1	1	1	1	0	1	0	0	$C_2^1 \times C_2^0$

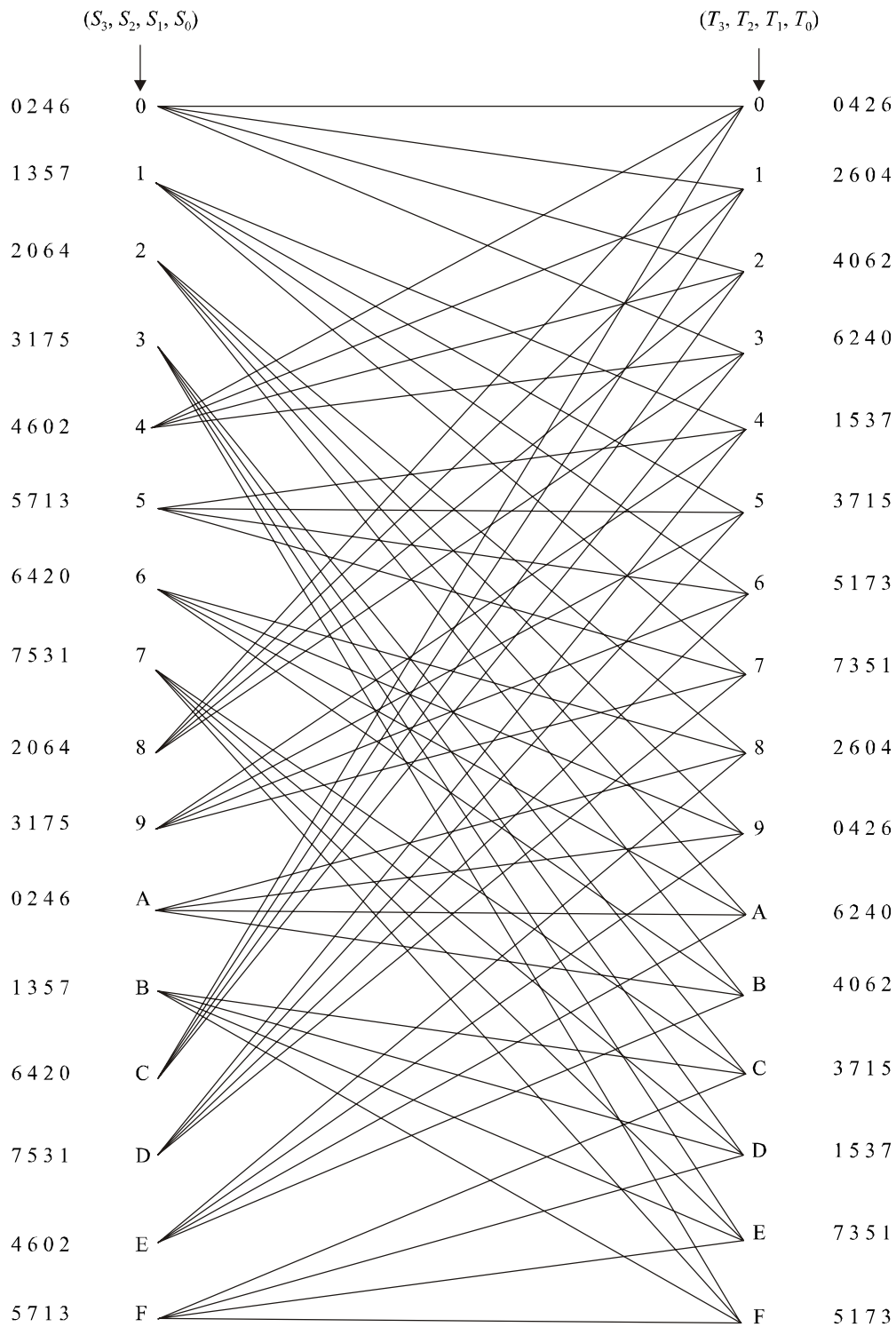


图 10-8/G.993.2—格栅图

图 10-8 表示了基于图 10-6 中的有限状态机制的格栅图以及 (u_2, u_1, u_0) 和 4 维陪集之间一一对应的关系。 $S=(S_3, S_2, S_1, S_0)$ 代表当时的状态，而 $T=(T_3, T_2, T_1, T_0)$ 代表有限状态机制中的下一个状态。在格栅图中， S 用由 u_2 和 u_1 的值所确定的一条支路与 T 相连接。这一支路标有由 u_2, u_1 (和 $u_0=S_0$ ，见图 10-6) 的值所规定的 4 维陪集的标志符。为了使格栅图更容易读，4 维陪集标志符的指数列在该支路的起点和终点的旁边，而不是列在该支路本身上。

最左边的标志符相当于每一状态的最上面的支路。当用维特比算法解格状码时，可能使用格栅图。

10.3.3 星座映射器

星座映射器把一套比特映射到一个星座点上。数据缓存器包含 $\sum_i b_i$ 个比特，这些比特可能做了格状编码的比特或者可能是未作格状编码的比特。按照 10.3.3.1 中的规定，比特必须从数据缓存器或从 PRBS 发生器中提取。所提取的比特必须按照 10.3.3.2 中的规定映射到星座点上。

10.3.3.1 比特提取

比特必须按单音排序表所规定的次序从数据缓存器或从 PRBS 发生器中提取。

对于具有 $b_i > 0$ 和 $g_i > 0$ (线性标度) 的 MEDLEY 集中的每一子载波 i ，编码器必须从数据缓存器提取 $b=b_i$ 比特。对每一子载波所提取的 (b_i) 的比特数由比特分配表所确定。所提取的比特 b 的集必须表示为一个二进制的字 ($v_{b-1} v_{b-2} \dots v_1 v_0$)，这里提取的第 1 个比特必须是 v_0 ，即 LSB。编码器必须根据 b 比特的字 ($v_{b-1} v_{b-2} \dots v_1 v_0$)，从星座点中选择一个点 (X, Y)。

对于每一个被监测的子载波 (即在具有 $b_i=0$ 和 $g_i > 0$ 的 MEDLEY 集中的子载波) 和对于用作传送数据时间期间的导频单音的每一个子载波 (见 12.3.5.2.2.4)，比特不得从数据缓存器中提取。编码器必须改为从 PRBS 发生器中提取 $b=2$ 比特 ($v_1 v_0$)。所提取的第 1 个比特必须为 v_0 。对于导频单音子载波，从 PRBS 发生器所提取的比特必须由调制器以相当于比特 00 的固定的 4-QAM 星座点重写 (即从 PRBS 发生器来的两个比特实际上被忽略了)。

PRBS 发生器必须由下式确定：

$$d_n=1, \text{ 对于 } n=1 \text{ 到 } n=23; \text{ 和}$$

$$d_n=d_{n-18} \oplus d_{n-23}, \text{ 对于 } n>23。$$

在传送数据时间开始时，PRBS 发生器必须复位。PRBS 一复位， d_1 必然是所提取的第 1 个比特，后面是 d_2, d_3 等。对于每一个数据符号，从 PRBS 发生器所提取的比特数必须是在有 $b_i=0$ 的那个 MEDLEY 集中的子载波数的两倍加上传送数据时间导频单音数的两倍。在同步符号期间，不得从 PRBS 发生器提取任何比特。

对于不在 MEDLEY 集中的给定的子载波 i (根据定义， $b_i=0$)，不得从数据缓存器提取比特，并不得从 PRBS 发生器中提取比特。而是，星座映射器可能选择供货商自行选择的 (X, Y) 点 (它可能逐个符号改变，并且它不必要与星座点相一致)。

所描述的比特提取机制是只在传送数据时间期间才是合适的。

10.3.3.2 星座

为了用最少等于 1 的比特数和最大等于 15 的比特数构成子载波的 QAM 星座，必须使用算法星座映射器。

星座点用 (X, Y) 来表示。 X 和 Y 必须位于奇整数 $\pm 1, \pm 3, \pm 5$ 等上。为了解释方便，在图 10-9 中从 10-13 的每一个星座点都由 1 个整数作标志符，它的无符号的二进制表达式是 ($v_{b-1} v_{b-2} \dots v_1 v_0$)。

10.3.3.2.1 偶数的**b**值

对偶数的 b 值，星座点 (X, Y) 的整数值 X, Y 必须按下面的方式根据 b 比特 $(v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0)$ 来确定。 X 和 Y 必须是分别有两两互补的二进制表示法 $(v_{b-1} v_{b-3} \dots v_1 1)$ 和 $(v_{b-2} v_{b-4} \dots v_0 1)$ 的奇整数。MSB, v_{b-1} 和 v_{b-2} 必须是 X, Y 的表示正负号的比特。图 10-9 表示了典型的 $b = 2$ 和 $b = 4$ 的星座。

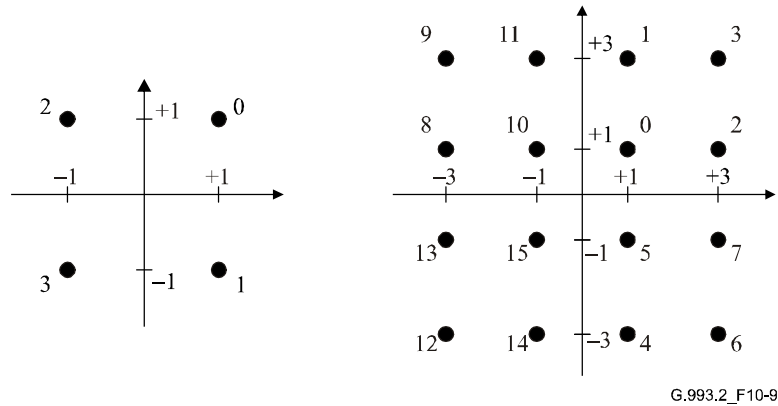


图 10-9/G.993.2— $b = 2$ 和 $b = 4$ 时的星座标志符

注一 通过将每一个 n 标志符用 2×2 的标志符块来代替的方法，可以从 2 比特的星座得到 4 比特星座：

$$\begin{array}{cc} 4n+1 & 4n+3 \\ 4n & 4n+2 \end{array}$$

可以使用相同的步骤，用递推方法构成更大的偶数比特星座。偶数 b 值得到的星座呈正方形。

10.3.3.2.2 奇数的**b**值

10.3.3.2.2.1 $b=1$

图 10-10 表示了 $b=1$ 情况下的星座。

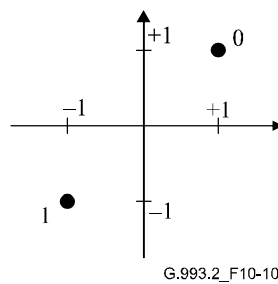


图 10-10/G.993.2— $b=1$ 时的星座符号标志符

当使用格状编码时，必须使用上面所描述的用于 1 比特和 2 比特星座的相同的标志符，将由格状编码器产生的 2 比特字映射在二个 1 比特的子载波上。图 10-11 表示了 $v_0 = 1$ 和 $v_1 = 0$ 的情况下的一个例子。在该图中，2 比特字的星座在该图的右边。

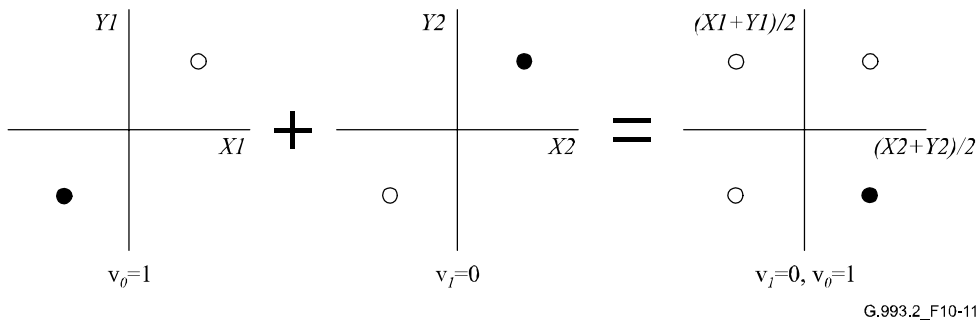


图 10-11/G.993.2——一对构成2比特星座的一对1比特星座的组合

10.3.3.2.2.2 $b=3$

图 10-12 表示了 $b=3$ 的情况下的星座。

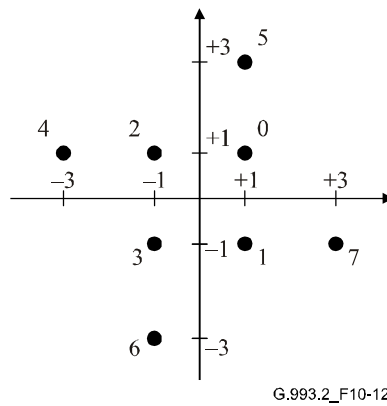


图 10-12/G.993.2— $b=3$ 时的星座标志符

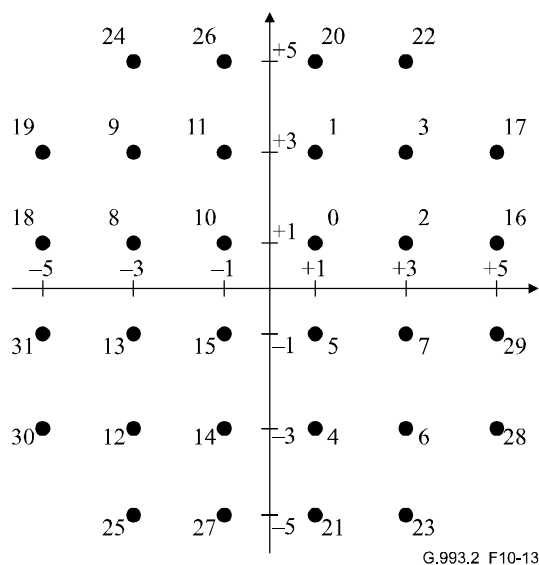
10.3.3.2.2.3 $b>3$

若 b 是奇数，并且大于 3， X 的两个 MSB 和 Y 的两个 MSB 都必须由 b 比特 ($v_{b-1} v_{b-2} \dots v_1 v_0$) 的 5 个 MSB 所决定。设 $c = (b+1)/2$ ，则 X 和 Y 必须有两两互补的二进制表示法 ($X_c X_{c-1} v_{b-4} v_{b-6} \dots v_3 v_1 1$) 和 ($Y_c Y_{c-1} v_{b-5} v_{b-7} v_{b-9} \dots v_2 v_0 1$)。其中 X_c 和 Y_c 分别为 X 和 Y 的正负号比特。 $X_c, X_{c-1}, Y_c, Y_{c-1}$ 和 ($v_{b-1} v_{b-2} \dots v_{b-5}$) 之间的关系如表 10-3 所示。

表 10-3/G.993.2—确定X和Y的开头两个比特

$v_{b-1} v_{b-2} \dots v_{b-5}$	$X_c X_{c-1}$	$Y_c Y_{c-1}$	$v_{b-1} v_{b-2} \dots v_{b-5}$	$X_c X_{c-1}$	$Y_c Y_{c-1}$
00000	00	00	10000	01	00
00001	00	00	10001	01	00
00010	00	00	10010	10	00
00011	00	00	10011	10	00
00100	00	11	10100	00	01
00101	00	11	10101	00	10
00110	00	11	10110	00	01
00111	00	11	10111	00	10
01000	11	00	11000	11	01
01001	11	00	11001	11	10
01010	11	00	11010	11	01
01011	11	00	11011	11	10
01100	11	11	11100	01	11
01101	11	11	11101	01	11
01110	11	11	11110	10	11
01111	11	11	11111	10	11

图 10-13 表示了 $b=5$ 的情况下的星座。



G.993.2_F10-13

图 10-13/G.993.2— $b=5$ 时的星座标志符

注一 用 2×2 的标志符块代替每一个标志符 n 的方法，就可以从 5 比特的星座得到 7 比特的星座：

$$\begin{array}{cc} 4n+1 & 4n+3 \\ 4n & 4n+2 \end{array}$$

然后，可以用相同的步骤，用递推的方法构成更多奇数比特的星座。

10.3.4 星座点的定标

为了使星座的平均功率标准化,为了达到发信 PSD 与频率无关和为了使正在使用的子载波上 SNR 的余量均衡,必须将星座点进行定标。

使平均功率标准化所要求的定标仅取决于星座的大小。它用 $\chi(b_i)$ 来表示,并在 10.3.4.1 中作出了规定。

使用增益调节器 g_i , 来均衡正在使用的子载波上的 SNR 余量, 并且在 10.3.4.2 中作出了规定。

PSD 成形的机理是基于 tss_i 的系数, 并且在 10.3.4.3 中作出了规定。由 tss_i 值的频谱成形是去除了由时域滤波器(如使用)所引起的任何成形的部分。

对于 MEDLEY 集中的子载波, 每一星座点 (X_i, Y_i) 相应于星座映射器输出口上的复数值 $X_i + jY_i$ 。每一星座点必须用功率归一化因子 $\chi(b_i)$ 、增益调节量 g_i 和频域频谱成形系数 tss_i 进行定标, 以得到复数 Z_i 。 Z_i 的定义如下:

$$Z_i = g_i \times tss_i \times \chi(b_i) \times (X_i + jY_i)$$

10.3.4.1 功率标称化

值 (X, Y) 应该这样来定标, 使得不管星座的大小如何, 所有的星座都有相同的平均功率。所要求的定标系数 $\chi(b_i)$ 仅仅是星座大小的一个函数。

10.3.4.2 增益调节器

增益 g_i 是用于增益在约 0.1888 到 1.33 的范围内进行增益调整, 可以用它来均衡所有子载波 SNR 的余量。以 dB 来表示的 g_i 值必须定义为 $20 \times \log_{10}(g_i)$, 所以, 在线性标度中, g_i 的值 0.1888 和 1.33 分别相当于 g_i 的值为 -14.5 dB 和 +2.5 dB。根据 12.3.5 中的描述, 对所有 MEDLEY 子载波的 g_i 值必须在初始化期间进行指配, 并且存储在 10.3.1 中所规定的比特和增益表 (b_i 和 g_i 的值) 中。在传送数据时间期间, g_i 的值也可以通过第 13 节和 11.2.3.3 中所描述的 OLR 程序进行更新。

g_i 的设置(在比特和增益表中)必须符合下面的要求:

- 若 $b_i > 0$, 则 g_i 必须在 [-14.5 到 +2.5] (dB) 的范围以内。
- 若 $b_i > 0$, 则在任何频带中, 各 g_i^2 的线性平均(按照 G.994.1 初始化的握手阶段期间的规定, 见 12.3.2) 必须 ≤ 1 。
- 若 $b_i = 0$, 则 g_i 必须等于零(线性)或在 [-14.5 到 0] (dB) 的范围内。
- 增益调节必须根据 12.3.7 中规定的业务优先级进行调整。

对不在 MEDLEY 集中的子载波, 见表 10-4。

10.3.4.2.1 标称组合发信功率 (NOMATP)

标称组合发信功率 (NOMATP) 必须用下面的方程计算:

$$\text{NOMATP} = 10 \log_{10} \Delta f + 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in \text{MEDLEY set}} \left(10^{\frac{\text{MREFPSD}[i]}{10}} g_i^2 \right) \right)$$

其中 MREFPSD[i] 和 g_i 分别是来自 MEDLEY 集来的子载波 i 的以 dBm/Hz 表示的 MREFPSD 的值和(线性标度)的增益值(见 12.3.3.2.1.3), 而 Δf 是子载波间隔, 单位为 Hz。

对下行 MEDLEY 集 (MEDLEYds) 来的子载波, 必须计算下行的 NOMATP (NOMATPds)。对上行 MEDLEY 集 (MEDLEYus) 来的子载波, 必须计算上行的 NOMATP (NOMATPus)。

根据在 ITU-T G.977.1 建议书的规定, 在初始化和传送数据时间期间的最大标称组合发信功率 (参数 MAXNOMATP) 由 CO-MIB 来规定。对下行 (MAXNOMATPds) 和对上行 (MAXNOMATPus) 在 CO-MIB 中的 MAXNOMATP 设置分别不得超过表 6-1 中所规定的最大的下行和上行组合发信功率。

在 VTU-O 和 VTU-R 上的 g_i 必须这样来设置, 使得 NOMATPds 和 NOMATPus 的值分别不超过 CO-MIB 的参数 MAXNOMATPds 和 MAXNOMATPus。为了在 VTU-O 上适当地进行增益设置, 在信道发现阶段必须从 VTU-O 向 VTU-R 方向传递 MAXNOMATPds 的值。

10.3.4.3 频域发信频谱成形 (tss_i)

tss_i 供下行和上行的频域频谱成形用。 tss_i 的值是供货商自行决定的, 并且是在 0 到 1 (线性) 的范围内, 步长 $\frac{1}{1024}$ 。 tss_i 的值应该设置得使所有子载波上的最高 tss_i 值都是 1。比较小的 tss_i 值提供衰减, 而值 $tss_i=0$ 相当于在特定的子载波上没有功率发送出去。若不采用频域频谱成形技术, 则对所有的子载波, tss_i 的值必须等于 1。

以 dB 表示的 tss_i 值 ($\log_{10} tss_i$) 定义为 $20 \times \log_{10}(tss_i)$, 并且必须用下面的方程式, 将它变换为 tss_i 的线性值:

$$tss_i = \frac{\text{Round} \left(1024 \times 10^{\frac{\log_{10} tss_i}{20}} \right)}{1024}$$

对给定的传输方向上的 tss_i 的值必须由发信的 VTU 来确定, 并且必须将它规定为一个转折点的集合 $\{i_1, \log_{10} tss_{i_1}\} \dots, (i_n, \log_{10} tss_{i_n})\}$, 式中 i 是子载波的指数。按照 12.3.3.2 中的描述, 在初始化的信道发现阶段期间, 必须用 O-PRM 和 R-PRM 消息将这一集传送给接收 VTU。发信和接收 VTU 都必须在子载波指数的线性标度上, 用规定的 $\log_{10} tss_i$ 值线性内插的方法, 推导出在转折点之间的子载波的 tss_i 值。在 $i > i_n$ 的情况下, 接收的 VTU 必须指定 tss_i 的值等于 tss_{i_n} 和在 $i < i_1$ 的情况下, 接收的 VTU 必须指定 tss_i 的值等于 tss_{i_1} 。

所得到的 tss_i 的值仅对实际发送的子载波是合适的。对于没有用于发送的子载波 ($Z_i=0$, 见表 10-4), 接收机必须忽略接收到的或由内插法得到的 tss_i 值。

对于采用 10 比特表示法格式的线性 tss_i 值而言, $\log_{10} tss_i$ 值的线性内插和变换为线性 tss_i 值的组合精确度必须小于半个 LSB。当 $\log_{10} tss_i$ 等于 0 dB 或者在等于 0 dB 的 $\log_{10} tss_i$ 值之间内插时, 不得引进误差。

VTU-O 和 VTU-R 的发信机必须分别这样来设置 tss_i 值, 使得在增益调节以前 (即假定 $g_i=1$), 在 U 接口上的参考阻抗上测得的发信信号的 PSD, 从训练阶段开始起和初始化的其余阶段时间内分别偏离在 O-PRM 和 R-PRM 中所传递的 MREFPSDds 和 MREFPSDus 的偏差值都不得大于 1 dB (参数 “MEDLEY 参考 PSD”, 见 12.3.3.2)。所以, tss_i 的设置必须考虑到在调制器输出和 U 接口之间的传输路径中所包含的时域滤波器和模拟滤波器所产生的任何附加的频谱成形的因素。

10.3.4.4 子载波星座映射和星座点定标汇总

表 10-4 汇总了初始化阶段和传送数据时间期间子载波星座映射和星座点定标的要求。

表 10-4/G.993.2—在初始化和传送数据时间期间子载波调制汇总

阶 段	子载波指数 (i)		Z_i
信道发现 (12.3.3)	$i \in \text{SUPPORTEDCARRIERS}$		$tss_i \times (X_i + jY_i)$
	$i \notin \text{SUPPORTEDCARRIERS}$		0
训练 (12.3.4)	$i \in \text{MEDLEY}$		$tss_i \times (X_i + jY_i)$
	$i \notin \text{MEDLEY}$ (注 1)		0
信道分析和交换 (12.3.5)	$i \in \text{MEDLEY}$		$tss_i \times (X_i + jY_i)$
	$i \notin \text{MEDLEY}$		0
传送数据时间	$i \in \text{MEDLEY}$	$b_i > 0, g_i > 0$	$g_i \times tss_i \times \chi(b_i) \times (X_i + jY_i)$
		被监测的子载波 ($b_i = 0, g_i > 0$, 由 4-QAM 调制)	$g_i \times tss_i \times \chi(b=2) \times (X_i + jY_i)$
		导频单音 ($b_i = 0, g_i > 0$, 由 4-QAM 调制)	$g_i \times tss_i \times \chi(b=2) \times (X_i + jY_i)$
		其它用 $b_i = 0, g_i = 0$	0
	$i \notin \text{MEDLEY}$	$i \in \text{SUPPORTEDCARRIERS}$, 和 $i \in \text{BLACKOUT}$	0
		$i \in \text{SUPPORTEDCARRIERS}$, 和 $i \notin \text{BLACKOUT}$	供货商自主决定 (注 2)
		$i \notin \text{SUPPORTEDCARRIERS}$	0
注 1 — 在训练阶段期间所用的 O-P-TEQ 和 R-P-TEQ 信号包含 MEDLEY 集以外的子载波。详情见 12.3.4.3。			
注 2 — 在这些子载波上的供货商自主决定的信号的 PSD 必须比 MREFMASK 低 10 dB。			

10.4 调制

10.4.1 数据子载波

子载波的指数必须为 $i=0$ 到 $i=MSI$ 。其中 MSI 是有负荷的最高子载波 (即 MEDLEY 集中的最大指数)。对上行和下行传输, MSI 的值可能是不同的, 并且分别表示为 MSI_{us} 和 MSI_{ds} 。有负荷的最高子载波的指数 (MSI_{us} 或 MSI_{ds}) 将受所选择的简表和表 6-1 中的频率规划所限制。特别是, MSI_{us} 必须等于或低于“所支持的最高的承载上行数据的子载波的指数” (6.2.10), 而 MSI_{ds} 必须等于或低于“所支持的最高的承载下行数据的子载波的指数” (6.2.9)。

传输将在 MSC 个子载波上进行, $MSC_{us} \leq MSI_{us}$ 和 $MSC_{ds} \leq MSI_{ds}$; 不得使用指数 $i=0$ 的子载波。 $MSC_{us} + MSC_{ds}$ 必须总是小于 4096。

在上行和下行方向上, 要用于传送数据的主载波 (分别为 MEDLEY_{us} 和 MEDLEY_{ds} 集) 必须在初始化期间, 按照 12.3.3 中的规定来确定。

注一用于数据传输的子载波取决于信道特性, 如环路衰减和噪声, 和取决于对发信信号的 PSD 的具体要求, 如业余无线电频带的凹口、在低频部分, 为了与 POTS 或 ISDN 和其它业务共用环路而降低 PSD。

10.4.2 子载波间隔

子载波间隔是指子载波之间的频率间隔 (Δf)。子载波必须以频率 $f=i \times \Delta f$ 为中心。子载波的指数 i 取值为 $i=0,1,2,\dots, MSI$ 。有效的子载波间隔值是 4.3125 kHz 和 8.625 kHz, 两者的容差为 ± 50 ppm。

子载波间隔是与简表有关的 (见表 6-1)。

10.4.3 由反离散傅立叶变换 (IDFT) 进行调制

使用 IDFT 将符号编码器的输出调制到 DMT 子载波上。它将由符号编码器产生的 MSC 个复数值 Z_i (按照 10.3.4 中的定义) (频域表示式) 变换为 $2N$ 个实数值 $x_n (n=0,1,\dots,2N-1)$ 。它是一个时域表达式。变换必须用 $2N$ 点的 IDFT 按下式完成, $N-1 \geq MSI$;

$$x_n = \sum_{i=0}^{2N-1} \exp\left(j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n \cdot i}{2 \cdot N}\right) \cdot Z_i, \text{ 对于 } n=0 \text{ 至 } 2N-1$$

有效的 N 值为 $N=2^{n+5}$ 。这里 n 可以取从 0 到 7 的整数值。在初始化期间, 将上行和下行所用的 N 值进行交换 (见 12.3.2, 12.3.3.2.1.3, 12.3.3.2.2.3)。

对于不在 MEDLEY 集中的子载波指数 i 和对 $MSI < i < N$, 符号编码器不产生相应的 Z_i 值。这些值是供货商自主决定的, 但是必须符合表 10-4 中给出的限制。 Z_0 必须总是等于零和 Z_N 必须总是为实数值。

为了产生 x_n 的实数值, 输入值 $Z_i (i=0,1,\dots,N-1$ 和 $Z_0=0)$ 必须进一步扩充, 以使得矢量 Z_i 有 Hermitian 对称性:

$$Z_i = \text{conj}(Z_{2N-i}), \text{ 对于 } i = N+1 \text{ 到 } 2N-1$$

注一不同的 N 值导致 Nyquist 频率以上有不同的发信信号的镜像。如何规定附加的 Z_i 值的资料使得接收机有可能更好地估计初始化期间的信道情况。

10.4.4 循环延伸和开窗口

发信 DMT 符号必须用下面的规则, 由 IDFT 的样值 x_n 构成。

必须将 IDFT 输出 x_n 的最后的 L_{CP} 个样值添加到 $2N$ 个输出 IDFT 样值 x_n 上, 作为循环前缀 (CP)。 x_n 的第 1 个 L_{CS} 必须添加到 $x_n + L_{CP}$ 样值的块上, 作为循环后缀 (CS)。循环前缀的开头 β 个样值和循环后缀的最后 β 个样值必须用于所发送的信号的包络成形 (开窗口)。窗口样值的数值是供货商自主决定的。 β 的最大值必须是 $\min(N/16, 255)$ 。连续的符号的被开窗口的部分 (β 个样值) 必须重迭和彼此加在一起。

图 10-14 汇总了发信机为构建 DMT 符号所必须完成的所有工作。

循环延伸 (CE) 部分的长度规定为 $L_{CE} = L_{CP} + L_{CS} - \beta$ 。为了满足方程 $L_{CE} = (L_{CP} + L_{CS} - \beta) = m \times N/32$ 的要求, 必须设置 L_{CP} , L_{CS} 和 β 的值。方程中有效的 m 值是 2 和 16 之间的整数。对值 $m=5$ 的支持是强制性的要求。在所有情况下, 下面的关系式必须成立: $\beta < L_{CP}$ 和 $\beta < L_{CS}$ 。

注一 在 CS 和 CP 进行分割的方式是供货商自行决定的。在初始化期间, 交换 CE 和 CP 的具体设置。

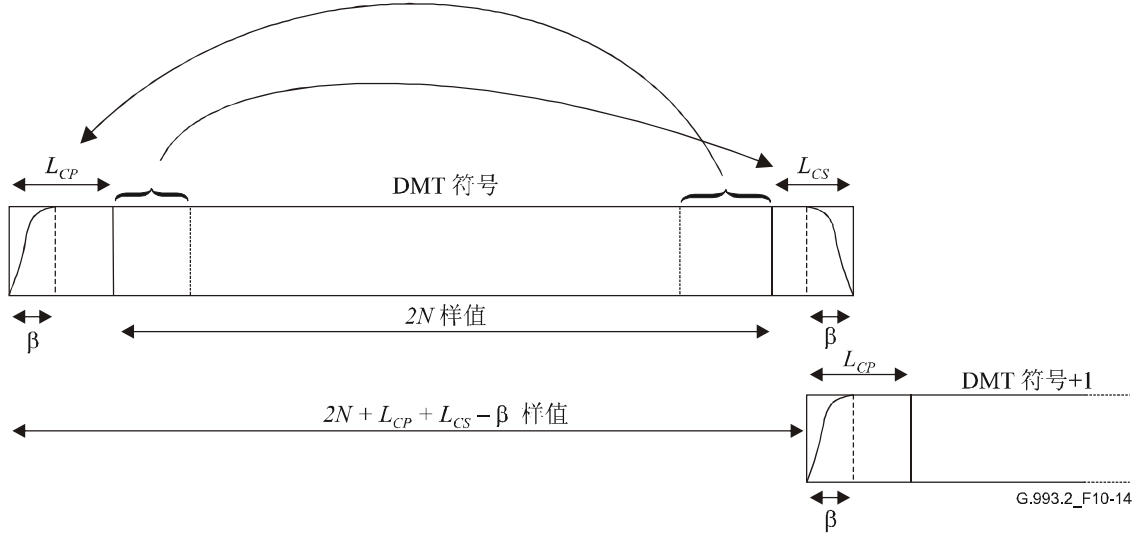


图 10-14/G.993.2—DMT 符号的循环延伸、开窗口和重迭

对于一给定的 CE 长度和窗口长度 β 的设置, DMT 符号将以等于下式的符号率发送出去:

$$f_{DMT} = \frac{2N \times \Delta f}{2N + L_{CP} + L_{CS} - \beta} = \frac{2N \times \Delta f}{2N + L_{CE}}$$

若 CE 的长度相当于 $m=5$, 这将导致 $\Delta f=4.3125$ kHz 时, 符号率 4 ksymbols/s 和 $\Delta f=8.625$ kHz 时, 符号率 8 ksymbols/s, 与所用的取样速率无关。

数据符号率等于:

$$f_s = \frac{2N \times \Delta f}{2N + L_{CP} + L_{CS} - \beta} \times \frac{256}{257}$$

10.4.5 同步

10.4.5.1 导频单音

VTU-R 可能选择一个或多个子载波, 用于定时恢复, 这些子载波称为“导频单音”。对初始化和传送数据时间分别选择导频单音。

初始化期间的导频单音: 用在 R-MSG 1 中指示出它选择的导频单音的方法, VTU-R 可以选择初始化的导频单音 (见 12.3.3.2.2.1)。按照 12.3.3 和 12.3.4 中的规定, 初始化导频供初始化信号 O-P-PILOT1, O-P-PILOT2, O-P-PILOT3 和 O-P-ECT 用。初始化导频单音的总数不得超过 16。

在传送数据时间期间的导频单音：VTU-R 可以用在 R-PMD 中指示出它选择的导频单音的方法选择传送数据时间的导频单音（见 12.3.5.2.2.4）。VTU-O 必须在传送数据时间的每一个数据符号期间，用 4-QAM 调制，在所选择的子载波上，发送值 00。用于导频单音的星座点定标必须遵循与 10.3.4 中所描述的载送数据的子载波的相同的定标规则。导频单音的总数不得超过 16。在同步符号上不发送导频单音（见 10.5.1）。

10.4.5.2 VTU-R定时

VTU-R 必须完成环路定时（见 3.29）。

10.4.5.3 定时超前

VTU-R 必须能够在发送和接收 DMT 符号之间实现定时偏移，称为定时超前（TA）。它必须将 TX 符号的 TA 参考点设置在 RX 符号的 TA 参考点前面该 TA 值，见图 10-15。为了实现 TA，TX 符号的 TA 参考点是在循环前缀的第 1 个取样以后的 $\text{floor}(\beta_{us}/2)$ 个样值。同样，为了实现 TA，RX 符号的 TA 参考点是在所估计的循环前缀的第 1 个参考点以后的 $\text{floor}(\beta_{ds}/2)$ 个样值。接收到的符号的第 1 个取样的估计是供货商自行决定的，并可能取决于环路条件。然而，VTU-R 应该尽力满足在 U 接口上的 TA。按照 12.3.3 和 12.3.4 中的规定，TA 必须在初始化期间计算和设置。

若 TA 的值正好等于从 VTU-O 到 VTU-R 的传播时延，它将强迫 VTU-O 和 VTU-R 同时在相反方向上开始传输 DMT 符号（即在下行和上行传输方向上的 DMT 符号在同一绝对时间开始）。当使用最短的 CE 长度时，这将导致所发送的和所接收到的 DMT 符号之间的正交性。

注 — 为了在最短的 CE 长度的条件下，在发送和接收信号之间得到所希望的正交性，在 U 接口上，应该加 TA 的值。

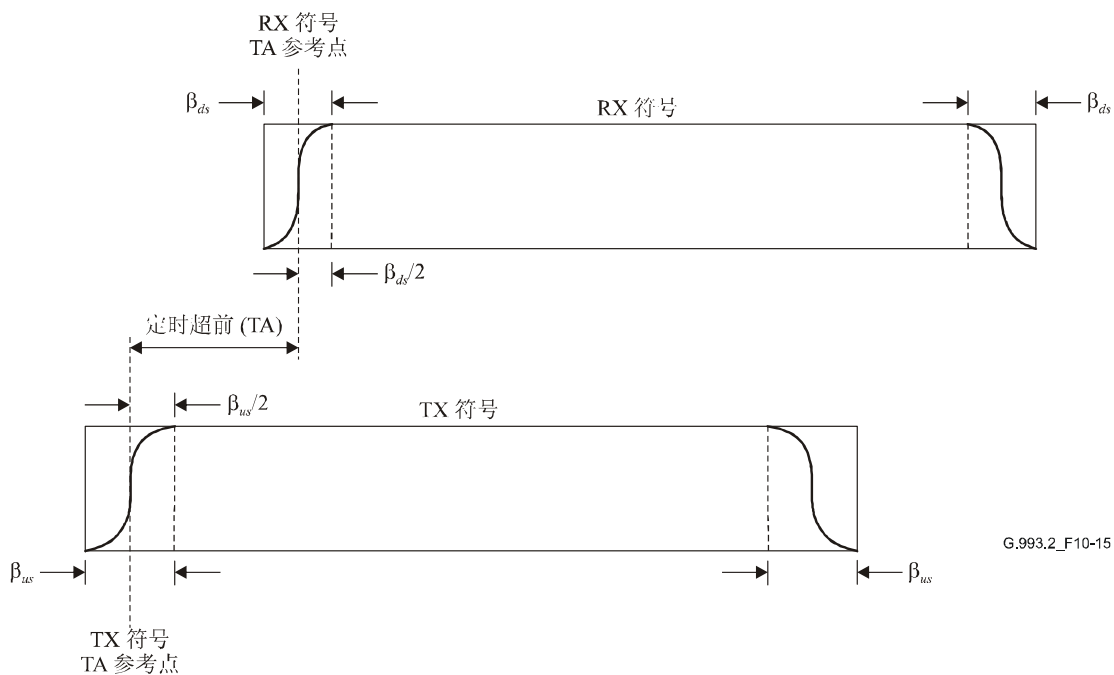


图 10-15/G.993.2—TA (VTU-R) 的图解说明

10.4.5.4 同步模式

同步模式的支持是可选的。在同步模式中，由以同步模式工作的 VDSL2 所产生的带外近端串音(NEXT)将会与以同步模式工作的其它系统接收到的 VDSL2 信号几乎是正交的。所以，在同步模式中的其它线路上，NEXT 将不会造成 SNR 显著劣化。

在同步模式中，所有的 VTU-O 必须使用相同的子载波间隔和相同的符号率，并且在同步群中的所有线路上必须在同一时间开始传送 DMT 符号。在所有的 VTU-O 上，发信符号的时钟必须是相位同步的，最大的相位误差的容差为 $1\mu\text{s}$ 。

在同步模式中，所有的 VTU 必须使用长度相同的 CE 值（见 10.4.4）。在同步群中的所有线路所用的 CE 长度必须有适用于在该群中传播时延最大的线路的值。

10.5 同步符号的符号编码器

10.5.1 同步符号的星座映射器

在任何传输方向上（MEDLEY_{ds} 或 MEDLEY_{us}；见 12.3.3.2.1.3 和 12.3.3.2.2.3）的同步符号的每一个 MEDLEY 子载波必须使用 10.3.3.2.1 中规定的 4-QAM 星座由同步帧来的两个比特（对所有的 MEDLEY 子载波，将为 00 或 11）进行调制。然后，在这些子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数来旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

在同步符号上，不发送导频单音（按照 10.4.5.1 中的规定）。

注 — 初始化信号 O-P-SYNCHRO 和 R-P-SYNCHRO 的开头 5 个符号和最后 5 个符号与调制全“1”的同步帧的同步符号是相同的。O-P-SYNCHRO 和 R-P-SYNCHRO 的中间 5 个符号与调制全“0”的同步帧的同步符号是相同的。

按照 10.5.3 中的描述，必须使用同步帧中的比特倒置（即从全“1”变为全“0”和反之亦然），在传送数据时间期间，发出在线重新配置定时信号。

对于不在 MEDLEY 集中和不在 BLACKOUT 集中的 SUPPORTEDCARRIERS 集中的子载波，星座映射器可能选择供货商自行决定的 (X, Y) 点，这一点也可能逐个同步符号改变（见表 10-4）。

10.5.2 同步符号的星座点定标

必须采用与它们被应用于传送数据时间中的数据符号相同的方法，把 $\chi(b_i)$ ， g_i 和 tss_i 的值应用于同步符号（见 10.3.4）。

10.5.3 在线重新配置

按照 10.2 中的规定，发信机每 257 个符号插入一个同步符号。所以，每 256 个数据符号必须发送一个同步符号。

为了发出在线重新配置定时信号（见 13.3），应答的 VTU 必须发出 Syncflag（见 3.60）。

在发送 Syncflag 以后，在需要发出下一次在线重新配置的定时信号以前，在连续的同步符号上调制的同步帧必须保持相同（即全“1”或全“0”）。

在传送数据时间开始时，必须由一个全“1”的同步帧调制要发送的第 1 个同步符号。

10.6 初始化时的符号编码器

在初始化的不同阶段期间所发送的 DMT 符号的编码方法在 12.3.3.3, 12.3.4.3 和 12.3.5.3 中做了规定。在初始化期间, 4-QAM 星座点的 X 和 Y 的值必须是图 10-9 中的星座图中所示的值。这些值必须定标, 使得在星座映射器的输出端, 星座代表了以相应的 PSD 电平发送的子载波的 rms 能量。在 12.3.3.3、12.3.4.3 和 12.3.5.3 中规定了可以应用的 PSD 电平。

11 操作和维护 (OAM)

11.1 OAM 功能模型

VDSL 2 链路的 OAM 参考模型如图 11-1 所示, 它包含要管理下面的传输实体的 OAM 实体:

- VDSL2 线路实体: 物体上的传输实体, 它包含 PMD 和 PMS-TC 子层;
- VDSL2 路径实体: 传送协议路径, 它包含 TPS-TC 子层; 和
- VDSL2 系统实体: 应用路径, 它包含 TPS-TC 以上所有相关的层。

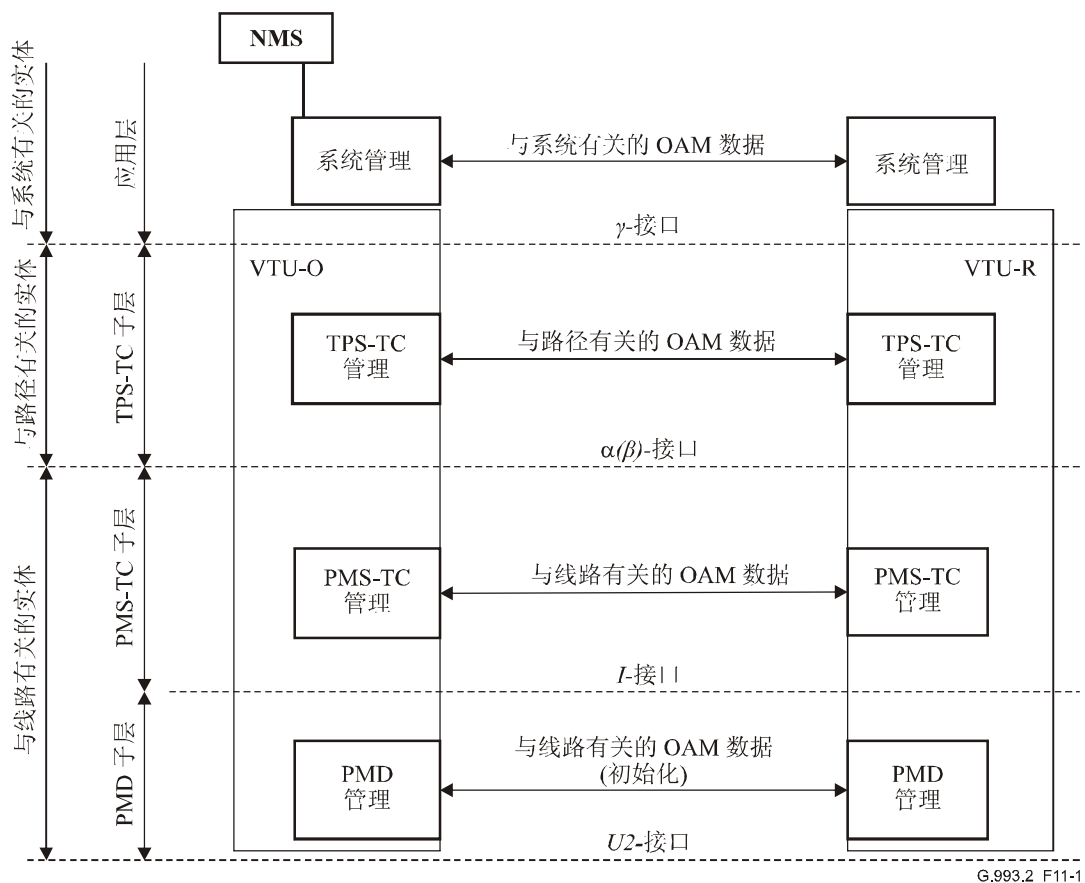


图 11-1/G.993.2—OAM 参考模型

在 VTU-O 和 VTU-R 上的对等 OAM 实体在被安排在上面提到的传输实体上的 OAM 专用的通信信道上交换管理数据。位于 VTU-O 上的网络管理系统 (NMS) 控制在两个 VTU 上的 OAM 实体, 并且采集从所有 OAM 实体来的管理数据。

在通信信道上的 OAM 流传送与路径有关的和与线路有关的原语和参数，配置建立以及维护命令和证实。

在 VDSL2 链路上的 OAM 操作和通信的功能模型在图 11-2 中做了介绍。外部的 OAM 接口适配器(EIA)提供了与 NMS 的接口（Q 接口）和与 MIB 的接口。MIB 包含与 VDSL2 有关的所有管理信息。它可以配备为单条 VDSL2 线路服务或者在几条线路之间共享。

VME 从所有的 VTU 传输实体采集 OAM 数据并将它发送给所有的 VTU 传输实体，所以，为调制解调器提供所有的内部 OAM 功能。它也用下面两条 OAM 专用的通信信道支持 VTU-O 和 VTU-R 之间的所有互动的管理功能：

- 指示位（IB）信道；和
- 嵌入的操作信道。

VME 与 EIA 相接口，所以它与 MIB 交换管理数据。VME 功能在 11.2.1 中做了详细说明。涉及与外部接口（Ext_QAM_R 接口，Q 接口）、与 MIB 操作的 EIA 功能以及 VME 和 EIA 之间的接口超出了本建议书的范围。

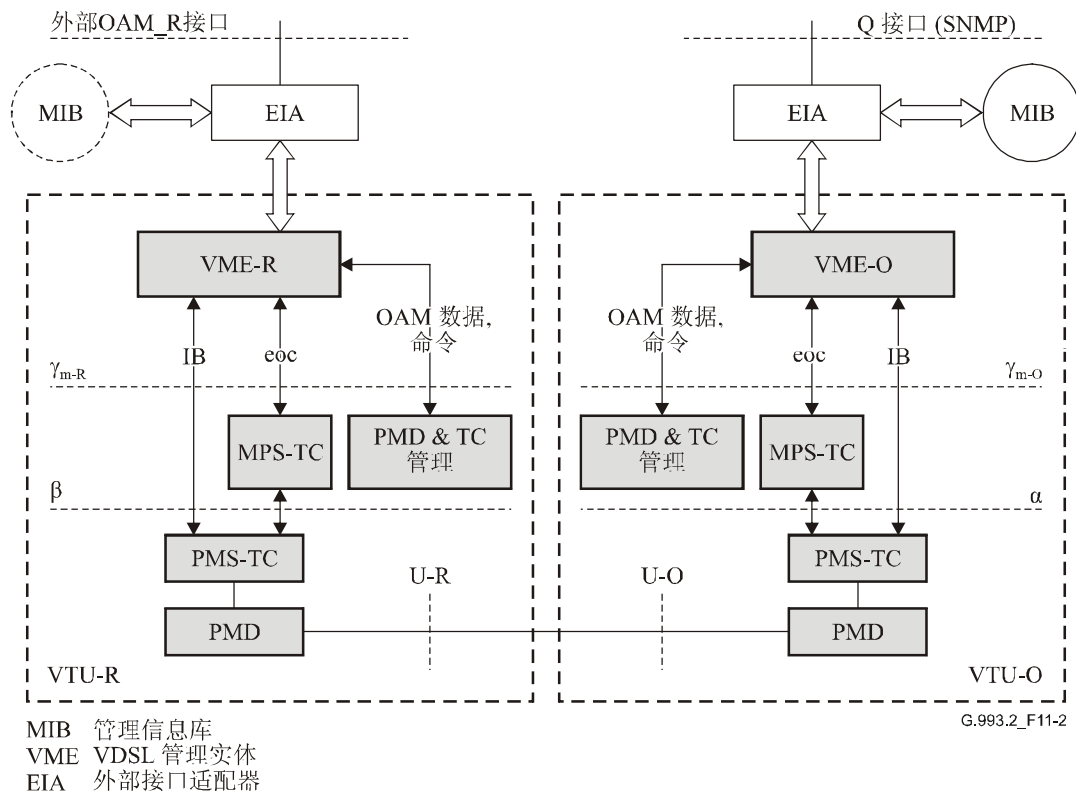


图 11-2/G.993.2—VDSL2链路的OAM的功能模型

为了交流管理数据，VME 使用 eoc 消息（在 11.2.3 中详细说明）和 IB（在 11.2.4 中详细说明）。eoc 消息和 IB 构成了 VTU-O 和 VTU-R 之间交换的整套管理数据，它包含从所有 VTU 的数据传输子层来的管理数据和从 EIA 进来的包含发送给 VTU-R 的消息在内的管理数据。在 ITU-T G.997.1 建议书[4]和在 11.2.3 中，后者被称为“清除 eoc”。在两个 OAM 通信信道的 VME 和 TC 子层之间的接口是功能上的接口，并且在 8.2.2（MPS-TC）和在 9.5.2.2（IB）中做了规定。eoc 通信协议在 11.2.2 中做了规定。

VME 通过 γ_m 接口, 将 eoc 消息发送给在 8.2.2 中所定义的管理 TPS-TC (MPS-TC)。MPS-TC 将 eoc 消息封装成 HDLC 帧, 以便它们用 PMS-TC 开销信道 (在 9.5.2.2 中规定的 OH 帧的 MSG 域) 在 VDSL2 链路上传送。在接收侧, MPS-TC 从 HDLC 帧中提取所收到的 eoc 消息并通过 γ_m 接口将它们提交给 VME。

对于 IB 传送, 不需要 TPS-TC。按照 9.5.2.2 中的规定, 直接将 IB 映射到 OH 帧的 IB 域。

11.1.1 OAM通信信道

11.1.1.1 IB信道

IB 信道是在 PMD、PMS-TC 和 TPS-TC 的对等 OAM 实体之间的通信所共享的。它供传送从远端来的对时间敏感的原语 (要求立即动作的原语)。IB 信道以单向的模式进行工作, 即 IB 信道的上行和下行方向独立工作, 并且在协议中没有证实或重传。IB 在 11.2.4 中做了规定。

11.1.1.2 eoc

eoc 是在 PMD、PMS-TC、TPS-TC 和 VME 的对等 OAM 实体之间的通信所共享 (与系统有关的 PAM 数据, 例如与电源有关的原语)。eoc 主要供交换时间性不强的管理数据用。它用于传送 ITU-T G.997.1 建议书[4]中详细说明了清除 eoc 消息和 MIB 的素元, 以便设定和查询参数和调用在远端 VTU 上的管理程序。eoc 交换 PMD、PMS-TC、TPS-TC 以及系统有关的原语、性能参数、测试参数、配置参数和维护命令。在 11.2.2 中对 eoc 通信协议做了详细说明。

11.2 VDSL 2管理实体 (VME)

11.2.1 VME功能

VME 提供在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中规定的所有必要的管理功能, 以便通过 EIA 与 MIB 和与 NMS 进行通信。它还必须管理 OAM 通信信道和支持 VTU 的所有内部管理功能, 包括:

- 性能监视;
- 性能管理;
- 配置管理; 和
- 故障管理。

VME 必须提供在 VTU-O 和 VTU-R 之间交换管理数据的所有功能。特别是, VME 必须:

- 产生 eoc 消息和交流管理数据的 IB;
- 指配共享开销消息信道的 eoc 消息的优先级; 和
- 维护 eoc 消息交换的协议 (重发消息, 放弃某些任务, 等等)。

11.2.2 eoc传输协议

VTU用发出一个 eoc 命令消息的方法, 要求与在该链路另一端的 VTU 进行 eoc 通信。通过发出响应的方法, 作为受控工作的应答方 VTU 必须证实它已经正确收到命令。而且, 它必须实现所要求的管理功能。两个 VTU 都必须能够发出 eoc 命令和对接收到的 eoc 命令作出响应。为了在该线路上发出命令和响应, VME 发起 eoc 消息。每一个 eoc 消息是一个命令、一个命令段、一个响应或一个响应段。VME 将每一 eoc 消息发送给 MPS-TC。

MPS-TC 按照 8.2.3 中的规定, 将所有进来的消息封装成 HDLC 格式。按照 11.2.3.1 的描述, 任何 eoc 消息的长度必须短于或等于 1024 字节。

每一命令和相应的响应是与 11.2.3.1 中所规定的优先级有联系的。为了在链路上发出时, 保持 eoc 命令的优先级, VME 必须根据由表 11-1 中规定的这些消息承载的命令(响应)的优先级, 通过 γ_m 接口, 向 MPS-TC 发出消息。

表 11-1/G.993.2—eoc消息的优先级

优 先 级	相关的超时值	eoc命令(响应)
高	400 ms	表 11-2
正常	800 ms	表 11-3
低	1s	表 11-4

VME 必须只发 eoc 命令一次并等待响应。在任何时间, 每个优先级必须不能多于一个命令正在等待响应。一收到响应, 可以发出一个相同优先级的新命令。若命令被分成段, 必须将该命令的所有片段发出去, 并且在发出下一个命令前, 接收响应。

因此, VME 必须将载送一个命令或命令片段只发送一次并等待响应消息。一接收到响应消息, 就可以发出一个新消息。若在规定的时间内(见表 11-1)没有接收到对一特定消息的响应或没有正确地接收到响应, 就出现超时。在超时以后, VME 可以或者重发这一消息或者丢弃这个消息。

在任何时刻, VME 必须总是从可以用于发送的所有消息中, 首先发送最高优先级的消息。若一个比当时正在发送的消息有更高优先级的消息要发送, VME 可以中止发送较低优先级的消息(按照 8.2.4.1 中的规定, 通过设置 Tx_stop 信号来实现)。当优先规则许可时(即, 当可用于发送的所有消息中, 它的优先级最高时), VME 必须重发被中断发送的消息。

如表 11-1 所看到的那样, 不同优先级的消息有不同的超时时限。超时必须从 MPS-TC 发出该消息的最后一个字节的时刻算起, 到 VME 收到响应消息的第 1 个字节的时刻为止。因而, 必须由该被发出的信号启动超时定时器。若在表 11-1 规定的相应的超时时限值以内, VME 检测到 Rx_RF 信号和相应的 Rx_PrF 信号, 它必须为所预料的响应消息的初始到达时间设置一个时间标记, 并且然后必须等待 Rx_Enbl 信号; 否则, VME 必须视为预料的响应超时。

若 VME 在设置 Rx_RF 和 Rx_PrF 信号以后 ≤ 300 ms 内检测到 Rx_Enbl 信号, 则认为响应消息待接收, 否则, VME 将把接收到的 Rx_RF 和 Rx_PrF 信号看作“失败”, 并且必须删去时间标记, 并在表 11-1 所规定的余下的超时时限值内等待下一个 Rx_RF 和 Rx_PrF 信号。

接收机使用 11.2.3.2 中规定的指配值来确定接收到的 eoc 命令（响应）的类型和优先级。

11.2.3 eoc命令和响应

11.2.3.1 概述

命令（响应）的第一个字节规定了命令（响应）的类型。第 2 个字节规定了所规定的类型的命令（响应）的名称。其它字节含有与该命令（响应）有关的管理数据。

要发送的数据值的映射必须要使得数据的 LSB 被映射到该命令（响应）的相应字节的 LSB 上。包含不止一个字节的数值必须用较低阶字节前面的较高阶的字节进行映射。数据值的矢量必须按指数的次序，从最低的指数值到最高的指数值依次映射。

若一特定的命令（响应）的长度大于 1024 字节，则 VME 必须按照 11.2.3.3 中的规定，将它分段，以使得所发出的 eoc 消息的长度短于 P 字节。消息的最大长度 P 必须根据在相关的传输方向上所指配的消息开销数据速率，用下面的方程式求得：

$$P \leq \min(1024, 33 \times msg_p) \text{ 字节}$$

其中：

$$msg_p = \text{等待时间路径 } p \text{ 的消息开销数据速率 (kbit/s) (按 9.5.4 中规定)。}$$

注 — 用规定的 P 值，任何 eoc 消息的传输时间将不超过 270 ms（包含由于 HDLC 开销和填充所引起的 3% 的损失）。这就保证在所有正规的情况下，将不会强迫 VME 停止发送低优先级的消息，以符合表 11-1 中所列出的超时时限的要求。VME 应该避免长的命令和响应。

11.2.3.2 命令和响应的类型

除了控制命令读出（这一点需要进一步研究）外，VTU 必须支持表 11-2（高优先级命令）、表 11-3（正常优先级命令）和表 11-4（低优先级命令）中规定的所有 eoc 命令和响应的类型以及在 11.2.3.3 到 11.2.3.11 中所规定的它们的相关命令和响应。

表 11-2/G.993.2—高优先级的命令和响应

命令类型和所指配的值	命令的方向	命令内容	响应内容
在线重新配置 (OLR) (On-line reconfiguration) (OLR) 0000 0001 ₂	从任何一个 VTU 接收机到另一个 VTU 的发信机	所有用于新配置的 PMD 和 PMS-TC 的控制参数值	包括作重新配置时刻标记 (Syncflag) 的线路信号或 OLR 中间证实的信号 (对分段的命令) 或推迟或拒绝所提出的重新配置的 OLR 命令。

表 11-3/G.993.2—正常优先级的命令和响应

命令类型和所指配的值	命令的方向	命令内容	响应内容
诊断 (Diagnostic) 0100 0001 ₂	从 VTU-O 到 VTU-R	要求运行自测试或更新测试参数或开始或停止有错误的 CRC 的发送或开始或停止接收有错误的 CRC	证实
	从 VTU-R 到 VTU-O	要求更新测试参数	证实
时间 (Time) 0100 0010 ₂	从 VTU-O 到 VTU-R	设置或读出时间	设置时间命令的证实或包含时间值的响应
库存 (Inventory) 0100 0011 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	识别请求, 辅助目录信息请求, 和自测试结果请求	包含 VTU 设备 ID 辅助库存信息和自测试结果
管理计数器读出 (Management Counter Read) 0000 0101 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	读出计数器的请求	包含所有计数器的值
清除 eoc (Clear eoc) 0000 1000 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]的规定, 清除 eoc 命令	证实
功率管理 (Power Management) 0000 0111 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	提出新的功率状态	拒绝或授权新的功率状态的证实
非标准设备 (NSF) (Non-standard Facility(NSF)) 0011 1111 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	非标准识别域, 后面是供货商特有的内容	证实或否定的证实表示非标准识别域无法辨别
控制参数读出 (Control Parameter Read) 0000 0100 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	进一步研究	进一步研究

表 11-4/G.993.2—低优先级命令和响应

命令类型和指配的值	命令的方向	命令内容	响应内容
PMD 测试参数读出 (PMD Test Parameter Read) 1000 0001 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	识别用于单读或多读或块读用的测试参数	包括所请求的测试参数值或否定的证实
非标准设备 (NSF) 低优先级 (Non-Standard Facility (NSF)Low Priority) 1011 1111 ₂	从任何一个 VTU 到另一个 VTU	非标准识别域, 后面供货商特有的内容	证实或否定证实, 表示非标准识别域无法辨别

11.2.3.3 在线重新配置 (OLR) 命令和响应

VTU 必须能够发送和接收分别在表 11-5 和表 11-6 中对所支持的 OLR 类型 (见 13.1) 所列出的 OLR 命令和响应。表 11-5 中所规定的任何 OLR 命令可以由任何一个 VTU 发起。响应的 VTU 可以或者使用表 11-6 中列出的命令以表 11-7 中列出的原因码拒绝发起者请求, 或者作肯定的回应发起者的请求, 方法是对重新配置发出一个时间标记。必须通过发送 Syncflag 交流时间的标记 (见 10.5.3)。两个 VTU 可以同时请求改变。每一项事务必须遵循本小节中所描述的程序。

所有 OLR 命令和响应的第 1 个字节必须是表 11-2 所示的对 OLR 命令类型所支配的值。其余字节必须表 11-5 (对命令) 和表 11-6 和 11-7 (对响应) 中所列出的值。在该链路上, 必须按照 11.2.3.1 中的描述发送 OLR 命令和响应的字节。

表 11-5/G.993.2—由发起的VTU所发出的OLR命令

名称	长度 (字节)	字节数	内容
请求类型 1	$5+4 \times N_f$ ($N_f \leq 128$)	2	04_{16} (注)
		3 到 4	2 个字节, 用于要修改的子载波 N_f 的数目
		5 到 $4+4 \times N_f$	$4 \times N_f$ 字节, 描述每一子载波的子载波参数域
		$5+4 \times N_f$	用于 SC 的一个字节
请求类型 2	进一步研究	2	05_{16} (注)
		所有其它字节	由 ITU-T 保留
请求类型 3	进一步研究	2	06_{16} (注)
		所有其它字节	由 ITU-T 保留

注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。

表 11-6/G.993.2—由响应的VTU发出的OLR响应

名称	长度 (字节)	字节数	内容
推迟 1 型请求	3	2	81_{16} (注)
		3	1 字节, 供理由码用 (表 11-7)
拒绝 2 型请求	3	2	82_{16} (注)
		3	1 字节, 供理由码用 (表 11-7)
拒绝 3 型请求	3	2	83_{16} (注)
		3	1 字节, 供理由码用 (表 11-7)
中间证实 (IACK)	3	2	$8B_{16}$ (注)
		3	1 字节, 供 SC 用

注 — 对字节数 2 的其它值由 ITU-T 保留。

表 11-7/G.993.2—OLR响应的理由码

理 由	字 节 值	可应用于推迟1型	可应用于拒绝2型	可应用于拒绝3型
忙	01 ₁₆	X	X	X
无效参数	02 ₁₆	X	X	X

在表 11-5 中的任何命令的参数清单必须选择得使 eoc 消息的长度（字节数）（在 HDLC 封装前）不超过 11.2.3.1 中规定的最大长度 P 。若要同时重新配置更多的参数，发起者必须把请求命令分段，以满足消息最大长度的要求。段的数目不得超过 64。请求命令中的分段码（SC）字节和响应中的中间证实（IACK）字节支持多段传输。在收到了每一个中间段以后，响应的 VTU 必须发出一个 IACK 响应。在收到了所有的段以后，若该请求无法处理，响应的 VTU 必须发出一个带理由码的推迟或拒绝的响应，或者发出一个时间标记（Syncflag，见 10.5.3），执行请求。在它没有收到关于当时的段的 IACK 以前，请求的 VTU 不得发出下一段。若在超时时限以前，没有收到中间段的 IACK，请求的 VTU 可以重发它或者放弃该请求。若在最后一段后 1 秒以内，没有收到更多有效的段，响应的 VTU 必须认为 OLR 命令已被放弃。

对中间段，SC 的两个 MSB 必须被设置为 00₂，并且对最后一个段，两个 MSB 必须被设置为 11₂。6 个 LSB 必须包含从 000000₂ 开始的段的序列号。IACK 的 SC 字节必须与被证实的段的 SC 字节相同。

每一个子载波参数域必须包含 4 个字节，它们被格式化为 [0000 i_{12} i_{12} i_{12} i_{12} g_{12} g_{12} g_{12} g_{12} b_4 b_4 b_4 b_4]，用于传送子载波指数 i （12 比特）的 g_i （12 比特）和 b_i （4 比特）的值。子载波的指数必须被编码在子载波域的第 1 个字节的 4 个 LSB 和整个第 2 个字节中。子载波指数 i 的 LSB 必须在第 2 个字节中。 g_i 必须在第 3 个字节和第 4 个字节的 4 个 MSB 中。 g_i 的 LSB 必须在第 4 个字节中。 b_i 必须在第 4 个字节的 4 个 LSB 中。

发起者一发出 OLR 命令，就必须等待响应。OLR 的响应可能是推迟或拒绝重新配置或者它可能是一个同步标志（Syncflag），表示重新配置必须生效的时间。若发起者收到了推迟或拒绝该变化的 OLR 响应时，它必须放弃最后一个请求的 OLR 命令。可能立即发起一个新的命令，它包含早先被放弃、拒绝或推迟的命令。

注一 在理由码为 02₁₆ 的情况下，预料重复该 OLR 请求是没有用的。

响应者一收到 OLR 命令，就必须或者发出推迟或拒绝重新配置的 OLR 响应，或者发出一个表示重新配置必须生效的时间一个 Syncflag。响应者发出了 Syncflag 以后，必须按照 13.3 中的描述，从下一个 DMT 超帧的第十个符号开始，重新配置受影响的 PMD、PMS-TC 和 TPS-TC 功能。响应者可能推迟或拒绝 OLR 的请求，在这种情况下，它必须从表 11-7 中规定的理由码，提供一个理由码。

发起者一收到 Syncflag，就必须按照 13.3 中的描述，从下一个 DMT 超帧中的第十个 DMT 符号开始，重新配置受影响的 PMD 或 PMS-TC 功能。

11.2.3.4 诊断命令和响应

必须使用诊断命令来控制这一子条款中规定的 VTU 的诊断能力。表 11-8 中所表示的诊断命令只能由 VTU-O 发起。表 11-9 中所表示的诊断命令只能由 VTU-R 发起。各种响应如表 11-10 所示。所有的诊断命令和响应必须由两或三个字节组成。为诊断命令类型所支配的值是第 1 个字节，如表 11-3 所示。第 2 个和以后的字节是供命令用的字节，如表 11-8 和 11-9 所示，而供响应用的字节如表 11-10 所示。必须使用 11.2.3.1 中所描述的格式，发出这些字节。

表 11-8/G.993.2—由VTU-O发出的诊断命令

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
Perform Self-test	2	2	01 ₁₆ (注)
Update Test Parameters	2	2	02 ₁₆ (注)
Start TX Corrupt CRC	2	2	03 ₁₆ (注)
End TX Corrupt CRC	2	2	04 ₁₆ (注)
Start RX Corrupt CRC	2	2	05 ₁₆ (注)
End RX Corrupt CRC	2	2	06 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-9/G.993.2—由VTU-R发出的诊断命令

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
Update Test Parameters	2	2	02 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-10/G.993.2—由VTU发出的诊断响应

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
Self-test Acknowledge(仅 VTU-R)	3	2	01 ₁₆ (注)
		3	用于最短时间 (秒) 的 1 个字节 在请求自测试结果前， VIU-O 必须等待。
ACK(VTU-O 和 VTU-R)	2	2	80 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

在传送数据时间期间的任何时间上，包括紧随在初始化程序结束后的时间，都可以发出诊断命令。在所有情况下，必须向发起方（由 ACK 或由 Self-test Acknowledge 响应）确认收到了诊断命令。

注 — 对诊断命令，不使用否定的证实 (NACK)。

11.2.3.4.1 完成自测试 (Perform Self-test)

VTU-R 一收到“完成自测试”命令，必须以“自测试证实”(Self-test Acknowledge)作为响应，它表示在请求自测试结果前，VTU-O 必须等待的最短时间量。而 VTU-R 必须完成自测试和产生自测试结果。自测试程序是供货商自行决定的，但是，它不得干扰 VTU-R 的功能，不得影响连接的状态，并且它的持续时间不得超过 255 秒。VTU-R 必须在“自测试证实”响应所指示的秒数内，得到和存储自测试的结果。所指示的时间量必须是在 1 和 255 之间的一个整数秒。

可以用 11.2.3.6 中规定的“库存 (Inventory) 命令”存取自测试结果。自测试结果的长度必须为 4 个字节。若自测试通过，则第 1 个字节 (包括 MSB) 必须为 00_{16} ；如果自测试失败，必须为 01_{16} 。“故障”的含义是供货商自行决定的。三个其它字节的内容是供货商自行决定的。

11.2.3.4.2 更新测试参数 (Update Test Parameters)

接受请求的 VTU 一收到“更新测试参数”的命令，必须发出 ACK 响应和更新 11.4.1 中规定的测试参数。在传送数据时间期间能够更新的所有测试参数必须在收到请求以后 10 秒内更新和存储。提出请求的 VTU 一收到 ACK 响应，它在发出 11.2.3.11 中规定的“PMD Test Parameter Read”命令以前，必须至少等待 10 秒，以便存取 11.4.1 中规定的测试参数值。

在接收到“Update Test Parameter”命令以后 10 秒以内，有关最近的初始化程序的测试参数值必须不再有可能通过“Test Parameter Read”命令存取。响应的 VTU 一收到“Update Test Parameter”命令就可以立即将它们删除。

11.2.3.4.3 开始/结束发送出错CRC (Start/End transmit corrupt CRC)

VTU-R 一收到“Start TX Corrupt CRC”命令，必须发出 ACK 响应，并且它的 PMS-TC 必须在所有所发送的等待时间路径上，产生一个出错的 CRC 值，直到被“End TX Corrupt CRC”命令撤销为止。出错的 CRC 值是与 9.5.2.3 中规定的 CRC 程序不相适应的任何值。“Start TX Corrupt CRC”命令必须只影响由 VTU-R 所发送的 CRC 值；VTU-O 的 PMS-TC 功能不得受这一命令影响。

VTU-R 一收到“End TX Corrupt CRC”命令，就必须发出 ACK 响应，而它的 PMS-TC 必须按 9.5.2.3 中的规定，在所有等待时间路径中产生 CRC 值。若早先没有发出“Start TX Corrupt CRC”命令，则“End TX Corrupt CRC”命令不得影响 VTU-R 的 PMS-TC 的功能。

11.2.3.4.4 开始/结束接收出错CRC (Start/End Receive corrupt CRC)

VTU-R 一收到“Start RX Corrupt CRC”命令，就必须发出 ACK 响应。VTU-O 一收到 ACK 响应，它的 PMS-TC 功能必须在所有发送的等待时间路径上产生出错的 CRC 值，直到被“End RX corrupt CRC”命令撤销为止。出错的 CRC 值是与 9.5.2.3 中所规定的 CRC 程序不相适应的任何一个值。“Start RX Corrupt CRC”命令必须只影响由 VTU-O 所发出的 CRC 值；VTU-R 的 PMS-TC 功能不得受这个命令所影响。

VTU-R 一收到“End RX Corrupt CRC”命令，就必须发出 ACK 响应。在 VTU-O 上的 PMS-TC 功能一收到这一 ACK 响应，就必须按照 9.5.2.3 的规定，在所有等待时间路径上产生 CRC 值。若早先没有发出“Start

RX Corrupt CRC”命令，则“End RX Corrupt CRC”命令不得影响 VTU-O 的 PMS-TC 功能。

注一 “Start RX Corrupt CRC”命令可能与“Transmit Corrupt CRC”命令（或先或后）结合起来使用，所以，在两个传输方向上设置了出错的 CRC 值。

11.2.3.5 时间（Time）命令和响应

按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的描述，两个 VTU 必须有定时器，以便更新性能监视计数器。必须使用“Time”命令，使得在链路的两端中的定时器互相同步。定时器的精确度为±100 ppm 或更好一些。

注一 每当时间计数器出现 15 分钟的整倍数的时间值（例如 1:00:00，3:15:00，15:30:00，23:45:00）时，必须更新 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所规定的计数器。

“Time”命令如表 11-11 所示，它只可能由 VTU-O 发起。VTU-R 必须用表 11-12 中所示的一个响应作应答。所有“Time”命令和响应的第 1 个字节必须是表 11-3 中所表示的为“Time”命令类型的所支配的值。其余的字节必须是分别在表 11-11 和表 11-12 中为命令和响应所规定的值。这些字节必须用 11.2.3.1 中所规定的格式发出去。

表 11-11/G.993.2—由VTU-O发出的时间命令

名称	长度(字节)	字节数	内容
Set Time (设置时间)	10	2	01 ₁₆ (注)
		3 到 10	8 字节，用于时间值，格式按照 HH:MM:SS per ISO 8601[12]
Read Time (读出时间)	2	2	02 ₁₆ (注)
注一 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-12/G.993.2—所VTU-R发出的时间响应

名称	长度(字节)	字节数	内容
ACK	2	2	80 ₁₆ (注)
Time (时间)	10	2	82 ₁₆ (注)
		3 到 10	8 字节，用于字节值，格式按照 HH:MM:SS per ISO 8601[12]
注一 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

VTU-R 一收到“Set Time”命令，必须发出 ACK 响应，并将它的定时器设置到该消息中所包含的值。

VTU-R 一收到“Read Time”命令，必须发出包含 VTU-R 定时器的当时的值的“Time”响应。

11.2.3.6 库存（Inventory）命令和响应

必须使用“库存”命令来决定远端的 VTU 的识别和容量。表 11-13 中所示的“库存”命令可以由任何一个 VTU 发起。“库存”响应必须是表 11-14 中所列出的响应。“库存”命令和响应的第一个字节必须是表 11-3 中所列出的为“库存”命令类型所支配的值。“库存”命令的第 2 个字节必须是表 11-13 中规定的值。

“库存”响应的第2个字节（ACK）和所有后面的字节必须是表11-14中规定的值。这些字节必须使用11.2.3.1中所描述的格式发出去。

表 11-13/G.993.2—由正在请求的VTU发出的库存命令

名 称	长度（字节）	字 节 数	内 容
Identification request (识别请求)	2	2	01 ₁₆ (注)
Auxiliary Inventory Information request (辅助库存信息请求)	2	2	02 ₁₆ (注)
Self-test Results Request (自测试结果请求)	2	2	03 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-14/G.993.2—由正在响应的VTU发出的库存响应

名 称	长度（字节）	字 节 数	内 容
ACK（识别）	58	2	81 ₁₆ (注)
		3 到 10	8 字节, 供货商的 ID
		11 到 26	16 字节, 版本号
		27 到 58	32 字节, 序列号
ACK(辅助库存信息)	可变	2	82 ₁₆ (注)
		3 到 10	8 字节, 供货商 ID
		11 +	辅助库存信息的多个字节
Self-test Results (自测试结果)	6	2	83 ₁₆ (注)
		3 到 6	4 字节, 自测试结果
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

VTU 一收到一个“库存”命令后，必须发出相应的响应。请求的或响应的 VTU 的功能都不得受该命令所影响。

在响应中的供货商 ID 识别出系统的集成商，并且格式必须根据 ITU-T G.994.1 建议书[2]中供货商 ID 的规定。在这一请求的上下文内，系统集成商是指最小的可在现场替代的单元的供货商；所以，在响应中的供货商 ID 可能与 G.994.1 初始化的握手阶段期间所指示的供货商 ID 不相同。

版本号、序列号和辅助库存信息必须根据供货商 ID 所包含的同一系统集成商进行指配。这些域的句法超出了本建议书的范围。

“Self-test Result”的响应必须包含从最近的自测试程序来的结果。自测试程序或者是开电源时发起的，或者是由 eoc 命令“Perform Self-test”完成自测试发起的。结果的格式必须根据 11.2.3.4.1 中的规定。

11.2.3.7 管理计数器读出命令和响应

必须使用管理计数器读出请求命令，根据 ITU-T G.997.1 建议书[4]检索出远端 VTU 所保持的某些管理器的当时的值。管理计数器读出请求命令如表 11-15 中所示，并且它可以由任何一个 VTU 发起和用于请求计数器的值。

响应必须是表 11-16 中所示的值。命令和响应的第 1 个字节必须是表 11-3 中所表示的为管理计数器读出命令类型所支配的值。命令的第 2 个字节必须是表 11-15 中所表示的值。响应的第 2 个字节和所有后面的字节必须是表 11-16 中所表示的值。这些字节必须使用 11.2.3.1 中描述的格式发送。

表 11-15/G.993.2—请求的计数器发出的管理计数器读出命令

名称	长度(字节)	字节数	内容
Request (请求)	2	2	01 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-16/G.993.2—由响应的VTU发出的管理计数器读出响应

名称	长度(字节)	字节数	内容
ACK	可变	2	81 ₁₆ (注 1)
		3 到 $2+4 \times (2 \times N_{LP}+5)$	用于 PMS-TC 计数器的所有值的字节 (注 2)
		$3+4 \times (2 \times N_{LP}+5)$ 和以上	用 TPS-TC 计数器的所有值的字节 (注 2)
注 1 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			
注 2 — N_{LP} 是被激活的等待时间路径的数目。			

VTU 一接到“管理计数器读出请求”的命令，必须发出响应。不管是请求的 VTU 或是响应的 VTU 的任何功能都不得受该命令所影响。

管理计数器的值必须根据 ITU-T G.997.1 建议书[4]，从 11.3 中所规定的本地生成的缺陷和异常中推导出来。参数必须以表 11-17 中规定的次序(从上到下)传送。TPS-TC 异常的定义和相关的管理计数器与 TPS-TC 的类型有关，并且必须是附件 K 中规定的定义。所有计数器的值都按照 32 位的计数器规定，并且必须以最高有效位的字节到最低有效位的字节的次序映射到响应中。对于当时没有激活的等待时间路径和 TPS-TC 功能，不得在响应中插入字节。

在开电源时，计数器必须复位；在链路状态转变时，不得复位；并且在读出时，不得复位。VTU 加了电源，但不在传送数据时间状态中的时间段中，必须按不可用秒计数（见 7.2.1.1.5/G.997.1[4]）。

表 11-17/G.993.2—VTU管理计数器

PMS-TC计数器	
FEC-0 异常的计数器	
FEC-1 异常的计数器	
CRC-0 异常的计数器	
CRC-1 异常的计数器	
FEC 差错秒计数器	
误码秒计数器	
严重误码秒计数器	
los 误码秒计数器	
不可用误码秒计数器	
TPS-TC计数器	
TPS-TC # 0 的计数器	
TPS-TC # 1 的计数器	

注 — VTU-O 应该对从 NMS 来的读出管理计数器的值的请求作出响应。它是留给对精确地进行误码监视和汇报所必需的存储和更新各计数器的设备用的。

11.2.3.8 清除eoc命令和响应

为了在 EIA 和 VTU-R 之间和从一个 VTU 向另一个 VTU 传递管理字节，G.997.1 的功能可能使用清除 eoc 请求的命令（见 6/G.997.1[4]）。清除 eoc 请求命令如表 11-18 所示，并且它可以由任何一个 VTU 发动。响应必须是表 11-19 中所示的响应。命令或响应的第 1 个字节必须是表 11-3 中所表示的清除 eoc 命令的类型。该命令的后续字节必须是表 11-18 中所示的字节。响应的后续字节必须是表 11-19 中所示的字节。字节必须用 11.2.3.1 中所描述的格式发送。

注 — 根据 ITU-T G.997.1 建议书[4]，清除 eoc 消息的长度不超过 516 字节。所以，清除 eoc 请求命令或响应的长度不超过 518 字节。

表 11-18/G.993.2—由发起的VTU发出的清除eoc命令

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
Request (请求)	可变	2	01 ₁₆ (注)
		3+	要发送到远端的整个清除 eoc 消息
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-19/G.993.2—由响应的VTU发出的清除eoc响应

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
ACK	2	2	80 ₁₆ (注)
NACK	3	2	81 ₁₆ (注)
		3	04 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 和 3 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

VTU 一收到“清除 eoc 请求”命令，必须以证实 (ACK) 未响应，并且以发起的 VTU 的 G.997.1 管理功能所用的原来的格式，透明地将接收到的清除 eoc 消息转发给本地的 G.997.1 管理功能。VTU 可以用包括“Not Supported” (值 04₁₆) 的理由码在内的否定证实 (NACK) 作响应，表示接收到的清除 eoc 消息无法转发给 G.997.1 管理功能 (因为 G.997.1 管理功能不可能支持清除 eoc 消息；见 6/G.997.1[4])。其它理由码正在进一步研究之中。

11.2.3.9 功率管理命令和响应

为了提出功率管理转变到链路状态 L3，必须使用“功率管理 L3 请求”命令。“功率管理 L3 请求”命令如表 11-20 所示，它可以由任何一个 VTU 发起。响应必须是表 11-21 中列出的响应。命令或响应的第 1 个字节必须是按照表 11-3 所示的为功率管理命令类型所指定的值。命令和响应的其余字节必须分别是表 11-20 和表 11-21 中所表示的值。

表 11-20/G.993.2—由发起的VTU发出的功率管理命令

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
L3 Request (请求)	3	2	01 ₁₆ (注)
		3	03 ₁₆ (注)
注 — 字节数 2 和 3 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-21/G.993.2—由响应的VTU发出的功率管理响应

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
Grant (同意)	2	2	80 ₁₆ (注)
Reject (拒绝)	3	2	81 ₁₆ (注)
		3	1 字节, 理由码
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

与功率管理命令有关的理由码示于表 11-22。

表 11-22/G.993.2—功率管理命令的理由码

理 由	字 节 值
Busy (忙)	01 ₁₆
Invalid (无效)	02 ₁₆
State Not Desired (不希望的状态)	03 ₁₆

11.2.3.9.1 由VTU-R发起L3请求

一收到 L3 请求命令，响应的 VTU-O 必须发出“同意 (Grant)”或“拒绝 (Reject)”的响应。必须把建议的链路状态格式化为 L3 链路状态的 03₁₆。若接收到任何其它的链路状态，必须以理由码 02₁₆发出“拒绝”的响应。

VTU-O 可以因为临时性过于繁忙而用理由码 01₁₆来拒绝转变到链路状态 L3 的请求；或者因为本地当时有不希望转变到 L3 状态的信息而用理由码 03₁₆拒绝请求。VTU-O 一收到 L3 请求的命令，它可以立即开始请求转变到 L3 状态的协议。

若 VTU-R 接收到“Grant (同意)”的响应，VTU-R 必须停止发送。当 VTU-O 观察到发送已停止时，它也必须停止发送。

11.2.3.9.2 由VTU-O发起的L3请求

响应的 VTU-R 一收到了“L3 请求”命令，它必须发出“同意 (Grant)”或“拒绝 (Reject)”的响应。所建议的链路状态必须格式化为 L3 链路状态的 03₁₆。若接收到了任何其它的链路状态，必须以理由码 02₁₆发出“拒绝”的响应。

VTU-R 可以因为临时过于繁忙而使用理由码 01₁₆拒绝转变到 L3 状态的请求，或者可以因为本地有此时不希望转变到 L3 状态的信息而用理由码 03₁₆拒绝请求。VTU-R 一收到“L3 请求”命令，VTU-R 可以立即开始请求转变到 L3 状态的协议。

若 VTU-O 收到了“同意”的响应，VTU-O 必须停止发送。当 VTU-R 观察到已停止发送时，它也必须停止发送。

11.2.3.10 非标准设备 (Non-standard Facility) 命令和响应

为了在 VTU 之间交换供货商自行决定的信息，可以使用“Non-standard Facility (NSF)”的命令。NSF 请求命令如表 11-23 所示，并且可以由任何一个 VTU 发起请求非标准的信息。响应必须如表 11-24 所示。命令或响应的第 1 个字节必须是为 NSF 命令类型所指配的值，对正常优先级的 NSF 命令，如表 11-3 所示或者对低优先级的 NSF 命令，如表 11-4 所示。对正常优先级和低优先级命令的其余字节必须按表 11-23 所示。正常优先级和低优先级响应的第 2 个字节如表 11-24 所示。这些字节都必须使用 11.2.3.1 中所描述的格式发送。

表 11-23/G.993.2—由请求的VTU发出的NSF命令

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
Request (请求)	可变	2	01 ₁₆ (注)
		3 到 8	6 字节, NSF 识别域
		9+	NSF 消息域的多个字节
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

表 11-24/G.993.2—由响应的VTU发出的NSF响应

名 称	长度 (字节)	字 节 数	内 容
ACK	2	2	80 ₁₆ (注)
NACK	2	2	81 ₁₆ (注)
注 — 对字节数 2 的所有其它值由 ITU-T 保留。			

VTU 一收到 NSF 请求命令, 它必须以证实 (ACK) 响应, 表示分辨出 NSF 识别码域和消息域, 或者若没有分辨出 NSF 识别码域或 NSF 消息域, 就以否定证实 (NACK) 作响应。

NSF 识别码域和 NSF 消息域的组合相当于图 11/G.994.1[2]中规定的非标准信息字段 (没有长度指示位的字节)。NSF 识别码域必须由 6 个字节组成。开头两个字节必须是国家码、其余的 4 个字节必须是由该国所规定的供应商代码。两个值必须按照 ITU-T T.35 建议书[7]的规定设置。NSF 消息域仍然是供货商专用信息。NSF 消息域的句法必须按照图 11/G.994.1[2]中规定的句法 (没有长度指示位字节)。

11.2.3.11 PMD测试参数读出 (PMD Test Parameter Read) 命令和响应

“PMD Test Parameter Read” 命令必须被用于检索出 11.4.1 中所规定的 PMD 测试参数的值和远端 VTU 所保留的值。“PMD Test Parameter Read” 命令如表 11-25 所示, 并且可以由任何一个 VTU 发起。响应必须按照表 11-26 所示的响应。所有 “PMD Test Parameter Read” 的命令和响应的第 1 个字节必须是表 11-4 中所示的为 “PMD Test Parameter Read” 命令的类型所支配的值。命令的后续字节必须按照表 11-25 所示的规定。响应的后续字节必须按照表 11-26 所示的规定。字节都必须用 11.2.3.1 中所描述的格式发送。

表 11-25/G.993.2—由请求的VTU发出的PMD测试参数读出命令

名称	长度(字节)	字节数	内容
Single Read	2	2	01 ₁₆ (注)
Next Multiple Read	2	2	03 ₁₆ (注)
Multiple Read	4	2	04 ₁₆ (注)
		3到4	2字节, 描述子载波群的指数
Block Read	6	2	05 ₁₆ (注)
		3到4	2字节, 描述开始子载波群的指数
		5到6	2字节, 描述停止子载波群的指数
注一 对字节数2的所有其它值由ITU-T保留。			

表 11-26/G.993.2—由响应的VTU发出的PMD测试参数读出响应

名称	长度(字节)	字节数	内容
Single Read ACK	与参数有关(见注1)	2	81 ₁₆ (注2)
		3+	为单读格式安排的测试参数的字节
Multiple Read ACK	12	2	82 ₁₆ (注2)
		3到12	为多读格式安排的测试参数的字节
NACK	2	2	80 ₁₆ (注2)
Block Read ACK	与参数有关(见注1)	2	84 ₁₆ (注2)
		3+	为块读格式安排的测试参数的字节
注1—消息长度等于2字节加上表11-27中所示的长度。			
注2—对字节数2的所有其它值由ITU-T保留。			

表 11-27/G.993.2—PMD测试参数的ID值和响应的长度

测试参数ID	测试参数名称	单读的长度(字节)	多读的长度(字节)	块读的长度(字节)
01 ₁₆	每一子载波群的信道传递函数 $H_{log}(f)$	N/A	4	$2 + (\text{停止子载波群指数} - \text{开始子载波群指数} + 1) \times 2$
02 ₁₆	由ITU-T保留			
03 ₁₆	静默线路噪声 PSD $QLN(f)$ /子载波群	N/A	3	$2 + (\text{停止子载波群指数} - \text{开始子载波群指数} + 1)$
04 ₁₆	每子载波群的信号噪声比 $SNR(f)$	N/A	3	$2 + (\text{停止子载波群指数} - \text{开始子载波群指数} + 1)$

表 11-27/G.993.2—PMD测试参数的ID值和响应的长度

测试参数ID	测试参数名称	单读的长度(字节)	多读的长度(字节)	块读的长度(字节)
05 ₁₆	由 ITU-T 保留			
21 ₁₆	环路衰减 LATN	2 × 5	N/A	N/A
22 ₁₆	信号衰减 SATN	2 × 5	N/A	N/A
23 ₁₆	信号噪声比余量 SNRM 和 SNRM-pb	2 × 6	N/A	N/A
24 ₁₆	可达到的净数据速率 ATTNR	4	N/A	N/A
25 ₁₆	近端实际组合发信功率 ACTATP	2	N/A	N/A
26 ₁₆	远端实际组合发信功率 ACTATP	2	N/A	N/A

响应的 VTU 一收到“PMD Test Parameter Read”命令，就必须发出相应的响应。若“Test Parameter Read”命令的格式不正确，则 VTU 必须以否定(NACK)作为响应。无论是请求的或是响应的 VTU 的任何功能都不得受影响。

必须使用单读(Single Read)命令来检索 ID 值从 21₁₆ 到 26₁₆ 在内的所有测试参数。在“单读”命令的响应中，测试参数的值(每一参数一个值)必须按照表 11-27 中所示的参数 ID 编号增加的次序传送出去。每一参数的各字节的格式必须按照 11.4.1 中的规定。按照多个字节格式化的值必须以最高有效字节到最低有效字节的次序映射到响应中去。LATN、SATN 和 SNRM 的格式必须包含 5 个 2 字节的值，用于每一传输方向上有潜在应用可能的频带。2 字节的值必须按照表 11-28 中所示的次序发送。必须用值 00₁₆ 来表示不用的频带。在发信机中，表示为保留的字节都必须置为“零”并且它在接收机中被忽略。SNRM 测试参数，除所有的 SNRM-pb 值外(11.4.1.1.6.3)，还必须包含总的 SNRM 值(11.4.1.1.6.2)。第 1 个 2 字节值是总的 SNRM，随后是按照表 11-28 中所规定的 5 个 2 字节的 SNRM-pb 的值。

表 11-28/G.993.2—发送LATN、SATN和SNRM-pb参数的次序

字节号	上行方向	下行方向
1	US0	DS1
2		
3	US1	DS2
4		
5	US2	DS3
6		
7	US3	保留
8		
9	保留	保留
10		

必须使用多读 (Multiple Read) 和下一多读 (Next Multiple Read) 命令来检索一个子载波群的测试参数。在对“多读”或“下一多读”命令的响应中, VTU 必须发出与所指示的子载波群相关的所有测试参数 (不转发 ID 值从 21₁₆ 到 26₁₆ 的所有测试参数) 的信息。多读命令保持所请求的子载波群的指数 (见表 11-25)。若要发出“下一个多读”命令, 只得在“多读”命令以后发送它。在每一个后续的“下一个多读”命令的响应中, 子载波群的指数必须增加 1。若子载波群指数超过 511 (见 11.4.1), 响应必须是 NACK。必须以表 11-27 中所表示的参数 ID 的编号次序, 将每一子载波群的 PMD 参数值插入到该消息中去。每一参数的字节的格式必须按照 11.4.1 中所描述的格式。必须把被格式化为多个字节的值按照从最高有效字节到最低有效字节的次序映射到该响应中。

必须使用“块读”命令来检索出子载波群的范围内的测试参数。在对“块读”命令的响应中, VTU 必须发出与所规定的子载波群的块相联系的所有测试参数 (不转发测试参数 ID=21 或更高数值的测试参数) 的信息。对于每一子载波群所规定的测试参数, 在单个响应中转发其指数从 #start 到 #stop 的子载波群的所有值。若子载波群指数超过 511, 响应必须为 NACK。每一子载波群的 PMD 参数的值必须以表 11-27 中所表示的参数 ID 增加的次序插进该消息中。每一参数值的字节格式必须为 11.4.1 中所描述的格式。被格式化为多个字节的值必须按照从最高有效字节到最低有效字节的次序映射到该响应中。在“块读”命令中的字节数不得超过 11.2.3.1 中所规定的 eoc 消息的最大长度 P 。

当转发信道传递函数 $Hlog(f)$, 静默线路噪声 $QLN(f)$ 和信号噪声比 $SNR(f)$ 的值时, 测量时间必须包含在响应 (在 ACK 以后的开头两个字节) 中, 后面分别为值 m (见 11.4.1.1.1)、值 n (见 11.4.1.1.2) 和值 SNR (见 11.4.1.1.3)。在对“块读”命令的响应中, 测量时间只得出现一次, 并且测量时间必须包含在对“多读”或“下一次多读”命令的每一响应中。

某些测试参数的值使用比在表 11-27 中为响应所规定的相应域中包含的更少的比特来表示。在那个域多于一个字节的情况下, 各比特必须被映射到响应中的多字节域的 LSB 上。对于无符号的量, 必须把多字节域中未使用的 MSB 设置为“0”, 而对有符号的量设置为符号比特的值。

11.2.3.12 控制参数读出命令和响应

控制参数读出命令正在进一步研究。

11.2.4 指示位 (IB)

使用 IB 发送表 11-29 中所规定的远端异常和缺陷。发送 IB 对上行和下行都是强制性的要求。若处于激活状态，IB 必须设置为“0”。将 IB 映射到开销信道必须按照 9.5.2.2 中的规定。

表 11-29/G.993.2—IB的内容

IB	描 述	参 考
<i>los</i>	信号丢失缺陷	见 11.3.1.3
<i>rdi</i>	远端缺陷指示的缺陷	见 11.3.1.4
<i>lpr</i>	电源缺失的原语	见 11.3.3.1
TIB#0-1 至 TIB#0-4	为服务承载信道#0 的 TPS-TC 所保留的 4 个指示位	见附件 K
TIB#1-1 至 TIB#1-4	为服务承载信道#1 的 TPS-TC 所保留的 4 个指示位	见附件 K

11.3 OAM原语

在标准的 OAM 原语中，本建议书只规定了异常和缺陷。系统必须使用 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的相应故障规范。

在 VTU-O 上，必须表示出近端和远端的原语；在 VTU-R 上的远端异常和缺陷的表示是可选的。

11.3.1 与线路有关的原语

与线路有关的原语表示了与 PMD 和 PMS-TC 子层有关的异常和缺陷。

11.3.1.1 近端异常

- 前向纠错 (*fec-p*): 当在等待时间路径#*p* 中所接收到的 FEC 码字指示出误码已被纠正时，就出现这一异常。若检测出误码并且它是不可能纠正的，则不判定为这一异常。
- 循环冗余校验 (*crc-p*): 当接收到的等待时间路径#*p* 的 CRC 字节与相应的本地生成的 CRC 字节不相同，就出现这一异常。
- 速率自适应升高 (*rau*): 进一步研究。
- 速率自适应下降 (*rad*): 进一步研究。

11.3.1.2 远端异常

- 远端前向纠错 (*ffec-p*): 当报告远端检测到的异常 *fec-p* 时，就出现这一异常。当接收到的 *fec-p* 异常报告结束时，这一异常结束。
- 远端差错块 (*febe-p*): 当收到远端检测到的 *crc-p* 异常的报告时，就出现这一异常。当收到了 *crc-p* 异常结束的报告时，这个异常终止。

11.3.1.3 近端缺陷

- 信号丢失 (*los*): 参考功率是根据在 0.1 秒时间内和在传送数据时间所用的子载波的一个子集上 VDSL2 接收功率的平均电平来确定的, 并且门限值必须比这个平均电平低 6 dB。当 VDSL2 接收功率在 0.1 秒内和在子载波的同子集内平均的电平低于这一门限值时, 出现 *los*, 而当用同一方法测量出的这一电平在门限电平上或在门限以上时, 则 *los* 终止。子载波子集是与设备有关的。
- 严重差错帧 (*sef*): 当在子载波子集上, 两个连续接收到的同步信号的内容与预期的内容不相关时, 就出现这一缺陷。当在子载波的同子集上接收到的两个连续的同步信号的内容与预期的内容相关时, *sef* 终止。相关的方法、所选择的子载波子集和判定这些缺陷条件的门限是供货商自行决定的。
- 余量损失 (*lom*): 当近端接收机上所观察到的信号噪声比余量 (SNRM, 见 11.4.1.1.6) 低于最低的信号噪声比余量 (MINSNRM, 见 12.3.5.2.1.1) 并且在远端组合发信功率和发信 PSD 电平的限制范围以内不再可能增加 SNRM 时, 就出现这一缺陷。当 SNRM 在 MINSNRM 以上时, 这一缺陷终止。

11.3.1.4 远端缺陷

- 远端信号丢失 (*los-fe*): 当在 6 个连续接收到的远端 *los* 指示报告中至少有 4 个汇报在远端检测到 *los* 时, 这一缺陷出现。当接收到的 6 个连续的报告中汇报的远端 *los* 指示少于 2 个时, 则 *los-fe* 终止。
- 远端缺陷指示 (*rdi*): 当报告在远端检测到 *sef* 时, 这一缺陷就出现了。当接收到的关于 *sef* 的报告结束时, 即当相应的 IB 的值复位到 “1” 时, *rdi* 终止。
- 远端余量损失 (*lom-fe*): 当由近端的发信机检索到的在远端接收机上的信号噪声比余量 (SNRM, 见 11.4.1.1.6) 低于最小的信号噪声比余量 (MINSNRM, 见 12.3.5.2.1.1), 并且近端组合发信功率和发信 PSD 电平的限制范围以内, 不再可能增加 SNRM 时, 就出现这一缺陷。当 SNRM 在 MINSNRM 以上时, 这一缺陷终止。

11.3.2 与路径有关的原语

与路径有关的原语对由相应的 TPS-TC 终接的每一路径分别加以规定。每一 TPS-TC (ATM、PTM、STM 等) 的原语必须由有关的在这一协议中规定的 OAM 指示位来表示。

11.3.2.1 ATM 传送的异常和缺陷

规定的 ATM 传送的异常和缺陷的集必须由 ATM-TC 所支持。在多承载信道的情况下, 相应的 ATM-TC 必须用独立的指示位集来表示。异常和缺陷指示必须符合第 K.2 节。

11.3.2.2 STM 传送的异常和缺陷

规定的 STM 传送的异常和缺陷的集必须由 STM-TC 支持。在多承载信道的情况下, 相应的 STM-TC 必须由独立的指示位集来表示。异常和缺陷指示位必须符合第 K.1 节。

11.3.2.3 PTM传送的异常和缺陷

PTM 传送的异常和缺陷必须由 PTM-TC 所支持。在多承载信道的情况下，相应的 PTM-TC 必须由独立的指示位集所表示。异常和缺陷指示位必须符合第 K.3 节。

11.3.3 与电源有关的原语

11.3.3.1 近端原语

电源缺乏 (*lpr*): 当 VTU 的电源 (主) 的电压降低到 VTU 正常工作所要求的厂家规定的电压以下时, 就出现这一原语。当电源电压超过厂家规定的最低电压时, *lpr* 原语终止。

11.3.3.2 远端原语

远端电源缺失 (*flpr*): 在远端检测到的这一原语是由 *flpr* 指示位汇报的。为了指示出正在汇报没有 *lpr*, 它必须被编码为 1。为了指示正在汇报一个 *flpr* (即“临终关头”), 它必须将下面的 3 个 *lpr* 指示位的传输编码为 0。当接收到的 3 个连续的 *lpr* 指示位中有 2 个或 2 个以上被设置为“0”时, 就出现 *flpr*。当在 0.5 秒内, 接收到的 *lpr* 指示位被设置为“1”, 并且没有出现近端 *los* 时, *flpr* 终止。

11.4 OAM参数

系统可以按照 G.997.1[4]的第 7.2 节和 7.3 节的规定, 支持和使用 VTU-O 和 VTU-R 的有关 OAM 参数。具体地说, 这些参数有:

- 与线路有关的和与路径有关的性能参数;
- 与线路有关的和与路径有关的配置参数; 和
- 库存参数。

在 11.4.1 中所规定的要汇报的测试参数必须以 ITU-T G.997.1 建议书[4]中规定的格式进行计算和格式化。

11.4.1 测试参数

测试参数由 PMD 发送或接收功能进行测量, 并且必须根据请求汇报给近端 VME。能够使用测试参数来确认物理环路的可能问题, 并且在验收时和在修复验证以后, 或在 VDSL2 系统初始化以后的任何其它时刻核查是否有足够的物理媒质性能余量。

必须根据请求将如下测试参数从接收 PMD 发送功能传递给近端 VME:

- 每一子载波的信道特性函数 $H(f)$ (CCF-ps);
- 每一子载波的静默线路噪声 PSD $QLN(f)$ (QLN-ps);
- 每一子载波的信号噪声比 $SNR(f)$ (SNR-ps);
- 每一频带的环路衰减 (LATN-pb);
- 每一频带的信号衰减 (SATN-pb);
- 每一频带的信号噪声比余量 (SNRM-pb);
- 可达到的净数据速率 (ATTNDR); 和
- 远端实际组合发送功率 (ACTATP)。

必须根据请求将如下参数从发信的 PMD 发送功能传递给近端的 VME:

- 近端实际组合发信功率 (ACTATP)。

使上列信息可以应用的目的如下：

- 能够使用 $H(f)$ 来分析物理铜环路的条件；
- 能够用 $QLN(f)$ 来分析串音；
- 能够用 $SNR(f)$ 来分析串音电平和环路衰减中随时间的变化（如由于潮湿和温度变化引起的变化）；和
- 能够用 $H(f)$ 、 $QLN(f)$ 和 $SNR(f)$ 的组合来帮助确定为什么数据速率不等于一给定环路的最高数据速率。

在传送数据时间期间，详尽的诊断信息 $H(f)$ 和 $QLN(f)$ 将是最有用的。然而，请求这一诊断信息将对 VDSL2 调制解调器加上过重的计算负担。所以，作为一个合理的折衷，提供有关初始化期间的信道 ($H(f)$ 和 $QLN(f)$) 的完整信息与初始化及传送数据时间的 $SNR(f)$ 组合在一起的组合信息。这一组合数组将使得对环路情况的分析比传统方法更好，并且缩短了传统诊断方法需要中断 VDSL2 和基础业务的时间。

静默线路噪声 (QLN)、信号噪声比 (SNR) 和用格式 (H_{lin} , H_{log}) 的信道特性都必须用子载波群来表示。在一子载波群中的子载波的数目 G 必须等于

$$G = \text{pow2}(\Theta/512)$$

其中函数 $\text{pow2}(x)$ 是 2 的幂，幂次是等于或大于 x 的最接近的幂。而且若 Θ 是在信道发现阶段期间要测试的参数，则 Θ 是发信机的 SUPPORTED CARRIERS 集的最高的子载波指数或者在其它情况下， Θ 是发信机的 MEDLEY 集中最后一个子载波的指数。

有效的 G 值是 1、2、4 和 8。

11.4.1.1 测试参数的定义

11.4.1.1.1 每一子载波群的信道特性函数 (CCF-ps)

信道特征函数 $H(f)$ 是与信源和负载的（复数）值有关的一个量。在信源和负载的阻抗是相同的，并等于一个实数值 R_N 的情况下，使用简化的定义。信道特征函数 $H(f)$ 是与归一化到一个选定的参考电阻 R_N 的二端网络相连系的。必须把 $H(f)$ 定义为一个复数值，它等于 U_2/U_1 电压比（见图 11-3 和 11-4）。

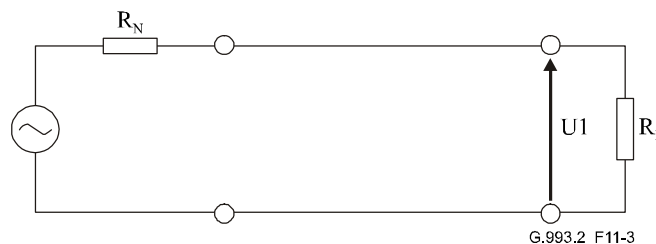


图 11-3/G.993.2—负载两端的电压

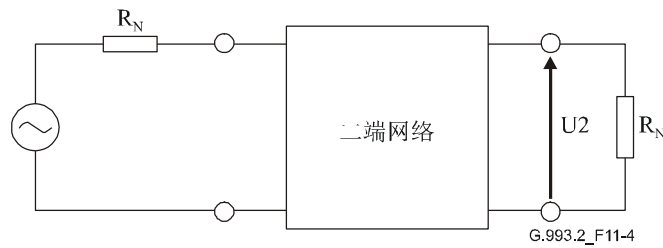


图 11-4/G.993.2—插入二端网络条件下负载两端的电压

信道特性函数的测量是三个函数级联的结果：

- 发信机滤波器的特性函数；
- 信道特性函数；和
- 接收机滤波器的特性函数。

注一 信道特性函数相当于在远端串音定义中所使用的 $H_{\text{channel}}(f)$ 函数（见 7.4.1/G.996.1）。

该指标提供了一个能够精确地确定信道特性的手段。所以，接收 PMD 功能有必要报告信道特性的估计。由于接收 PMD 功能只能观察到该信道的所有三个元件的级联，已经证明，这一任务是相当困难的任务。所报告的 $H(f)$ 的通带部分对解决物理环路可能存在的问题是相当重要的，并不期望通带部分与接收滤波器的特性（不包括接收机 AGC）有重要关系。所以，接收机的 PMD 功能必须把它已经加给接收到的信号的增益（AGC）反演过来，并且尽最大努力设法去除近端接收机滤波器特性的影响。所以，结果是接收机如何评价通带信道特性加上发信机滤波特性的一个最好的估计。因为也预期频谱的带内部分与发信机的滤波特性没有很大关系，对所希望的环路应用条件而言，可以认为这一结果是信道特性的一个满意的估计。

两种格式的信道特性定义如下：

- $H_{\text{lin}}(f)$ ：在线性标度上提供复数值的一种格式；
- $H_{\text{log}}(f)$ ：在以 10 为底的对数标度上提供幅度值的一种格式。

对 $H_{\text{log}}(f)$ ，接收 PMD 功能还必须使用在发信 PMD 功能的接口上的 PSD 值（在初始化期间的消息中所传递的值）以便去掉远端的发信滤波器特性的影响。

对 $H_{\text{lin}}(f)$ ，若它是 VTU-O 的 OAM 接口（见图 5-3）上报告的信道特性，则 VTU-O 必须尽最大努力，设法从 VTU-R 上测得的信道特性中去掉近端发信特性滤波器的影响。若信道特性是在 VTU-R OAM 接口上报告的特性，则 VTU-R 必须尽最大努力，设法从在 VTU-O 上测得的信道特性上去掉近端发信滤波器特性的影响。

必须将 $H_{\text{lin}}(f)$ 在环路诊断模式期间发送给远端的 VME，并根据请求，在诊断模式期间将它发送给近端的 VME。

$H_{\text{log}}(f)$ 必须在环路诊断模式和初始化期间，由接收 PMD 功能进行测量。在传送数据时间期间，测量不得更新。 $H_{\text{log}}(f)$ 必须在环路诊断模式期间发送给远端的 VME，并且必须根据请求在任何时间发送给近端的 VME。

近端 VME 必须在传送数据时间期间，根据请求，将 $Hlog(f)$ 发送给远端的 VME。

在环路诊断模式中， $Hlin(f)$ 和 $Hlog(f)$ 都必须测量，因为可以测得的有关接收机和/或发信机滤波器特性与 $Hlin(f)$ 和 $Hlog(f)$ 的相关性可能是不同的。

在环路诊断模式中， $Hlin(f)$ 和 $Hlog(f)$ 都必须在 1 秒的时间段内进行测量。在初始化中，VTU 应该尽力优化 $Hlog(f)$ 的测量精度。然而，它必须至少测量 256 个符号，并且必须给远端 VME 指示出测量的时间周期（以符号为单位，表示为 16 比特的无正负号的值）（见 11.2.3.11）。

信道特性函数 $Hlin(k \times G \times \Delta f)$ 必须是在子载波 $i=k \times G$ 上的信道特性的值。它必须用一个标度系数和一个归一化的复数 $a(k)+j \times b(k)$ ($k=0$ 到 511)，以线性的格式来表示。必须把标度系数编码成 16 比特无符号的整数。 $a(k)$ 和 $b(k)$ 都必须被编码成 16 比特两两互补的有符号的整数。 $Hlin(k \times G \times \Delta f)$ 的值必须被规定为：

$$Hlin(k \times G \times \Delta f) = (scale/2^{15}) \times (a(k) + j \times b(k))/2^{15}$$

为了使精确度最高，必须这样来选择标度系数， $scale$ ，使得在所有 k 上， $\max(|a(k)|, |b(k)|)$ 等于 $2^{15}-1$ 。

这一数据格式支持 $Hlin(f)$ 的粒度为 2^{-15} 和 $Hlin(f)$ 的动态范围约 96 dB (+6 dB 到 -90 dB)。标度系数范围有 0 dB 以上的部分是有必要的，因为由于在信号路径增益和滤波器增益中生产上的变化，短环路可能出现有增益、而不是损耗的情况。

为 $a(k) = b(k) = -2^{15}$ 所表示的 $Hlin(k \times G \times \Delta f)$ 的值是一个特殊的值。它表示：

- 对这一子载波，无法作测量，因为若该值在信道出现阶段进行交流时，它在发信机的 SUPPORTEDCARRIERS 集以外（见 12.3.3）；或者
- 因为它在发信机的 MEDLEY 集之外或者 $g_r=0$ ，对这一子载波，无法作测量；或者
- 衰减超出了要表示的范围。

信道特性函数 $Hlog(k \times G \times \Delta f)$ 必须是在子载波 $k \times G$ 上的信道特性的幅度。它必须是以 10 为底的对数格式，由一整数 $m(k)$ 来表示，其中 $k=0$ 到 511。必须把 $m(k)$ 编码为 10 比特的无符号的整数。 $Hlog(k \times G \times \Delta f)$ 的值必须规定为：

$$Hlog(k \times G \times \Delta f) = 6 - (m(k)/10)$$

这一数据格式支持 $Hlog(f)$ 的粒度 0.1 dB，并且 $Hlog(f)$ 的动态范围约为 102 dB (+6 dB 到 -96 dB)。

表示为 $m(k) = 2^{10} - 1$ 的 $Hlog(k \times G \times \Delta f)$ 是一个特殊的值。它表示：

- 若该值在信道出现阶段进行交流，因为它在发信机的 SUPPORTEDCARRIERS 集以外，对这一子载波，无法作测量（见 12.3.3）；或者
- 因为它在发信机的 MEDLEY 集以外或者 $g_r=0$ ，对这一子载波，无法作测量；或者
- 衰减超出了要表示的范围。

11.4.1.1.2 每一子载波群的静默线路噪声(QLN-ps)

特定子载波的静默线路噪声 PSD $QLN(f)$ 是当该环路上没有 VDSL2 信号时，在该环路存在的噪声的均方根电平。按照在 SNRM_MODE=2 中的规定，在 $QLN(f)$ 中，不得考虑接收到的虚拟 PSD 噪声。

每一子载波的静默线路噪声 PSD $QLN(f)$ 必须在环路诊断模式和初始化期间由接收 PMD 功能进行测量。在传送数据时间期间，测量不得（即不能）更新。必须在环路诊断模式期间，将 $QLN(f)$ 发送给远端的 VME，并且在任何时间，都必须根据请求，将它发送给近端的 VME。在传送数据时间期间，近端 VME 必须根据请求将 $QLN(f)$ 发送给远端的 VME。

该指标提供了能够用它来精确地确定静默线路噪声 PSD 的手段。所以，接收 PMD 功能将有必要报告静默线路噪声 PSD 的估计值。了解了接收 PMD 功能通过接收机的滤波器观测噪声这一实际情况，可能证明这一任务是一个困难的任务。被报告的 $QLN-ps$ 的通带部分是解决物理环路可能的问题的最重要的部分，不期望它主要取决于接收机滤波器的特性（不包括接收机的 AGC）。所以，PMD 功能必须把已经加给所接收到的信号的增益（AGC）反演过来，并且尽最大努力设法去除近端接收机滤波器特性的影响。这样，这个结果就是接收机如何评价通带静默线路噪声 PSD 的最好的估计。可以认为这一结果对所希望的环路应用条件而言是静默线路噪声 PSD 的满意的估计。

接收 PMD 功能必须在环路上没有 VDSL2 信号的时间段内测量 $QLN(f)$ （即近端和远端发信机都没有激活）。静默线路噪声 PSD $QLN(i \times \Delta f)$ 必须用环路诊断模式在 1 秒钟的时间间隔内测量。在初始化时，VTU 应该尽力优化 $QLN(f)$ 的测量精度，然而，它必须至少测量 256 个符号，并且给远端的 VME 指示测量时间（以符号计，表示为 16 比特无符号的值）（见 11.2.3.11）。

静默线路噪声 PSD $QLN(k \times G \times \Delta f)$ 必须是在子载波 $k \times G$ 到 $(k+1) \times G - 1$ 上静默线路噪声的功率平均值。它应该被表示为 8 比特的无符号的整数 $n(k)$ ，其中 $k=0$ 到 511。必须把 $QLN(k \times G \times \Delta f)$ 的值规定为 $QLN(k \times G \times \Delta f) = -23 - (n(k)/2)$ dBm/Hz。这一数据格式支持 $QLN(f)$ 的粒度 0.5 dB， $QLN(f)$ 的值的范围从 -150 到 -23 dBm/Hz。

按照 $n(k) = 255$ 所表示的 $QLN(k \times G \times \Delta f)$ 的值是一个特殊的值。它表示：

- 由于它的子载波之一在发信机 SUPPORTEDCARRIERS 集以外，对这一子载波无法进行测量；或者
- 静默线路噪声 PSD 超出了要表示的范围。

11.4.1.1.3 每一子载波群的信号噪声比（SNR-ps）

对一特定子载波群的信号噪声比 $SNR(f)$ 是一个实数值，它必须表示该子载波接收到的信号功率与接收到的噪声功率之间的比值。在 $SNR(f)$ 中，不得考虑在 SNRM_MODE=2 中所规定的接收到的虚拟噪声 PSD。

每一子载波群的信号噪声比 $SNR(f)$ 必须在环路诊断模式和初始化中由接收 PMD 进行测量。测量可以自主地进行更新，并且在传送数据时间期间，必须根据请求进行更新。 $SNR(f)$ 必须在环路诊断模式期间，发送给远端的 VME，并且在任何时间必须根据请求发送给近端 VME。在传送数据时间期间，近端 VME 必须根据请求，将 $SNR(f)$ 发送给远端 VME。

在 MEDLEY 或 showtime 状态中，接收 PMD 功能必须与发信 PMD 功能一起测量信号噪声比 $SNR(f)$ 。信号噪声比 $SNR(f)$ 必须在环路诊断模式中，在 1 秒钟的时间段内进行测量。在初始化和传送数据时间期间，VTU 应该尽力缩短 $SNR(f)$ 的测量时间，然而，它必须至少测量 256 个符号，并且它必须给远端 VME 指示出测量时间（符号数，表示为 16 比特的无符号的值）（见 11.2.3.11）。

信号噪声比 $SNR(k \times G \times \Delta f)$ 必须是在子载波 $k \times G$ 到 $((k+1) \times G) - 1$ 上的信号噪声比的以 10 为底的对数值的平均值。它应该被表示为一个 8 比特的无符号的整数 $snr(k)$ ，其中 $k=0$ 到 511。 $SNR(k \times G \times \Delta f)$ 的值必须规定为 $SNR(k \times G \times \Delta f) = -32 + (snr(k)/2)$ dB。这一数据格式支持 $SNR(k \times G \times \Delta f)$ 0.5 dB 的粒度，并且 $SNR(k \times G \times \Delta f)$ 的动态范围为 127 dB (-32 到 95 dB)。

按 $snr(k) = 255$ 表示的 $SNR(k \times G \times \Delta f)$ 是一个特殊的值。它表示：

- 由于它的子载波之一在发信机的 SUPPORTEDCARRIERS 集以外，对这一子载波群无法进行测量；或者
- 由于它的子载波之一在发信机的 MEDLEY 集以外或它的 $g_i = 0$ ，对这一子载波无法进行测量；或者
- 信号噪声比超出了要表示的范围。

11.4.1.1.4 每一频带的环路衰减 (LATN-pb)

第 m 个下行频带的环路衰减表示为 $LATN_D(m)$ ，和第 m 个上行频带的环路衰减表示为 $LATN_U(m)$ 。为了符号易于表示，本小节用下行环路衰减来规定要求和定义，但是，同样的要求和定义也适用于 $LATN_U(m)$ 。

第 m 个下行频带的环路衰减 ($LATN_D(m)$) 是在第 m 个下行频带的所有子载波上，在近端接收到的功率和由远端发出的功率之间的差值 (dB)，即在这一频带的所有子载波上平均的信道特性函数 $H(f)$ (按照 11.4.1.1.1 中的定义)。必须把 $LATN_D(m)$ 定义为：

$$LATN_D(m) = -10 \times \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=n1}^{n2} |H(i \times \Delta f)|^2}{N_D(m)} \right)$$

而 $N_D(m)$ (第 m 个下行频带的子载波数 = $n2 - n1 + 1$ ，其中 $n1$ 和 $n2$ 分别是这一频带的第 1 个和最后 1 个子载波的指数，而且在环路诊断模式中， $H(f)$ 由 $Hlin(f)$ 来代表，在初始化期间，由 $Hlog(f)$ 来代表 (用上面的方程，将 \log_{10} 变换成线性值)。

若有一个或多个 $H(f)$ 值由于它们不在发信机的 SUPPORTEDCARRIERS 集 (见 11.4.1.1.1) 中而无法进行测量时，则必须按照在可以得到有效的 $H(f)$ 值的子载波数上的 $H(f)$ 值取平均来计算 $LATN_D(m)$ 。

在环路诊断模式和初始化期间，必须由接收 PMD 功能计算环路衰减。在传送数据时间期间，计算不得更新。在初始化和环路诊断模式期间，必须把环路衰减发送给远端 VME，而且在任何时间上，都必须根据请求将它发送给近端 VME。在传送数据时间期间，近端 VME 必须根据请求将 $LATN$ 发送给远端的 VME。

必须将每一下行频带的环路衰减 $LATN_D(m)$ 表示为 10 比特的无符号的整数 $latn$ ，而 $LATN_D(m)$ 的值定义为 $LATN_D(m) = latn/10$ dB。这一数据格式支持 $LATN_D(m)$ 0.1 dB 的粒度，而且 $LATN_D(m)$ 的动态范围为 102.2 dB (0 到 102.2 dB)。

表示为 $latn = 1023$ 的 $LATN_D(m)$ 值是一个特殊的值。它表示环路衰减超出了能够表示的范围。

11.4.1.1.5 每一频带的信号衰减(SATN-pb)

第 m 个下行频带的信号衰减表示为 $SATN_D(m)$ ，而第 m 个上行频带的信号衰减表示为 $SATN_U(m)$ 。为了便于符号表示，本小节用下行信号衰减规定了要求和定义，但是相同的定义和要求也适用于 $SATN_U(m)$ 。

第 m 个下行频带的信号衰减 $SATN_D(m)$ 定义为在 m 个下行频带中，在近端接收到的功率和由远端发出的功率之间的差值 (dB)。

数学上，这相当于：

$$SATN_D(m) = TXpower_dBm_D(m) - RXpower_dBm_D(m)$$

在初始化和环路诊断模式期间，必须根据在 MEDLEYds 集中的这一频带的那些子载波上的功率求和作为接收的子载波功率的方法来计算所接收到的信号功率 $RXpower_dBm_D(m)$ (dBm)。在传输 O-P-MEDLEY 和 R-P-MEDLEY 期间，在 MEDLEYds 集中的子载波的发信 PSD 是在 MREFPSDds 的电平上，并且用 g_i 值微调。

数学上，这相当于：

$$RXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} (Received_subcarrier_power_mW(i) \times g_i^2) \right)$$

在传送数据时间期间，必须按照在 MEDLEYds 集中的这个频带的各子载波接收到的功率求和作为在传送数据时间中所接收到的子载波功率来计算接收到的信号功率 $RXpower_dBm_D(m)$ (dBm)。

数学上，这相当于：

$$RXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} (Received_subcarrier_power_mW(i)) \right)$$

在上面两个方程中，符号 $MEDLEYds \cap DS(m)$ 代表落进第 m 个下行频带中的 MEDLEYds 集中的所有子载波。Received_subcarrier_power_mW 是在子载波 i 上接收到的功率，单位为 mW。 g_i 是子载波 i 的增益 (线性标度)。

必须用同样的方法计算对 $SATN_U(m)$ 所接收到的功率，但是要使用落在第 m 个上行频带中的 MEDLEYus 集的子载波。

为了确定初始化期间的 STAN 值，在 MEDLEYds 集中每一子载波 i 所接收的信号功率必须用 O-PMD (对上行方向) 和 R-PMD (对下行方向) 的消息中传递的 g_i 值进行微调，以便估计出将在传送数据时间期间接收到的信号功率。在环路诊断模式期间，必须使用 g_i 值 0 (对于不能够分配比特的子载波) 和 1 (对于至少可以分配 1 个比特的子载波) 来限制微调。为了确定在传送数据期间的 SATN 值，必须根据测量获取接收到的信号子载波功率。

所发送的信号功率， $TXpower_dBm_D(m)$ (dBm) 相当于落在这一频带中的那部分 NOMATP (见 10.3.4.2.1)。必须按照在 MEDLEYds 集中的这一频带的子载波上求和作为组合发信功率来计算发信信号功率。在传输 O-P-MEDLEY 期间，在 MEDLEYds 集中的子载波的发信 PSD 是在 MREFPSDds 电平上，并且用 g_i 值进行微调。

数学上，这相当于：

$$\text{TXpower_dBm_D}(m) = 10 \times \log_{10} \Delta f + 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in \text{MEDLEYds} \cap \text{DS}(m)} \left(10^{\frac{\text{MREFPSD}[i]}{10}} \times g_i^2 \right) \right)$$

其中 $\text{MEDLEYds} \cap \text{DS}(m)$ 表示落在第 m 个下行频带中的 MEDLEYds 集中所有子载波， $\text{MREFPSD}[i]$ 是由 O-PRM 所传递的子载波 i 的 MREFPSDds 的值 (dBm/Hz)， g_i 是子载波 i 的增益 (线性标度) 和 Δf 是子载波间隔 (Hz)。

SATN_U(m) 的发信功率必须以同样的方法进行计算，但是使用落在第 m 个上行频带中的 MEDLEYus 集中的子载波，并且 MREFPSD[i] 的值是由 R-PRM 消息传递的子载波 i 的 MREFPSDus 的值 (dBm/Hz)。

对于在初始化期间所确定的 SATN 值，在 MEDLEYds 集中的每一子载波 i 的发信信号功率必须由在 O-PMD (对上行方向) 和 R-PMD (对下行方向) 消息中所传递的 g_i 值进行微调，以便估计传送数据时间期间的发信信号功率。在环路诊断模式期间，必须使用 g_i 值 0 (对不可能分配比特的子载波) 和 1 (对至少能够分配 1 个比特的子载波) 对微调加以限制。对于在传送数据时间期间所决定的 SATN 值，所发送的信号功率必须用 MEDLEY 集中的每一子载波的激活的 g_i 值进行微调。

在环路诊断模式和初始化期间，必须由接收 PMD 功能测量信号衰减 (即估计在开始传送数据时间时的信号衰减)。测量结果可以自主地更新和必须在传送数据时间期间根据请求进行更新。在初始化和环路诊断模式期间，必须将信号衰减发送给远端 VME，并且在任何时间必须根据请求发送给近端 VME。在传送数据时间期间，近端 VME 必须根据请求将 SATN_D(m) 发送给远端的 VME。

每一下行频带的信号衰减 SATN_D(m) 必须表示为一个 10 比特的无符号的整数 $satn$ ，而 SATN_D(m) 的值定义为 $\text{SATN_D}(m) = satn/10$ dB。这一数据格式支持 SATN_D(m) 的粒度 0.1 dB 和 SATN_D(m) 的动态范围 102.2 dB (0 到 102.2 dB)。

被表示为 $satn=1023$ 的 SATN_D(m) 的值是一个特殊的值。它表示信号衰减超出了所要表示的范围。

11.4.1.1.6 信号噪声比余量

11.4.1.1.6.1 信号噪声比余量的一般定义

信号噪声比余量是在不改变 PMD 参数 (例如比特和增益) 和 PMS-TC 参数 (例如 L_p , FEC 参数) 的条件下，使得每一 TPS-TC 流的 BER 不超过对相应的 TPS-TC 流所规定的 BER 的最大值，(在所有相关频率上) 参考噪声 PSD 相应地允许增加量的最大值 (标度增益, dB)。BER 以 PMS-TC 功能的输出端 (即 α/β 接口) 为参考。

参考噪声 PSD 的定义取决于控制参数 SNRM_MODE。

11.4.1.1.6.1.1 SNRM_MODE = 1

SNRM_MODE = 1 是两个 VTU 必备的能力。

参考噪声 PSD 仅仅等于由近端收发信机所测出的所接收到的当时条件下的外部噪声 PSD (即等于当唯一的噪声源是加到 U 接口上的外部稳态噪声，并且不存在内部噪声源的时候，由近端收发信机在星座解码器处或在其它有关的内部参考点上测得的噪声 PSD)。

注一 数学上，这可以用下式来描述：

$$\text{Received_External_Noise_PSD} = |H_{\text{RXfilter}}(f)|^2 \times \text{External_Noise_PSD_at_U_interface}$$

11.4.1.1.6.1.2 SNRM_MODE = 2

SNRM_MODE = 2 是两个 VTU 可选的能力。

参考噪声 PSD 等于在公共的内部参考点上接收到的当时条件下的外部噪声 PSD（根据在 SNRM_MODE = 1 中的定义）和接收到的虚拟噪声 PSD 两个值之中的最大值。

接收到的虚拟噪声 PSD 必须由收发信机按照下面的方程式中的规定来确定。

$$\text{Received_Virtual_Noise_PSD} = |H(f)|^2 \times \text{TXREFVN}$$

其中 TXREFVN 是发信机为参考的虚拟噪声 PSD MIB 参数。

$|H(f)|^2$ 按下式计算：

$$|H(f)|^2 = \frac{\text{Actual_Received_Signal_PSD}}{\text{Actual_Transmit_Signal_PSD}}$$

式中：

Actual_Transmit_Signal_PSD 是由近端收发信机计算出的在远端收发信机上的实际发出的信号 PSD。

Actual_Received_Signal_PSD 是在初始化和传送数据时间期间，由近端收发信机测出的在近端收发信机上实际接收到的信号 PSD（即等于近端收发信机在星座解码器上或其它有关的内部参考点上测得的 PSD）。

数学上，这可以表示为：

$$\text{Actual_Received_Signal_PSD} = |H_{\text{RXfilter}}(f)|^2 \times \text{Received_Signal_PSD_at_U_interface}$$

注一 当时条件下的外部噪声 PSD 的测量结果可能过于乐观，因为它仅代表了时间上的一瞬间，没有考虑噪声 PSD 的进一步增加（例如，由于另外的 VDSL2 线正在开通）。为了使 VTU 的比特加载算法不致给一个子载波指派过于乐观的比特数，定义了 SNRM_MODE=2。这是（通过发信机为参考的虚拟噪声 PSD 参数 TXREFVN）定义了一个预期的噪声 PSD 来达到的，它可能是可以用于比特加载的频率的函数。

为了保证业务质量和稳定性，可以使用这个方法避免或缩短 BER 过大的时间和避免重新训练。可以预料，配置（通过 MIB）是根据预期的业务渗透率和噪声环境进行的。

11.4.1.1.6.2 信号噪声比余量的参数（SNRM）

信号噪声比余量参数 SNRM 是在一个传输方向上在 $b_i > 0$ 的所有子载波上所测出的信号噪声比余量（按照在 11.4.1.1.6.1 中的定义）。当以 SNRM_MODE=2 方式配置时，必须考虑在 11.4.1.1.6.1.2 中所定义的所接收到的虚拟噪声 PSD。

信号噪声比余量必须由接收 PMD 功能在初始化期间进行测量。测量可以自主地更新，并且在传送数据时间期间，必须根据请求进行更新。SNRM 必须在初始化和环路诊断模式期间发送给远端的 VTU，并必须在任何时间根据请求发送给近端的 VME。在传送数据时间期间，近端的 VME 必须根据请求将 SNRM 发送给远端 VME。

为了确定 SNRM，接收 PMD 功能必须能够首先确定比特和增益表。在环路诊断模式期间，接收 PMD 功能必须使用该特殊的数值来表示不测量 SNRM 的值。

下行方向上的信号噪声比余量必须表示成 10 比特的两两互补的有符号的整数 $snrm$ ，而 SNRMds 的值定义为 $SNRMds = snrm/10$ dB。这一数据格式支持 SNRMds 的粒度 0.1 dB 和 SNRMds 的动态范围 102.2 dB (-51.1 到+51.1 dB)。

表示成 $snrm = -512$ 的 SNRMds 值是一个特殊的值。它表示信号噪声比余量超出了要表示的范围。在环路诊断模式期间，必须用这一特殊值表示不测量 SNRMds 值。

相同的定义和表示方法必须应用于上行方向上的信号噪声比余量 SNRMus。

11.4.1.1.6.3 每一频带的信号噪声比余量(SNRM-pb)

第 m 个下行频带的信号噪声比余量表示成 $SNRM_D(m)$ ，而第 m 个下行频带的信号噪声比余量表示成 $SNRM_U(m)$ 。为了便于符号表示，本节规定了下行信号噪声比余量的要求和定义，但是相同的定义和要求也适用于 $SNRM_U(m)$ 。

每一频带的信号噪声比余量参数 SNRM-pb 是在特定的频带中 $b_i > 0$ 的所有子载波上测得的信号噪声比余量（按照 11.4.1.1.6.1 中的规定）。当以 SNRM_MODE=2 模式配置时，必须考虑在 11.4.1.1.6.1.2 中所定义的接收到的虚拟噪声 PSD。

每一频带的信号噪声比余量是在这一频带中可以容许的接收噪声功率的最大增加量 (dB)，以使得 VTU 在所有承载信道上仍能满足所有的 BER 的要求。

每频带的信号噪声比余量必须在初始化期间由接收 PMD 功能进行测量。测量可以自主地更新，并且在传送数据时间期间，必须根据请求进行更新。每频带的信号噪声比余量必须在初始化和环路诊断模式期间发送给远端 VME，并必须在任何时间上按照请求将它发送给近端 VME。在传送数据时间期间，近端 VME 必须根据请求将 SNRM-pb 发送给远端 VME。

为了确定 SNRM-pb，接收 PMD 功能必须能够首先确定比特和增益表。在环路诊断模式期间，接收 PMD 功能必须使用特殊的值，表示不测量 SNRM-pb 的值。

每一下行频带的信号噪声比余量必须被表示成一个 10 比特的两两互补的有符号的整数 $snrm$ ，而 $SNRM_D(m)$ 的值定义为 $SNRM_D(m) = snrm/10$ dB。这一数据格式支持 $SNRM_D(m)$ 的粒度 0.1 dB 和 $SNRM_D(m)$ 的动态范围 102.2 dB (-51.1 到+51.1 dB)。

表示为 $snrm = -512$ 的 $SNRM_D(m)$ 值是一个特殊的值。它表示该信号噪声比余量超出了要表示的范围。在环路诊断模式期间，必须用该特殊值表示不测量 $SNRM_D(m)$ 的值。

11.4.1.1.7 可达到的净数据速率 (ATTNDR)

可达到的净数据速率是在下列条件下，设计该接收 PMS-TC 和 PMD 功能可以支持的最高净数据速率：

- 单承载信道和单等待时间路径工作；
- 对下行和上行的目标 SNR 余量分别等于所配置的 TARSNRMds/TARSNRMus；

- BER 不超过为一个（或多个）等待时间路径所配置的最高 BER；
- 等待时间不超过为一个（或多个）等待时间路径所配置的最大等待时间；
- 在等待时间极限值以内计入了所有可能得到的编码增益（例如格状编码、FEC）；
- 计及了在测量时刻的信道特性；和
- 计及了按 SNRM_MODE=2 配置时接收到的虚拟噪声 PSD。

为了精确地确定可以达到的净数据速率（ATTNDR），接收 PMD 功能必须能首先确定比特和增益表。所以，在环路诊断模式期间，上行和下行的 ATNDR 值必须按下式计算：

$$\text{ATTNDR} = \sum_{i=0}^{MSI} \min \left\{ \text{round} \left[\log_2 \left(1 + 10^{(\text{SNR}(i \times \Delta f) - \text{SNRGAP} - \text{TARSNRM})/10} \right) \right], 15 \right\} \times 4 \text{ kbit/s}$$

而 $\text{SNR}(i \times \Delta f)$ (dB) 是按照 11.4.1.1.3 中的规定，但是计及了以 SNRM_MODE=2 配置时接收到的虚拟噪声 PSD，并且 SNRGAP=9.75 dB（见注 1）。

注 1 — SNRGAP 值是对 4-QAM 调制 10^{-7} 的误码率规定的。

注 2 — 用相同的 PMD 参数和在同一环路条件下，在环路诊断模式期间计算出的 ATNDR 的值可能与传送数据时间期间所计算出的值不相同。

可达到的净数据速率必须在环路诊断模式和初始化期间，由接收 PMS-TC 和 PMD 功能计算出来。测量可以自主更新，并且在传送数据时间期间根据请求进行更新。可达到的净数据速率必须在初始化和环路诊断模式期间发送给远端 VME，并且必须在任何时间根据请求将它发送给近端 VME。近端 VME 必须在传送数据时间内，根据请求把 ATNDR 发送给远端 VME。

可达到的净数据速率必须表示成 32 比特无符号的整数 *atndr*，ATTNDR 的值定义为 $\text{ATTNDR} = \text{atndr}$ bit/s。这一数据格式支持 ATNDR 的粒度 1 bit/s。

没有规定特殊值。

11.4.1.1.8 实际组合发信功率（ACTATP）

实际的组合发信功率（ACTATP）是在测量的时刻，由发送 PMD 功能发送到 U 接口塞尖和塞环上的总输出功率值（dB），发信 PMD 功能必须将 NOMATP（见 10.3.4.2.1）取为近端实际组合发信功率的最好估计值。

接收 PMD 功能必须将 NOMATP（见 10.3.4.2.1）作为远端实际组合发信功率的最好估计值。

VTU 必须在初始化期间，使用所指定的 g_i 值计算近端和远端的实际组合发信功率。测量可以自主更新，并且在传送数据时间期间必须根据请求进行更新。必须根据请求，将近端和远端的实际组合发信功率发送给近端 VME。近端 VME 必须在传送数据时间期间，根据请求将近端和远端的 ACTATP 发送给远端的 VME。

为了确定近端实际的组合发信功率（ACTATP），发信 PMD 功能必须首先接收从接收 PMD 功能来的比特和增益表。所以，在环路诊断模式期间， g_i 的值必须被定为 1（在 MEDLEY 集中的所有子载波）。

实际组合发信功率必须被表示成 10 比特的两两互补的有正负号的整数 *actatp*，而 ACTATP 的值规定为 $\text{ACTATP} = \text{actatp}/10$ dBm。

这一数据格式支持 ACTATP 的粒度 0.1 dB 和 ACTATP 的动态范围 62 dB (−31 到+ 31 dBm)。

表示为 $actatp = -512$ 的 ACTATP 值是一个特殊的值。它表示实际的组合发信功率超出了要表示的范围。

11.4.2 配置参数

11.4.2.1 发信机为参考的虚拟噪声 PSD

本节描述仅用于可选的 SNR 余量模式 $SNRM_MODE = 2$ 的发信机为参考的虚拟噪声 PSD 参数 TXREFVN。

11.4.2.1.1 参数TXREFVN的定义

配置参数 TXREFVN 规定了在确定 SNR 余量时要使用的发信机为参考的虚拟噪声 PSD。

当 $SNRM_MODE = 2$ 时, CO-MIB 必须为每一被利用的频带提供一个 TXREFVN 参数的集。

在 CO-MIB 中, 发信机为参考的虚拟噪声 PSD 必须用一套转折点加以规定。

每一转折点必须由子载波指数 t_n 和噪声 PSD(用 dBm/Hz 表示)所组成。每一被利用的频带的 TXREFVN 参数必须是一套转折点, 它们用 $[(t_1, PSD_1), (t_2, PSD_2), \dots, (t_n, PSD_n), (t_{NBP}, PSD_{NBP})]$ 来表示。其中 t_1 和 t_{NBP} 分别是该频带的下边缘频率和上边缘频率。

子载波指数 t_i 必须在 CO-MIB 中被编码为无符号的整数, 其范围为 $t_1 = roundup(f_x/Df)$ 到 $t_{NBP} = rounddown(f_{x+1}/Df)$, 而 f_x, f_{x+1} 是由所应用的频率规划所确定并在 7.1 中所规定的低端和高端的频带分隔频率, 并且 $Df = 4.3125$ kHz。转折点必须规定得使得在 $n=1$ 到 $N-1$ 情况下, $t_n < t_{n+1}$; 与指数 t_n 相应的频率 f_n 可以按照 $f_n = t_n \times Df$ 来求出。 Df 的值与 DMT 调制所用的子载波间隔 Δf 无关。当 VTU 以子载波间隔 8.625 kHz 工作时, VTU 必须用往下取整的方法, 将 t_i 的所有奇数值变换到下一个更小的偶数值, 并且必须把值 t_1 和 t_{NBP} (分别往上和往下) 取整到偶数值。

发信机为参考的虚拟噪声 PSD 的值必须被编码为 8 比特的无符号的整数, 表示虚拟噪声 PSD 从 −40 dBm/Hz (编码为 0) 到 −140 dBm/Hz (编码为 200), 步长为 0.5 dBm/Hz。数值从 201 到 255 (包含 201 和 225) 相当于虚拟噪声 PSD 为 0 Watt/Hz (负无穷大 dBm/Hz)。

下行和下行中的转折点的最大数目分别是 32 和 16。

下行方向中的参数是 TXREFVNds, 而上行方向中的参数是 TXREFVNus。

11.4.2.1.2 参数TXREFVN的使用

每一子载波 i 的发信机为参考的虚拟噪声 PSD 必须按下面的公式在线性频率标度上用线性内插法 (用 dB) 求得:

$$TX_referred_Virtual_Noise_PSD(i) = PSD_n + (PSD_{n+1} - PSD_n) \times \frac{\left(\frac{i * \Delta f}{Df}\right) - t_n}{t_{n+1} - t_n} \quad t_n < \left(\frac{i * \Delta f}{Df}\right) \leq t_{n+1}$$

式中: Δf 是 DMT 调制使用的实际子载波间隔。

近端收发信机必须应用在星座解码器点上的 Received_Virtual_Noise_PSD(见 11.4.1.1.6.1.2) (即收发信机不必要计及从一个子载波到另一个子载波的 DFT 泄漏效应)。在 CO-MIB 中设置 TXREFVN 时, 要考虑到所有的效应。

注 1— 上面的方法等效于近端收发信机在星座解码器上, 使用下面的指数为 i 的子载波的 Virtual_Noise_SNR (i) 计算它的比特载荷 (所有项都用 dB 表示):

$$\text{Virtual_Noise_SNR}(i) = S_{tx}(i) - N_{tx}(i) + 20 \times \log_{10}(g_i)$$

其中:

$$S_{tx}(i) = \text{MREFPSD}(i)$$

$$N_{tx}(i) = \text{TX_referred_Virtual_Noise_PSD}(i)$$

而 MREFPSD(i)是在远端发信机上, 指数为 i 的子载波的 MEDLEY 参考 PSD 值, 它是用在初始化期间在 O-PRM 和 R-PRM 消息中所交换的 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD) 信息的转折点, 通过内插法得到的。

TX_referred_Virtual_Noise_PSD(i)是指数 i 的子载波的发信机为参考的虚拟噪声 PSD 的值, 它是用在初始化期间在 O-SIGNATURE 消息中的 TXREFVN 的转折点信息, 通过内插法得到的。

g_i 是按 10.3.4 中的规定的指数 i 子载波的增益调整因子。

注 2— TXREFVN 的不适当的设置能够与如下一个或多个参数相互影响: 最高净数据速率、下行 SNR 最大余量、脉冲噪声保护和最大交织时延。这一影响能够导致高的发信功率电平, 从而可能导致在同一捆线中的其它线上的 DSL 经受高电平的串音。

12 链路激活方法和程序

12.1 概述

12.1.1 链路状态和定时图

VDSL2 的链路状态和激活/去激活程序在图 12-1 中做了说明。

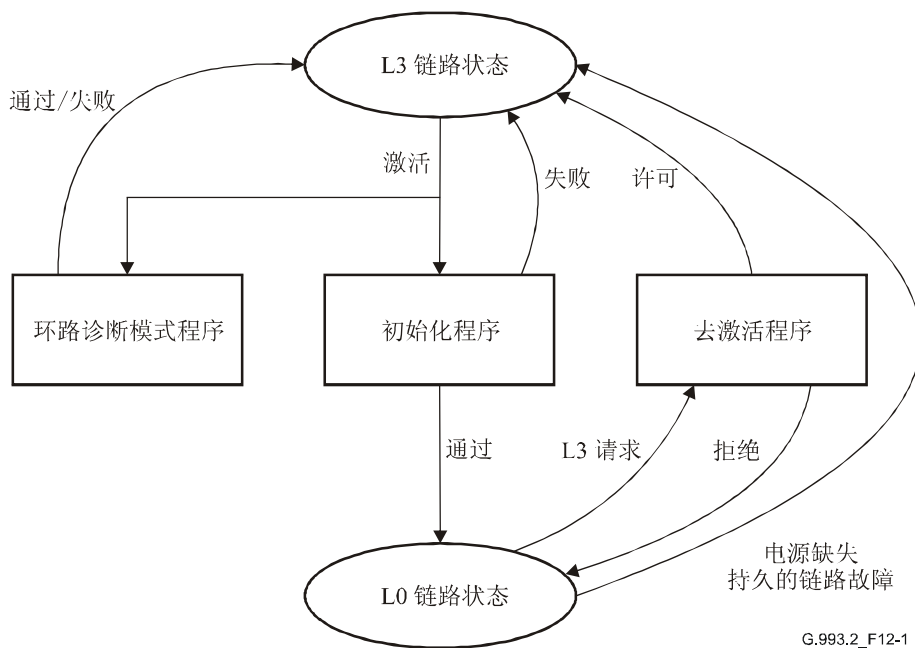


图 12-1/G.993.2—VDSL2链路状态和激活/去激活程序图

图 12-1 有两种链路状态 (L0 和 L3), 而且还包含允许调制解调器从一个链路状态改变到另一链路状态的程序。链路状态在椭圆形框中表示出来, 而程序在矩形框中表示出来。

12.1.2 链路状态

L3 是通过管理接口给调制解调器配置运营商所要求的业务的状态。在这一状态下, 调制解调器不发送任何信号。在 L3 链路状态中, VTU 可以决定使用初始化程序。接收要激活的更高层信号的 VTU 必须使用在 12.3 中所规定的初始化程序。检测到 U 接口上的初始化程序 (如激活) 的信号, VTU 必须以使用初始化程序作为响应; 如果未被激活, VTU 必须保持在 L3 链路状态。

L0 状态是初始化程序已成功地完成以后所达到的状态。在这一状态中, 链路必须传送具有标准的性能特性的用户信息。在传送数据时间期间, 调制解调器必须根据导向电源撤除 (L3 请求—见 11.2.3.9)、电源缺失或持久性的链路故障返回到 L3 状态。

12.1.3 初始化程序

在初始化程序的 G.994.1 握手阶段期间, VTU 交换能力的列表, 并使用 G.994.1 协议, 对训练和工作的公共模式协商一致。G.994.1 握手阶段成功完成将或者转到初始化的信道发现阶段或者转到环路诊断模式 (取决于所选择的那种状态)。G.994.1 握手阶段的失败导致返回到 L3 状态。握手程序在 12.3.2 和 ITU-T G.994.1 建议书[2]中做了描述。

在初始化的信道发现、训练和信道分析和交换阶段期间, 在确定了公共的工作模式以后, VTU 训练它们各自的收发信机。在这些阶段期间, 收发信机确定用于传送数据时间工作的信道条件、交换参数等。在成功地完成了初始化程序以后, 收发信机转换到 L0 状态 (传送数据时间)。一旦初始化程序未成功地完成, VTU 就恢复到 L3 状态。各初始化阶段在 12.3.3 到 12.3.5 中做了描述。

12.1.4 去激活、电源缺失和持久性链路故障

去激活程序有可能使链路按顺序停止工作。调制解调器必须遵循 11.2.3.9 中所描述的程序从 L0 状态转变到 L3 状态。

在接收电源缺失 (电源缺失) 或永久性链路故障情况下, VTU 从状态 L0 转换到 L3 状态。

当判定了一个持久性的 LOS 故障时, VTU 必须判定电源缺失。在 *los* (见 11.3.1.3) 依然存在的条件下, 近端 LOS 故障 2.5 ± 0.5 秒以后, 就判定为持久性的 LOS 故障。在连续的 *los* 出现 2.5 ± 0.5 秒以后或者当已经满足 LOF 故障判定标准时存在 *los* (见下面定义的 LOF 故障定义), 则判定 LOS 故障。在没有 *los* 10 ± 0.5 秒以后, 判定为 LOS 故障消除。

当判定了一个持久性的 LOF 故障时, VTU 必须判定为持久性的链路故障。在 *sef* (见 11.3.1.3) 依然存在的条件下, LOF 故障 2.5 ± 0.5 秒以后就判定为持久性的 LOF 故障。在连续的近端 *sef* 2.5 ± 0.5 秒以后, 除了存在 *los* 或 LOS 故障 (见上面的 LOS 故障的定义) 外, 判定为 LOF 故障。当判定了 LOS 故障或没有 *sef* 10 ± 0.5 秒以后, 清除 LOF 故障。

12.1.5 环路诊断程序

环路诊断模式用于在没有转换到 L0 状态下，确定在环路两端上的信道条件。调制解调器在完成环路诊断模式以后，将恢复到 L3 状态。环路诊断模式在 12.4 中做了描述。

12.2 专用操作信道 (SOC)

SOC 在 VTU-O 和 VTU-R 之间提供消息的双向通信，以便支持初始化、快速启动和环路诊断程序。

SOC 有 2 个状态，激活状态和非激活状态。它的状态由各初始化阶段所确定，并在图 12-4、12-7 和 12-9 中的定时图中表示出来和在 12.3.3、12.3.4 和 12.3.5 中的信号和消息汇总表中做了描述。

12.2.1 消息格式

SOC 必须使用具有字节填充（字节透明）和帧校验序列（FCS）的 HDLC 类似的格式，以便按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]的规定，监视误码。

HDLC 帧的结构必须按照图 12-2 的说明。

字节大小	含义	值
1	标志	7E ₁₆
1	地址域	消息指数
1	控制域	段指数
最大1024	信息净负荷	净负荷字节
1	帧校验序列	FCS
1	帧校验序列	FCS
1	标志	7E ₁₆

图 12-2/G.993.2—在SOC协议中使用的HDLC帧的结构

消息的指数决定于证实的模式（即 AR 或 RQ）和消息是否重复。它在 12.2.2 中作出规定。

按照 12.2.6 中的描述，段的指数是为了便于消息分段。若没有使用分段，段指数必须设置为 11₁₆。在单个 HDLC 帧中所发送的（在字节填充以前）的 SOC 字节数目不得超过 1024。

12.2.2 通信协议

SOC 必须使用自动重复（AR）模式或重复请求（RQ）模式。

12.2.2.1 自动重复（AR）模式

在 AR 模式中，在 HDLC 中所封装的消息必须自动重复。在连续的帧之间，必须至少插入 4 个空闲帧（7E₁₆）。

在 AR 模式中，消息指数必须总是设置为 01₁₆。若消息没有分段，则段指数必须设置为 11₁₆，并且消息做了分段，就按照 12.2.6 中的规定。

表 12-1 表示了 AR 模式中的每一 HDLC 帧的结构。

表12-1/G.993.2—在AR模式中的HDLC帧

域	内 容
标志	7E ₁₆
消息指数	01 ₁₆
段指数	11 ₁₆ , 若不分段 按 12.2.6, 若分段
信息净负荷	可变, 最大 1024 字节
FCS	可变
FCS	可变
标志	7E ₁₆

在 AR 模式中, 发送一个消息必须以收到一个消息的证实作为终结。证实可以在任何时间发出。

12.2.2.2 重复请求 (RQ) 模式

在 RQ 模式中, 在 HDLC 帧中所封装的每一消息必须只发送一次。然而, 当预测的消息有了一个错误的 FCS 或者当超时时限已经到期时, 则预测消息的 VTU 必须有机会请求远方用发出 O/R-REPEAT_REQUEST 消息的方法重复该消息。在两次不成功的 O/R-REPEAT_REQUEST 尝试以后, 必须中止激活 (即看作一次不成功的激活)。超时时限值必须为 2 秒。当 VTU 发出了消息 (段) 的最后一个字节时, VTU 必须启动超时计数器。当它接收到所预期的进来的消息 (段) 的控制域时, 停止该计数器计数。对于 SOC 的激活/去激活后面的第 1 个消息 (段), VTU 必须根据在 12.3.3, 12.3.4 和 12.3.5 中所规定的专用消息交换协议从这一激活时间到接收到该消息 (段) 的控制域进行超时计数。

在 RQ 模式中, VTU 在接收到前面发出的消息 (段) 证实以前, 不得发消息 (段)。这一证实消息可能是依据特定的初始化阶段的消息交换协议的一个消息, 或者是按照 12.3.3, 12.3.4 和 12.3.5 中所描述的一个专用信号 (O-P-SYNCHRO 或 R-P-SYNCHRO)。一旦收到证实消息, 消息 (段) 不得再重发。

一进入 RQ 模式, 开始时, 必须把消息指数设置为 01₁₆, 而且收到一条消息的证实时, 消息指数必须增加 1。在溢出的情况下, 该指数必须抱合起来。值 00₁₆ 有下面所描述的特殊意义, 并且必须跳过去。这就意味着指数值 FF₁₆ 后面必须是 01₁₆。若接收到 O/R-REPEAT_REQUEST 消息, 指数不得加增量。若消息不分段, 段指数必须被设置为 11₁₆, 并且若消息分了段, 则按照 12.2.6 中的规定。若消息段被重发, 消息指数和消息段的段指数不得改变。

在 O/R-REPEAT_REQUEST 消息的消息指数和段指数必须设置为 00₁₆。接收机必须忽略这些域 (因为在一个时间上, 只能有一个已证实的消息或段)。

12.2.3 SOC数据的映射

SOC 必须包含整数个字节。所有的字节必须首先发 LSB。SOC 消息可能被细分为多个域。域可以包含用多于一个字节表示的参数值。在这一情况下, 该域必须被分为多个字节, 其中有包含首先发出的参数值的 MSB 的字节。例如, 载送 16 比特的值 m_{15}, \dots, m_0 的域必须被分为两个字节, 第 1 个字节 $B_0 = m_{15}, \dots, m_8$ 和第 2 个字节 $B_1 = m_7 \dots m_0$ 。在 12.3.3, 12.3.4 和 12.3.5 中, 详尽地给出了特殊消息用的域的描述。在为特殊消息规定的域后面的所有域都必须被忽略。

注一 若本建议书的将来版本将在早已定义的域上加了额加的域，则由于反向兼容性的原因，必须把这些域添加到现在已定义的域上。

某些 SOC 消息可能包含几个域。某些域可以被合并起来，形成一个逻辑上的实体，称为宏域，例如“PSD 描述符”和“频带描述符”。它们在 12.3.3.2.1.1 中做了描述。

12.2.4 SOC空闲 (O-IDLE, R-IDLE)

当 VTU-O 的 SOC 处于激活状态，但是空闲（即它没有消息发送）时，它必须发送 O-IDLE。同样，当 VTU-R 的 SOC 处于激活状态，但是空闲时，VTU-R 必须发送 R-IDLE。

O-IDLE 和 R-IDLE 必须由 HDLC 标志：7E₁₆ 所组成。这一字节必须重复发送，以代替 HDLC 帧。

12.2.5 SOC消息

12.2.5.1 消息码

每一 SOC 消息的信息净荷必须包含识别消息类型的一个独特码的一个字节的域。对于一个字节的消息，消息码是该消息的全部内容。所有已定义的消息的消息码如表 12-2 所示。

注一 除具有特殊消息码的 O/R-REPEAT_REQUEST 和 O/R-ACK-SEG 外，由 VTU-O 所发送的消息有等于“0”的 MSB，而由 VTU-R 所发送的消息有等于“1”的 MSB。

表 12-2/G.993.2—SOC消息的消息码

SOC消息	消息码	注
O/R-REPEAT_REQUEST	55 ₁₆	(注)
O/R-ACK-SEG	0F ₁₆	(注)
VTU-O 消息		
O-ACK	00 ₁₆	(注)
O-SIGNATURE	01 ₁₆	见 12.3.3.2.1.1
O-UPDATE	02 ₁₆	见 12.3.3.2.1.2
O-MSG 1	03 ₁₆	见 12.3.5.2.1.1
O-PRM	04 ₁₆	见 12.3.3.2.1.3
O-TA_UPDATE	05 ₁₆	见 12.3.4.2.1.1
O-TPS	06 ₁₆	见 12.3.5.2.1.2
O-PMS	07 ₁₆	见 12.3.5.2.1.3
O-PMD	08 ₁₆	见 12.3.5.2.1.4
O-PRM-LD	09 ₁₆	见 12.4.2.1.1
O-MSG-LD	0A ₁₆	见 12.4.3.1.1

表 12-2/G.993.2—SOC消息的消息码

SOC消息	消息码	注
VTU-R 消息		
R-ACK	80 ₁₆	(见注)
R-MSG 1	81 ₁₆	见 12.3.3.2.2.1
R-UPDATE	82 ₁₆	见 12.3.3.2.2.2
R-MSG 2	83 ₁₆	见 12.3.5.2.2.1
R-PRM	84 ₁₆	见 12.3.3.2.2.3
R-TA_UPDATE	85 ₁₆	见 12.3.4.2.2.1
R-TPS-ACK	86 ₁₆	见 12.3.5.2.2.2
R-PMS	87 ₁₆	见 12.3.5.2.2.3
R-PMD	88 ₁₆	见 12.3.5.2.2.4
R-PRM-LD	89 ₁₆	见 12.4.2.1.2
R-MSG-LD	8A ₁₆	见 12.4.3.1.2
注 — 这是消息的整个净负荷。		

12.2.5.2 O/R-REPEAT_REQUEST

按照 12.2.2.2 中的描述, 在 RQ 模式中, 必须使用这个消息来请求远方一侧重发最后一个证实消息(段)。消息的格式必须按照 12.2.1 中的规定, 而净负荷必须按照表 12-2 中的规定。

在 AR 模式中, O/R-REPEAT_REQUEST 消息必须被忽略。

12.2.5.3 O/R-ACK-SEG

在 RQ 模式中, 必须使用这个消息来证实收到了按照 12.2.2.2 中所描述的一个分段的消息的中间段。该消息的格式必须按照 12.2.1 中的规定, 而净负荷必须按照表 12-2 中的规定。

在 AR 模式和当不使用分段时, 必须忽略任何 O/R-ACK-SEG 消息。

12.2.5.4 VTU-O和VTU-R消息

这些消息在 12.3.3、12.3.4 和 12.3.5 中做了详尽的描述。

12.2.6 消息的分段

比容许的最大长度(1024 字节)更长的消息必须在传输以前分段。为了改善健壮性, 比 1024 字节短的消息也可能分段。为了有可能分段, 在 HDLC 帧的控制域中包含段指数。这个域的 4 个 MSB 必须表示该消息已被分成段的段数, 最多有 15 段。这一域的 4 个 LSB 必须表示当时段的指数, 从 1₁₆ 开始。例如, 段的指数 93₁₆ 表示总共 9 个段的第 3 段。在消息不分段的情况下, 该域的值必须是 11₁₆。

在 RQ 模式中, 对除最后一段以外的所有段都必须发送证实消息(O/R-ACK-SEG)。一般, 最后一段发出消息结束的信号, 所以, 它将用对该消息的应答作为证实消息。为了证实收到了其它段, 必须使用 O/R-ACK-SEG 消息(见表 12-2)。O/R-ACK-SEG 消息必须有根据 12.2.2.2 中规定的通用规则所支配的它的消息指数, 并且当收到了一个新段时, 指数必须增加 1。每一个 O/R-ACK-SEG 消息的段指数必须设置为 11₁₆。一旦收到了被证实的消息, 这些段不得被重发并且不得请求重新传输。

在 AR 模式中，必须用同样的方式进行分段，但是在同一消息的不同段之间将没有证实消息 (O/R-ACK-SEG)。各个段必须按序列次序发送出去。所有的段必须在该消息被重复以前发送出去。

12.3 初始化程序

12.3.1 概述

一对 VTU-O/VTU-R 的初始化包含下列主要任务：

- 公共工作模式的定义（简表、频带规划和基本调制参数的参数值）；
- 同步（取样时间定位和符号定位）；
- 传输参数从 VTU-O 传递到 VTU-R，包括在所要使用的 PSD 掩模上的信息、要保护的 RFI 频带（例如业余无线电频带）和两个传输方向上的目标数据速率；
- 信道识别；
- 噪声识别；
- 编帧器、交织器和编码参数的计算以及比特加载和增益表；和
- 调制解调器参数（包含 RS 设置、交织参数、编帧器设置、比特加载和增益表）的交换。

在 G.994.1 握手阶段期间，必须协商公共工作模式。诸如 PSD 掩模、要开凹口的 RFI 频带的位置和目标数据速率之类参数都必须一开始就可以通过 MIB 在 VTU-O 上得到。

图 12-3 中的时间线提供了包含 4 个阶段的初始化程序的概貌。在最初的 G.994.1 握手阶段后面，在信号发现阶段期间，应用上行功率回退并在 VTU-O 和 VTU-R 之间建立全双工链路，以便设置发信信号的 PSD 和主要调制参数。在训练阶段期间，可以训练任何一个时域均衡器 (TEQ) 和回波抵消器，并重新修正时间提前量。在信道分析和交换阶段期间，两个调制解调器必须测量信道的特性和交换在传送数据时间中要使用的参数。

VTU-O

G.994.1握手 (12.3.2)	信道发现 (12.3.3)	训练 (12.3.4)	信道分析和交换 (12.3.5)
-----------------------	------------------	----------------	---------------------

VTU-R

G.994.1握手 (12.3.2)	信道发现 (12.3.3)	训练 (12.3.4)	信道分析和交换 (12.3.5)
-----------------------	------------------	----------------	---------------------

图 12-3/G.993.2—初始化程序的概貌

在一个阶段中所有任务已经完成以后，必须转换到初始化的下一阶段。为每一阶段规定了超时的时限，以避免初始化程序中止。违反了时限的要求或者没有能力完成任务会导致激活过程中止（不成功的激活）。

在发现了下面任一事件以后，必须立即中止初始化程序：

- 任一阶段的超时；
- 在任何阶段，漏掉或者未完成任务；
- 在任何阶段，违反初始化协议（包括证实一个 SOC 消息的时限）；或者
- 检测出 250 ms 的不按程序的静默。

在所有阶段中，当 VTU 进入该阶段时，超时计数器必须开始计数，而且 VTU 一完成该阶段的任务，超时计数器就必须复位。对超时时限，必须使用下面的数值：

- G.994.1 握手阶段：按照 ITU-T G.994.1 建议书[2]中的规定；
- 信道发现阶段：10 秒
- 训练阶段：10 秒；和
- 信道分析和交换阶段：10 秒。

在初始化的所有各个阶段期间，除了 G.994.1 握手阶段以外，在 VTU-O 和 VTU-R 之间的信息交换必须在 12.2 中所定义的专用工作信道（SOC）上，使用发消息的协议来完成。

12.3.2 G.994.1握手阶段

ITU-T G.994.1 建议书[2]规定了 G.994.1 握手阶段的详细程序。

12.3.2.1 握手 — VTU-O

VTU-O 在开电源、信号丢失或者初始化程序期间从差错中恢复以后，都必须进入初始的 G.994.1 的状态，C-SILENT1。VTU-O 可以激活该链路或者用转换到 C-TONES 的方法，对 R-TONES-REQ 作出响应（VTU-R 初始激活）。然后，必须根据 ITU-T G.994.1 建议书[2]的程序进行工作。

若 G.994.1 的程序选择本建议书作为工作的模式，则在 G.994.1 工作结束时，VTU-O 必须继续 G.993.2 的初始化。

12.3.2.1.1 CL消息

若 VTU-O 想要在 G.994.1 的 CL 消息中指示 G.993.2 有能力，则根据表 11.0.4/G.994.1[2]的规定，VTU-O 必须用将 G.993.2 的 SPar(1)比特设置为“1”的方法来实现。与 G.993.2 SPar(1)比特相应的 NPar(2)（表 11.67/G.994.1[2]）和 SPar(2)（表 11.68/G.994.1[2]）域分别在表 12-3 和 12-4 中做了定义。对于每一个设置为 1 的 G.993.2 的 SPar(2)比特，相应的 NPar(3)域也必须存在（在 9.4/G.994.1[2]中的表 11.68.1 的开头）。表 12-5 列出了 VTU-O CL NPar(3)域的定义和编码。

表 12-3/G.993.2—VTU-O CL消息的NPar(2)比特定义

G.994.1 NPar(2)比特	NPar(2)比特的定义
全数字模式	若设置为“1”，表示 VTU-O 支持全数字模式。
下行虚拟噪声的支持	若设置为“1”，表示 VTU-O 支持使用下行虚拟噪声机制。
线路探测	在 VTU-O CL 消息中，总是设置为“1”。
环路诊断模式	在 VTU-O 请求环路诊断模式，设置为“1”。

表 12-4/G.993.2—VTU-O CL消息SPar(2)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	Spar(2)比特的定义
简表	总是设置为“1”。
上行频带	总是设置为“1”。
下行频带	总是设置为“1”。
RFI 频带	若设置为“1”，表示能够减小 RFI 频带的发信 PSD。 若设置为“0”，表示不能减小 RFI 频带的发信 PSD。（注 1）
初始 IDFT 大小（ $2N$ ）	总是设置为“1”。
CE 长度	若设置为“0”，表示对 IDFT 大小等于 $2N$ 时，VTU-O 只能够支持强制的 CE 长度 $5N/32$ 。 若设置为“1”，表示 VTU-O 除了支持强制的值外，还支持可选的 CE 长度。
附件 A US0（注 2）	若设置为“1”，表示相应的 NPar(3)必须指示出 VTU-O 支持附件 A 中所描述的哪一 US0 PSD 掩模。
附件 B US0（注 2）	若设置为“1”，表示相应的 NPar(3)必须指示出 VTU-O 支持附件 B 中所描述的哪一 US0 PSD 掩模。
附件 C US0（注 2）	若设置为“1”，表示相应的 NPar(3)必须指示出 VTU-O 支持附件 C 中所描述的哪一 US0 PSD 掩模。
注 1 — RFI 频带必须应用于两个传输方向。	
注 2 — 这些比特中至少有一个比特必须设置为“1”。	

表 12-5/G.993.2—VTU-O CL消息NPar(3)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	NPar(3)比特的定义
简表	由 8 比特域中的一个比特表示每一个有效的简表。有效的简表是：8a、8b、8c、8d、12a、12b、17a 和 30a。通过将相应的比特设置为“1”表示由 VTU-O 所支持的每一个简表。
上行频带	对于按照在地区性附件中所规定的一给定的频率规划，NPar(3)域必须包含所有上行频带。该频带以升序，从 f_2 （根据图 7-1 所示）开始和在表示对其支持最高频率简表所要求的最高频带上结束。可以规定最多 4 个上行频带。每一频带必须用一个起始子载波指数和一个终止子载波指数来规定，每一指数使用 13 比特。子载波指数必须表示 4.3125 kHz 的子载波间隔。
下行频带	对于按照在地区性附件中规定的一给定的频率规划，这一 NPar(3)域必须包括所有下行频带。以升序，在 f_1 （按照图 7-1 所示）开始，并在表示支持的最高频率简表所要求的最高频带结束。可以规定最多 4 个频带。每一频带必须由起始子载波指数和结束子载波指数来规定，每一子载波指数使用 13 比特。子载波指数必须代表 4.3125 kHz 的子载波间隔。

表 12-5/G.993.2—VTU-O CL消息NPar(3)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	NPar(3)比特的定义
RFI 频带	这一 NPar(3)必须以升序表示每一 RFI 频带的开始子载波指数和结束子载波指数。在这一频带中, 发信 PSD 要减少到低于-80 dBm/Hz。每一指数由 13 比特表示。最多可以定义 16 个 RFI 频带。子载波的指数必须表示 4.3125 kHz 的子载波间隔。
初始的 IDFT 大小 (2N)	这一 NPar(3)表示在信道发现阶段开始时, VTU-O 必须使用的初始的下行 IDFT 的大小, 它被编码为从 7 到 13 代表 n 的数, 而 IDFT 的大小 $2N=2^n$ 。
CE 长度	这一 NPar(3)是一个代表有效的 CE 长度的 15 比特的域: $2N/32, 3N/32, 4N/32, \dots, 16N/32$ 。对 VTU-O 能够支持的每一 CE 长度, 相应的比特必须被设置为“1”。与 $5N/32$ 相应的比特必须总是被设置为“1”。
附件 A US0	将附件 A US0 能力进行编码的 5 个字节的参数块。这一块必须按如下规则编码: <ul style="list-style-type: none"> — 第 1 字节的 1-6 比特和第 2 字节的 1-3 比特必须设置为“1”, 以表示 VTU-O 支持附件 A US0 EU 掩模。 — 第 3 字节的 1-6 比特和第 4 字节的 1-3 比特必须设置为“1”, 以表示 VTU-O 支持附件 A US0 ADLU 掩模。 — 第 5 字节的比特 1 必须被设置为“1”, 以表示对简表 12b, VTU-O 也支持所有所支持的附件 A 的 US0 掩模。若支持简表 12b, 可以将这一比特设置为“1”。 — 第 5 字节的比特 2 必须设置为“1”, 以表示对简表 17a, VTU-O 还支持所有被支持的附件 A 的 US0 掩模。若支持简表 17a, 可以将这一比特设置为“1”。
附件 B US0	将附件 B US0 能力进行编码的一个 2 个字节的参数块。这一参数块必须按下面的规则进行编码: <ul style="list-style-type: none"> — 第 1 字节的比特 1-3 必须设置为“1”, 以表示 VTU-O 支持附件 B 的 US0 掩模。 — 第 2 字节的比特 1 必须设置为 1, 以表示对简表 12b, VTU-O 还支持所有被支持的附件 B 的 US0 掩模。若支持简表 12b, 这一比特可以设置为“1”。 — 第 2 字节的比特 2 必须设置为“1”, 以表示对简表 17a, VTU-O 还支持所有所支持的附件 B 的 US0 掩模。若支持简表 17a, 这一比特可以设置为“1”。
附件 C US0	一个字节的参数块。附件 C US0 PSD 掩模要进一步研究。

12.3.2.1.2 MS消息

VTU-O 在 G.994.1 MS 消息中选择 G.993.2 工作模式的情况下, 必须按照表 11.0.4/G.994.1[2]中的规定, 将 SPar(1) G.993.2 比特设置为“1”来实现。与这一比特相对应的 NPar(2) (表 11.67/G.994.1[2]) 和 SPar(2) (表 11.68/G.994.1[2]) 域分别在表 12-6 和 12-7 中作出了规定。对于设置为“1”的每一个 G.993.2 SPar(2)比特, 也必须有相应的 NPar(3)域(以 9.4/G.994.1[2]中的表 11.68.1 作开头)。表 12-8 表示了 VTU-O MS NPar(3) 域的定义和编码。

表 12-6/G.993.2—VTU-O MS消息NPar(2)比特定义

G.994.1 NPar(2)比特	NPar(2)比特的定义
全数字模式	若并且只有若前面的最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，则设置为“1”。若设置为“1”，表示 VTU-O 和 VTU-R 都必须对全数字模式中工作进行配置。
下行虚拟噪声的支持	若并且只有若前面的最后一个 CLR 消息和前面最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，则设置为“1”。表示可能使用下行虚拟噪声机制。
线路探测	若并且只有若前面的最后一个 CLR 消息和前面的最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，就设置为“1”。表示初始化的信道发现阶段，必须包含线路探测的步骤。
环路诊断模式	若前面最后一个 CLR 消息或者前面最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，就设置为“1”。表示两个 VTU 都必须进入环路诊断模式。

表 12-7/G.993.2—VTU-O MS消息SPar(2)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	SPar(2)比特的定义
简表	总是设置为“1”。
频带上行	总是设置为“0”。
频带下行	总是设置为“0”。
RFI 频带	总是设置为“0”。
初始的 IDFT 大小 (2N)	总是设置为“0”。
CE 长度	若并且只有若前面最后一个 CLR 消息和前面最后一个 CL 消息已经把这一比特设置为“1”，就必须设置为“1”。若设置为“1”，表示 VTU-O 和 VTU-R 两者所要使用的初始 CE 长度必须在相应的 NPar(3)域中进行交流。若设置为“0”，必须使用强制要求的值。
附件 A US0 (注)	若并且只有若前面最后一个 CLR 消息和前面最后一个 CL 消息都把这一比特设置为“1”，就可以设置为“1”。
附件 B US0 (注)	若并且只有若前面最后一个 CLR 消息和前面最后一个 CL 消息都把这一比特设置为“1”，就可以设置为“1”。
附件 C US0 (注)	若并且只有若前面最后一个 CLR 消息和前面最后一个 CL 消息都把这一比特设置为“1”，就可以设置为“1”。
注 — 这些比特中的一个并且只有一个比特必须设置为“1”。	

表 12-8/G.993.2—VTU-O MS消息NPar(3)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	NPar(3)比特的定义
简表	由一个 8 比特的域中的一个比特表示每一个有效的简表。有效的简表为：8a、8b、8c、8d、12a、12b、17a 和 30a。由 VTU-O 所选择的简表通过将它的相应比特设置为“1”来表示。
CE 长度	这一 NPar(3)是一个 15 比特的域，它代表有效的 CE 长度 $2N/32, 3N/32, 4N/32, \dots, 16N/32$ 。VTU-O 必须通过将与其所选择的初始 CE 长度相对应的那个比特设置为“1”来表示。所有其它比特必须设置为“0”。所选择的 CE 长度必须是在前面最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息中那个比特都被设置为“1”的那一长度。
附件 A US0 (注)	将附件 A US0 选择进行编码的一个 5 个字节的参数块。VTU-O 必须通过将与其那个 PSD 掩模的比特设置为 1 的方法，指示它选择的附件 A 的 US0 掩模。在这一 NPar(3)中不得把一个以上比特设置为“1”。若并且只有若在前面的最后一个 CLR 和前面的最后一个 CL 消息中，它都被设置为 1 并且所选择的简表通过在表 6-1 中它的定义明确地或含蓄地支持 US0，就必须将所选择的比特设置为“1”。第 5 字节的比特 1-2 必须总是设置为“0”。若所有比特都被设置为“0”，则不得激活该 US0 频带。
附件 B US0 (注)	将附件 B US0 的选择进行编码的 2 个字节的参数块。VTU-O 必须通过将与其那个 PSD 掩模相应的比特设置为“1”的方法，指示出它选择的附件 B 的哪一个 US0 PSD 掩模。在这一 NPar(3)中不得将一个以上比特设置为“1”。若并且只有若在前面的最后一个 CLR 和前面最后一个 CR 消息中，它都被设置为 1，并且所选择的简表通过在表 6-1 中它的定义明确地或含蓄地支持 US0，就必须将所选择的比特设置为“1”。第 2 字节的比特 1-2 必须总是设置为“0”。若所有比特都被设置为“0”，则不得激活该 US0 频带。
附件 C US0 (注)	一个字节的参数块。附件 C US0 PSD 掩模要进一步研究。
注 — 支持 US0 意思是 VTU-R 发送 US0 的能力和 VTU-O 接收 US0 的能力。	

12.3.2.2 握手 — VTU-R

在加电源、信号丢失或者在初始化程序期间从差错中恢复以后，VTU-R 必须进入初始的 G.994.1 状态，R-SILENT0。VTU-R 可以通过转换到 R-TONES-REQ，激活该链路。换句话说，VTU-R 一检测出 C-TONES (VTU-O 启动激活)，就可以转换到 R-TONE1。然后，必须继续根据 ITU-T G.994.1 建议书[2]中规定的程序进行工作。

若 G.994.1 的程序选择本建议书作为工作模式，在 G.994.1 工作结束时，VTU-R 必须继续 G.993.2 的初始化。

12.3.2.2.1 CLR消息

VTU-R 想要在 G.994.1 CLR 消息中指示 G.993.2 能力，就必须按照表 11.0.4/G.994.1[2]中的规定，通过将 G.993.2 SPar(1)比特设置为“1”来实现。NPar(2) (表 11.67/G.994.1[2]) 和 SPar(2) (表 11.68/G.994.1[2]) 域是与 G.993.2 SPar(1)比特相对应的，它们分别在表 12-9 和 12-10 中作出了定义。对于每一个设置为“1”的 G.993.2 SPar(2)比特，也必须呈现相应的 NPar(3)域 (在 9.4/G.994.1[2]中的表 11.68.1 的开头)。表 12-11 表示了 VTU-R CLR NPar(3)域的定义和编码。

表 12-9/G.993.2—VTU-R CLR消息NPar(2)比特定义

G.994.1 NPar(2)比特	NPar(2)比特的定义
全数字模式	若设置为 1, 表示 VTU-R 支持全数字模式。
下行虚拟噪声的支持	若设置为 1, 表示 VTU-R 支持使用下行虚拟噪声机制。
线路探测	若 VTU-R 请求在初始化中包括线路探测步骤, 则设置为“1”。
环路诊断模式	若 VTU-R 请求环路诊断模式, 设置为“1”。

表 12-10/G.993.2—VTU-R CLR消息SPar(2)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	SPar(2)比特的定义
简表	总是设置为“1”。
上行频带	总是设置为“0”。
下行频带	总是设置为“0”。
RFI 频带	总是设置为“0”。
初始的 IDFT 大小 ($2N$)	总是设置为“1”。
CE 长度	若设置为“0”, 表示在 IDFT 大小等于 $2N$ 的情况下, VTU-R 可能只支持强制性的 CE 长度 $5N/32$ 。若设置为“1”, 表示除了强制的 CE 长度外, VTU-R 支持可选的 CE 长度。
附件 A US0 (注)	若设置为 1, 表示相应的 NPar(3)必须指示出 VTU-R 支持在附件 A 中描述的哪一个 US0 PSD 掩模。
附件 B US0 (注)	若设置为 1, 表示相应的 NPar(3)必须指示出 VTU-R 支持在附件 B 中描述的哪一个 US0 PSD 掩模。
附件 C US0 (注)	若设置为 1, 表示相应的 NPar(3)必须指示出 VTU-R 支持在附件 C 中描述的哪一个 US0 PSD 掩模。
注 — 这些比特中至少一个比特必须设置为“1”。	

表 12-11/G.993.2—VTU-R CLR消息NPar(3)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	NPar(3)比特的定义
简表	每一有效的简表由一个 8 比特的域中的一个比特代表。有效简表是：8a, 8b, 8c, 8d, 12a, 12b, 17a 和 30a。由 VTU-R 所支持的每一简表通过将它的相应的比特设置为“1”来表示。
初始 IDFT 大小 (2N)	此 $DP_{ur}(3)$ 指示初始上行 IDFT 的大小，VTU-R 在信道发现阶段开始时必须采用，编码为代表 n 的数字 6 到 13，其中 IDFT 大小 $2N=2^n$ 。
CE 长度	NPar(3)是代表有效的 CE 长度 $2N/32, 3N/32, 4N/32, \dots, 16N/32$ 的一个 15 比特的域。对于每一个所支持的 CE 长度，相应的比特必须被设置为“1”。相应于 $5N/32$ 的比特必须总是设置为“1”。
附件 A US0	将附件 A US0 能力进行编码的一个 5 个字节的参数块。这一块必须按下面的规则进行编码： <ul style="list-style-type: none"> — 第 1 字节的比特 1-6 和第 2 字节的 1-3 比特必须被设置为“1”，以表示 VTU-R 支持附件 A US0 EU 掩模。 — 第 3 字节的比特 1-6 和第 4 字节的 1-3 比特必须被设置为“1”，以表示 VTU-R 支持附件 A US0 ADLU 掩模。 — 第 5 字节的比特 1 必须设置为“1”，以表示在简表 12b 中，VTU-R 还支持所有所支持的附件 A US0 掩模。若支持简表 12b，这一比特可以设置为“1”。 — 第 5 字节的比特 2 必须设置为“1”，以表示在简表 17a 中，VTU-R 还支持所有所支持的附件 A US0 掩模。若支持简表 17a，也可以将这一比特设置为“1”。
附件 B US0	将附件 B US0 的能力进行编码的 2 个字节的参数块。这一块必须按下面的规则进行编码： <ul style="list-style-type: none"> — 第 1 字节的 1-3 比特必须设置为“1”，表示 VTU-R 支持附件 B US0 的掩模。 — 第 2 字节的比特 1 必须设置为“1”，表示对简表 12b，VTU-R 还支持所有支持的附件 B US0 的掩模。若支持简表 12b，可以将这一比特设置为“1”。 — 第 2 字节的比特 2 必须设置为“1”，表示对简表 17a，VTU-R 还支持所有支持的附件 B US0 的掩模。若支持简表 17a，可以将这一比特设置为“1”。
附件 C US0	1 个字节的参数块。附件 C US0 PSD 掩模正在进一步研究。

12.3.2.2.2 MS消息

VTU-R 选择 G.994.1 MS 消息中的 G.993.2 工作模式，它必须根据表 11.0.4/G.994.1[2]通过将 G.993.2 SPar(1)比特设置为“1”来实现。与该 G.993.2 SPar(1)比特相应的 NPar(2)（表 11.67/G.994.1[2]）和 SPar(2)（表 11.68/G.994.1[2]）域分别在表 12-12 和 12-13 中作出了定义。对于设置为“1”的每一个 G.993.2 SPar(2)比特，也必须呈现相应的 NPar(3)域（在 9.4/G.994.1[2]中表 11.68.1 的开头）。表 12-14 说明了 VTU-R MS NPar(3)域的定义和编码。

表 12-12/G.993.2—VTU-R MS消息NPar(2)比特定义

G.994.1 NPar(2)比特	NPar(2)比特的定义
全数字模式	若并且只有若前面的最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息已经将这一比特设置为“1”，就设置为“1”。若设置为“1”，表示 VTU-O 和 VTU-R 都必须为以全数字模式工作进行配置。
下行虚拟噪声的支持	若并且只有若前面的最后一个 CLR 和前面的最后一个 CL 消息已经将这一比特设置为“1”，就设置为“1”。表示可以使用下行虚拟噪声机制。
线路探测	若并且只有若前面的最后一个 CLR 和前面的最后一个 CL 消息已经将这一比特设置为“1”，就设置为“1”。表示初始化的信道发现阶段必须包含线路探测步骤。
环路诊断模式	若并且只有若前面的最后一个 CLR 或最后 CL 消息已经将这一比特设置为“1”，就设置为“1”。表示两个 VTU 都必须进入环路诊断模式。

表 12-13/G.993.2—VTU-R MS消息SPar(2)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	SPar(2)比特的定义
简表	总是设置为“1”。
上行频带	总是设置为“0”。
下行频带	总是设置为“0”。
RFI 频带	总是设置为“0”。
初始的 IDFT 大小 (2N)	总是设置为“0”。
CE 长度	若并且只有若前面最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息都已经将这个比特设置为“1”，就必须设置为“1”。若设置为“1”，表示 VTU-O 和 VTU-R 都要使用的初始的 CE 长度必须在相应的 NPar(3)域中交流。若设置为“0”，则必须使用强制性的值。
附件 A US0 (注)	若并且只有若前面最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，就可以设置为“1”。
附件 B US0 (注)	若并且只有若前面最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，就可以设置为“1”。
附件 C US0 (注)	若并且只有若前面最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息都已经将这一比特设置为“1”，就可以设置为“1”。
注 — 这些比特中，必须将一个并且只有一个比特设置为“1”。	

表 12-14/G.993.2—VTU-R MS消息NPar(3)比特定义

G.994.1 SPar(2)比特	NPar(3)比特的定义
简表	每一有效的简表用 8 比特域中的一个比特代表。有效的简表是：8a、8b、8c、8d、12a、12b、17a 和 30a。VTU-R 所选择的简表由将它的相应比特设置为“1”来表示。
CL 长度	这一 NPar(3)是代表有效 CE 长度 $2N/32, 3N/32, 4N/32, \dots, 16N/32$ 的 15 比特的域。VTU-R 必须通过将所选择的 CE 长度相对应的那个比特设置为“1”表示出来。所有其它比特都必须被设置为“0”。所选择的 CE 长度必须是在前面的最后一个 CLR 和前面最后一个 CL 消息中都设置了“1”的那个比特的长度。
附件 A US0 (注)	将附件 A US0 选择进行编码的 5 个字节的参数块。VTU-R 必须通过将那个 PSD 掩模相对应的那个比特设置为“1”来表示它选择的附件 A US0 的掩模。在这一 NPar(3)中设置为 1 的比特不得多于一个。若并且只有若在前面的最后一个 CLR 和前面的最后一个 CL 消息中都将其设置为“1”，并且所选择的简表在表 6-1 中由它的定义明确地或含蓄地支持 US0，则所选择的比特必须被设置为“1”。第 5 字节的比特 1-2 必须总是被设置为“0”。若所有比特都被设置为“0”，则不得使用 US0 频带。
附件 B US0 (注)	将附件 B US0 选择进行编码的 2 个字节的参数块。VTU-R 必须通过将那个 PSD 相对应的那个比特设置为“1”来表示它选择的附件 B US0 掩模。在这一 NPar(3)中，被设置为“1”的比特不得多于 1 个。若并且只有若在前面的最后一个 CLR 和前面的最后一个 CL 消息中都把它设置为“1”，并且所选择的简表在表 6-1 中由它的定义明确地或含蓄地支持 US0，则所选择的比特必须被设置为“1”。字节 2 的 1-2 比特必须总是被设置为“0”。若所有比特都被设置为“0”，则不得使用 US0 频带。
附件 C US0 (注)	一个字节的参数块。附件 C US0 PSD 的掩模需进一步研究。
注 — US0 的支持的含义是 VTU-R 发送 US0 的能力和 VTU-O 接收它的能力。	

12.3.3 信道发现阶段

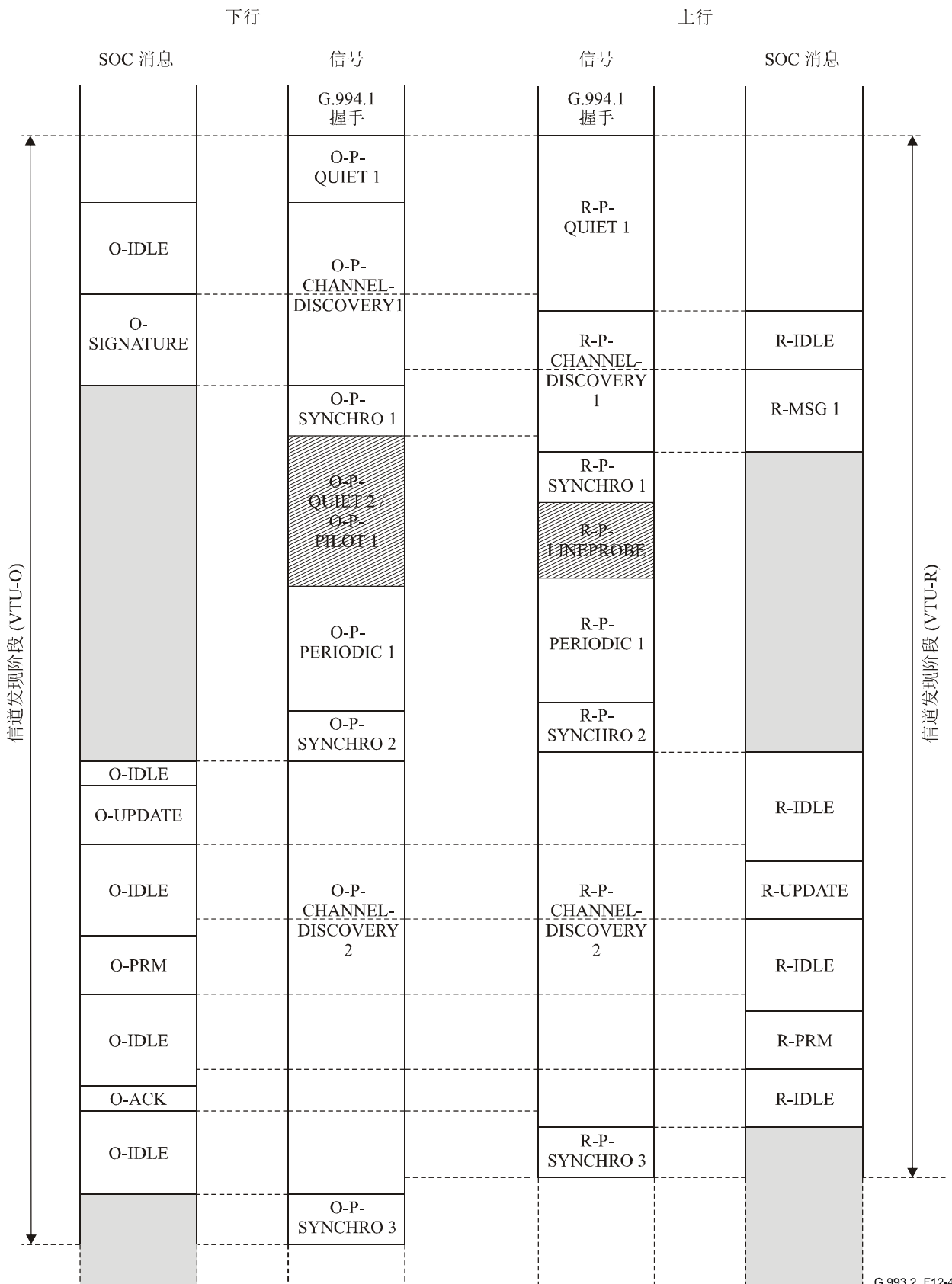
12.3.3.1 概述

信道发现阶段是 VDSL2 信号在调制解调器之间进行交换的第一个阶段。在信道发现阶段期间，完成下列任务：

- 定时恢复和选择导频单音；
- 调制解调器之间在 SOC 上建立通信；
- 为两个传输方向交换建立 PSD 所必需的信息；和
- 验证、调整和交换进入训练阶段所必需的各种不同的参数值（IDFT 大小，CE 长度、窗口长度和其它参数值）。

在信道发现阶段期间，VTU-R 必须根据该环路电长度的估计值和根据从 VTU-O 接收到的关于 UPBO 参考 PSD (UPBOPSD) 的各参数的值，确定所要求的 UPBO。两个 VTU 都可以完成附加的 PSD 降低。

图 12-4 介绍了信道发现阶段各个步骤的定时图。它给出了在信道发现阶段期间由 VTU-O 和 VTU-R 所发送的信号的序列和所发出 SOC 消息的序列。靠里面两列表示被发送的信号的序列（见 12.3.3.3）。靠外面两列表示在 SOC 上所发出的消息（见 12.3.3.2）。阴影的部分相当于 SOC 处于它的不激活状态时的时间周期。



G.993.2_F12-4

图 12-4/G.993.2—信道发现阶段各步骤的定时图

注 1 — 在图 12-4 中确定的 SOC 消息交换过程中，应用 12.2.2 的通信协议的规则。在 SOC 发出的某些消息可能需要分段。尽管这一点没有在图 12-4 中表示出来，分段的消息元和它们相应的证实消息要按照 12.2.2 的通信协议，通过 SOC 发出。

VTU-O 必须以 O-P-QUIET 1 开始信道发现阶段的起始点。在这一步骤期间，两个调制解调器都处于静默状态，并能够完成静默线路噪声的测量。O-P-QUIET 1 的持续时间必须至少 512 个符号，但不得长于 1024 个符号。在完成了 O-P-QUIET 1 的步骤以后，VTU-O 必须开始发送 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1。VTU-O 必须发送 O-IDLE，发送时间周期在 1500 和 2000 DMT 符号之间。然后，它必须发出它的第 1 个消息，O-SIGNATURE。O-SIGNATURE 必须按照 12.2.2.1 中的描述，以 AR 模式在 SOC 上发送，并且它载送表 12-17 中所列出的信息。

在 VTU-R 正确接收到 O-SIGNATURE 消息以前，VTU-R 必须用 R-P-QUIET 1（无信号）开始信道发现阶段。在 R-P-QUIET 1 步骤期间，在发送 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 以前，VTU-R 必须完成定时锁定。一收到 O-SIGNATURE 消息，VTU-R 有了所有必要的信息，包括计算完成 UPBO 所必需的 UPBO 参考 PSD (UPBOPSD) 的信息（见 7.2.1.3）。在完成 UPBO 以后，VTU-R 必须发送 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1。VTU-R 必须使用在 O-SIGNATURE 消息中接收到的初始时间提前量发送 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1。VTU-R 发送 R-IDLE 必须至少持续 512 个 DMT 符号的时间。然后，它必须以 AR 模式发出它的第 1 个消息，R-MSG1。VTU-R 必须一直发送 R-MSG1，直到 VTU-O 表明它已经正确地收到了 R-MSG1 为止。根据表 12-24 中的说明，R-MSG1 消息将向 VTU-O 传递上行 PSD 和其它 VTU-R 参数。

VTU-O 必须通过发送 O-P-SYNCHRO 1 表明正确接收到 R-MSG1 消息。若没有请求线路探测的步骤，O-P-SYNCHRO 1 后面必须传输 O-P-PERIODIC1。若请求了线路探测的步骤，VTU-O 必须在传输 O-P-SYNCHRO 1 结束以后，发送 O-P-QUIET 2/O-P-PILOT 1 并转变到 O-P-PERIODIC 1 的 640 符号。线路探测步骤的请求由 G.994.1 握手阶段的参数“Lineprobe”指示出来（见 12.3.2）。

VTU-R 必须在检测到 O-P-SYNCHRO 1 以后的 64 个符号的时间周期内，通过发送 R-P-SYNCHRO 1 来对 O-P-SYNCHRO1 作出应答。若没有请求线路探测步骤，这必须随后传输 R-P-PERIODIC 1 或者若请求了线路探测的步骤，传输 R-P-LINEPROBE。R-P-LINEPROBE 的持续期必须是 512 个符号。在 R-P-LINEPROBE 以后，VTU-R 必须发送 R-P-PERIODIC 1。

VTU-O 必须发送 O-P-PERIODIC 1，其持续时间 2048 个符号，并且然后必须转变到 O-P-SYNCHRO 2。VTU-R 必须发送 R-P-PERIODIC 1，其持续时间 2048 个符号，并且然后转换到 R-P-SYNCHRO 2。在发送 O-P-PERIODIC 1 和 R-P-PERIODIC 1 的时间周期期间，调制解调器可以完成 SNR 测量。

在传输 O-P-SYNCHRO 2 以后，VTU-O 必须立即发送 O-P-CHANNEL DISCOVERY 2，同时在 SOC 上发出 O-IDLE。

在检测到 R-P-SYNCHRO 2 和传输 O-P-SYNCHRO 2 结束以后，VTU-O 必须在 48 到 64 个符号的时间周期以后，发送 O-UPDATE，以便更新 VTU-R 的参数，特别是更新 VTU-R 的 PSD。O-UPDATE 消息可能还包含对 UPBO 设置的修正和附加的功率降低。由 O-UPDATE 传递的参数在表 12-21 中做了介绍。

从 VTU-O 来的 O-UPDATE 消息和所有随后的 SOC 消息必须用 12.2.2.2 中所描述的 RQ 协议，只发送一次，这就使得接收的 VTU 有可能要求重传未正确接收或丢失的消息。

在传输 R-P-SYNCHRO 2 以后, VTU-R 必须立即开始发送 R-P-CHANNEL DISCOVERY 2, 同时在 SOC 上发送 R-IDLE。从在 R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 期间所发出的那些消息开始, 由 VTU-R 发出的所有消息都必须使用 12.2.2.2 中所描述的 RQ 协议发送。

在 VTU-R 收到了 O-UPDATE 消息以后, 它必须发出 R-UPDATE, 以便请求更新 VTU-O 的下行 PSD 和其它参数, 其中可能包括下行功率降低。在 VTU-O 和 VTU-R 上要更新的参数表分别在表 12-26 和表 12-21 中列出。

VTU-O 必须证实 R-UPDATE 消息, 方法是在 SOC 上发送 O-PRM。O-PRM 必须保持在训练阶段要使用的最终的调制参数值和各 PSD 的值。O-PRM 的内容在表 12-22 中做了介绍。VTU-R 必须通过发出 R-PRM (见表 12-27) 证实 O-PRM。R-PRM 汇报 VTU-R 调制参数的设置, 包括在 O-UPDATE 中要更新的所请求的参数。

VTU-O 必须通过发出 O-ACK, 证实收到了 R-PRM 消息。一收到 O-ACK 消息, VTU-R 必须通过发送 R-P-SYNCHRO 3 完成在上行方向上的信道发现阶段。VTU-O 必须在 64 个符号的时间周期内发出 O-P-SYNCHRO 3 作为响应。O-P-SYNCHRO 3 的发送就完成了上行方向上的信道发现阶段。

在信道发现阶段期间协商好的相对于在 O-SIGNATURE 和 R-MSG 1 中指示的数值的所有参数值的变化和 PSD 变化, 必须从 O-P-SYNCHRO 3 后的第 1 个符号开始在下行方向上应用, 并且必须从 R-P-SYNCHRO 3 以后的第 1 个符号开始在上行方向上应用。

注 2 — 调制参数的改变 (如 CE 长度改变) 可能导致在下行方向上传输几个出错的符号和在 VTU-R 接收机上导致临时性的同步丢失。在训练阶段开始时, 有恢复同步的时间。

在信道发现阶段期间, 由 VTU-O 发出的信号和 SOC 消息汇总于表 12-15, 而在信道发现阶段期间, 由 VTU-R 所发出的信号和 SOC 消息汇总于表 12-16。在标有“SOC 状态”那一列的圆括号中, 提供了 (如可以适用) 了用于 SOC 消息协议。

表 12-15/G.993.2—在信道发现阶段中的VTU-O的信号和SOC消息

信 号	信号类型	有CE的DMT符号中的 信号持续期	SOC消息	SOC状态
O-P-QUIET 1	无	512 到 1024	无	不激活
O-P-CHANNEL DISCOVERY 1	非周期性的	可变	O-SIGNATURE	激活 (AR)
O-P-SYNCHRO 1	非周期性的	15	无	不激活
O-P-PILOT 1	非周期性的	640	无	不激活
O-P-QUIET 2	无	640	无	不激活
O-P-PERIODIC 1	周期性的	2048	无	不激活
O-P-SYNCHRO 2	非周期性的	15	无	不激活
O-P-CHANNEL DISCOVERY 2	非周期性的	可变	O-UPDATE, O-PRM, O-ACK	激活 (RQ)
O-P-SYNCHRO 3	非周期性的	15	无	不激活

表 12-16/G.993.2—在信道发现阶段的VTU-R信号和SOC消息

信号	信号类型	有CE的DMT符号中的信号持续期	SOC消息	SOC状态
R-P-QUIET 1	无	可变	无	非激活
R-P-CHANNEL DISCOVERY 1	非周期性	可变	R-MSG 1	激活 (AR)
R-P-SYNCHRO 1	非周期性	15	无	非激活
R-P-LINEPROBE	供货商自行决定	512	无	非激活
R-P-PERIODIC 1	周期性	2048	无	非激活
R-P-SYNCHRO 2	非周期性	15	无	非激活
R-P-CHANNEL DISCOVERY 2	非周期性	可变	R-UPDATE, R-PRM	激活 (RQ)
R-P-SYNCHRO 3	非周期性	15	无	非激活

12.3.3.2 在信道发现阶段期间的SOC消息交换

图 12-5 图解说明了在信道发现阶段，在 VTU-O 和 VTU-R 之间的 SOC 消息交换。它也汇总了每一消息的内容。

由 VTU-O 所发出的消息在 12.3.3.2.1 中做了详尽的描述。由 VTU-R 所发出的消息在 12.3.3.2.2 中做了详尽的描述。

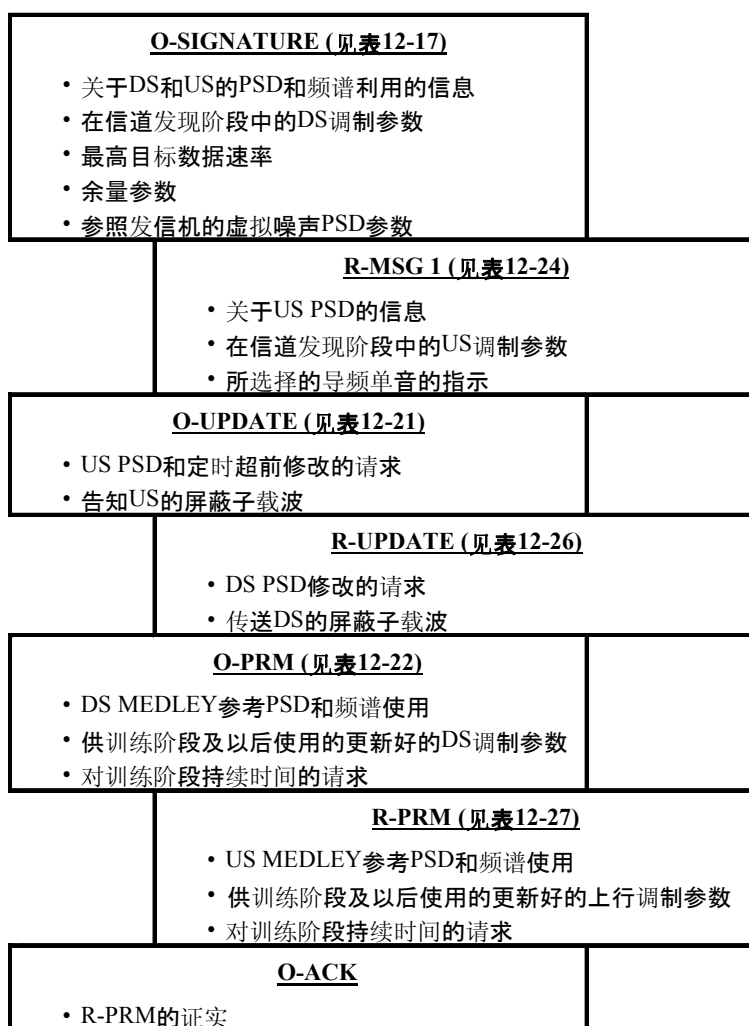


图 12-5/G.993.2—在信道发现阶段期间的SOC消息交换

12.3.3.2.1 在信道发现阶段期间发出的VTU-O消息

12.3.3.2.1.1 O-SIGNATURE

由 O-SIGNATURE 消息载送的参数总表示于表 12-17。

表 12-17/G.993.2—消息O-SIGNATURE的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	在下行方向上支持的子载波 (SUPPORTED CARRIERS _{ds} 集)	频带描述符
3	在上行方向上支持的子载波 (SUPPORTED CARRIERS _{Sus} 集)	
4	下行发信 PSD 掩模(PSDMASK _{ds})	PSD 描述符
5	上行发信 PSD 掩模(PSDMASK _{us})	
6	信道发现下行 PSD(CDPSD _{ds})	
7	初始的下行 PSD 上限(CDMAXMASK _{ds})	2 字节
8	下行标称最大组合发信功率(MAXNOMATP _{ds})	2 字节
9	UPBO 参考 PSD 的参数(UPBOPSD)	UPBOPSD 描述符
10	最高目标总数据速率	2 字节
11	下行最大 SNR 余量(MAXSNRM _{ds})	2 字节
12	下行目标 SNR 余量(TARSNRM _{ds})	2 字节
13	下行发信窗口长度(β_{ds})	1 字节
14	下行循环前缀	2 字节
15	定时超前的初始值	2 字节
16	下行发信机有关的虚拟噪声 PSD (TXREFVN _{ds})	PSD 描述符
17	SNRM_MODE	1 字节
18	上行发信机有关的虚拟噪声 PSD(TXREFVN _{us})	PSD 描述符

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的一字节的独特码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “下行方向上支持的子载波 (SUPPORTED CARRIERS_{ds})” 传递关于为下行方向传输所分配的子载波的信息。它使得运营商有可能精确地规定下行方向上可以用哪些子载波。不得规定多于 32 个频带。

域#3 “上行方向上支持的子载波 (SUPPORTED CARRIERS_{Sus})” 传递关于为上行方向传输所分配的子载波的信息。它使得运营商有可能精确地规定上行方向上可以用哪些子载波。不得规定多于 32 频带。

域#2 和域#3 必须格式化为 “频带标识符”。频带标识符必须按照表 12-28 中所示的格式。

表 12-18/G.993.2—频带描述符

字节	域的内容
1	要描述的频带号
2-4	比特 0-11: 在频带 1 中第一子载波的指数 比特 12-23: 在频带 1 中最后一个子载波的指数
5-7 (如可用)	比特 0-11: 在频带 2 中第一子载波的指数 比特 12-23: 在频带 2 中最后一个子载波的指数
等	等

频带描述符的第一个字节包含要描述的频带号。这一号码可以为零。在那个情况下，在描述符中，不得存在更多的字节。若频带号不等于零，在描述符中，每一群三个连续的字节必须描述一个频带中的第一个和最后一个子载波。

在三字节的群中的开头 12 比特 (0-11) 必须包含在频带下边边缘的子载波的指数。最后 12 个比特 (12-23) 包含在该带的上边边缘的子载波的指数。在该频带中，必须包含第一个和最后一个子载波。例如，域的值 400200_{16} 的含义是在该集中包含从 $200_{16}=512$ 到 $400_{16}=1024$ 之间的所有子载波，包括子载波 512 和 1024 在内。

域 4# “下行发信 PSD 掩模 (PSDMASK_{ds})” 表示了下行方向上所容许的通带和阻带内的 PSD 掩模 (见 7.2.1, 7.2.2)。必须使用表 12-19 中所规定的 “PSD 描述符” 的格式，正在描述的子载波数必须被限制在 ≤ 48 的范围内。在信道发现阶段期间，当完成下行 PSD 更新时，必须考虑这一信息。在所有时间内，VTU-O 必须符合这一限制条件。此外，根据 12.3.2 中的规定，在 G.994.1 握手阶段期间，VTU-O 必须符合规定的在 RFI 频带中的要求。

域 5# “上行发信 PSD 掩模 (PSDMASK_{us})” 表示在上行方向上所允许的通带和阻带中的 PSD 掩模 (见 7.2.1, 7.2.2)。必须使用表 12-19 中所规定的 “PSD 描述符” 的格式。正在描述的子载波数必须限于 ≤ 32 的范围内。在信道发现阶段期间，当完成上行 PSD 更新时，必须考虑这一信息。在所有时间中，VTU-R 必须符合这一限制。此外，VTU-R 必须总是符合 UPBO 的要求，按照 7.2.1.3 中的规定，这可能进一步将上行发信 PSD 降低到上行发信 PSD 掩模以下。并且 VTU-R 必须根据 12.3.2 中的规定，符合在 G.994.1 握手阶段期间所规定的在 RFI 频带中的要求。

域 6# “信道发现下行 PSD (CDPSD_{ds})” 表示了信道发现阶段期间、在下行方向上的在 U 接口上的 PSD。必须使用表 12-19 中规定的 “PSD 描述符” 的格式，并且正在描述的子载波数必须限制在 ≤ 48 的范围以内。用所规定的内插程序，接收机得到的唯一的有效 PSD 值是除了在 G.994.1 握手阶段期间所传递的 RFI 频带以外的属于 SUPPORTEDCARRIERS_{ds} 集的子载波的那些 PSD 值。接收机必须忽略不在该集范围内的 PSD 值。有效的 CDPSD_{ds} 值必须至少低于下行发信 PSD 掩模 (域 4) 3.5 dB，并且至少低于初始的下行 PSD 上限 (域 7) 3.5 dB。而且，有效的 CDPSD_{ds} 值，不管是被直接传递的值或是在接收机处由内插法所得到的值，它与在 U 接口上的参考阻抗中测得的实际发信 PSD 值的偏差不得大于 1 dB。

表 12-19/G.993.2—PSD描述符

字节	域的内容
1	正在描述的子载波号（或转折点）
2-4	比特 0-11: 正在描述的第一子载波的指数 比特 12-23: PSD 电平, 步长 0.1dB, 修正值-140 dBm/Hz
5-7 (如可用)	比特 0-11: 正在描述的第二子载波的指数 比特 12-23: PSD 电平, 步长 0.1dB, 残余电平-140 dBm/Hz
等	等

描述符的第一个字节必须包含正在规定的转折点的数目。这一数可以是零。在那个情况下，在描述符中，不得有附加的字节。若转折点的数目不等于零，则每一个三个连续字节的群必须将一个转折点描述为在某个子载波指数上的一个 PSD 值。

在这三个字节的群中的开头 12 个比特（0-11）必须包含子载波的指数。最后 12 个比特（12-23）必须包含 PSD 电平。PSD 电平必须是 0.1dB 的整数倍，修正值为-140 dBm/Hz。例如，域的值 320400_{16} 的含义是在子载波指数 $400_{16} = 1024$ 上，PSD 为 $320_{16} \times 0.1 - 140 = -60$ dBm/Hz。中间的未规定的子载波的 PSD 电平，必须在以线性标度表示的频率轴上，在所给定的 PSD 点之间使用线性内插法来得到。所规定的转折点的子载波指数可能或者由 CO-MIB 所确定，或者由供货商自行决定。

注 1 — 转折点必须这样来选择，使得用线性内插得到的转折点之间的 PSD 相当接近于正在描述的 PSD。

域#7 “初始的下行 PSD 上限 (CDMAXMASKds)” 表示 PSD 电平在下行发信 PSD 掩模上加了一个上限，以便形成在信道发现阶段期间所发送的信号的下行 PSD 掩模。下行信道发现 PSD (CDPSDds) 就是基于这一掩模（见域#6）。该域必须被编码成一个 16 比特的值，而 LSB 的权重-0.1 dBm/Hz。有效的值的范围 0 dBm/Hz 到 -90 dBm/Hz，步长 0.1 dB。

域#8 “下行标称最大组合发信功率 (MAXNOMATPds)” 表示允许 VTU-O 发送的最大的宽频带功率。该值必须以 dBm 来表示 (10.3.4.2.1)。这一域必须被编码为一个 9 比特的两两互补的有符号的整数，而 LSB 的权重是 0.1 dBm，并且有效范围为-25.6 dBm 到+25.6 dBm。空闲的 MSB 必须被设置为符号比特的值。

域#9 “UPBO 参考 PSD (UPBOPSD)” 包含按 7.2.1.3 中的规定，计算参考 PSD 的参数。参考 PSD 是计算 UPBO 必须使用的。每一上行频带规定一套 UPBOPSD 参数 (a' , b')。 a' 和 b' 的值是正值，并且必须按表 12-20 中所示进行格式化。

表 12-20/G.993.2—UPBOPSD描述符

字 节	域 的 内 容
1	US 频带的数目
2-4	比特 0-11: US1 的 a' 值 比特 12-23: US1 的 b' 值
5-7 (如可用)	比特 0-11: US2 的 a' 值 比特 12-23: US2 的 b' 值
等	等
$3 \times n_{us} - 1, 3 \times n_{us} + 1$	比特 0-11: US(n_{us}) 的 a' 值 比特 12-23: US(n_{us}) 的 b' 值

域的长度是可变的和取决于在初始化的 G.994.1 握手阶段期间所传递的除 US0 以外的上行频带的数目 (n_{us})。参数 a' 和 b' 必须被编码为 12 比特无符号的整数。 a' 的值乘以 0.01，再加上 40，就得到 a 的值。 a 值的范围在 40 和 80.96 之间， b' 的值乘以 0.01 得到 b 的值。这就使得 b 的值在 0 和 40.96 之间（见 7.2.1.3.2）。对于不得使用 UPBO 的那些上行频带，代表 a' 和 b' 值的所有 12 比特都必须设置为“0”（这相当于 $a = 40$ ， $b = 0$ ）。

注 2—0.01 的粒度可能比实用上所必需的粒度更细，但是已经选定这个粒度是为了能够发送在 ITU-T G.993.1 建议书[1]中涉及的地区性 VDSL 标注中所规定的 b 值。

域#10 “目标的最大总数据速率”是在调制解调器工作期间将要求的下行最大总数据速率的 VTU-O 的估计值。VTU-R 可以使用这一信息来确定下行功率降低的量（下行 PSD 上限）和下行传输要使用的频谱（例如最高的下行子载波）。这一频谱是在信道发现阶段期间允许使用的频谱。

注 3—CO 应该根据在 MIB 中提供的该承载信道的配置参数，例如最小 INP (INP_{min_n})、最大时延 ($delay_{max_n}$) 和最小及最大净数据速率 (net_{min_n}, net_{max_n})，来确定一个合适的目标最大总数据速率的值。可以使用最小 INP 和最大时延的资料来估计编码的开销 r_n 。它是确定为承载信道 n 所指定的净数据速率和相应的总数据速率之间关系的主要因素：

$$r_n = \frac{total_data_rate_n}{net_data_rate_n} \approx 1 + \frac{2 \times INP_{min_n}}{delay_{max_n} \times f_s}$$

其中 $delay_{max_n}$ 的单位为 ms，而 f_s 是数据符号率 (ksymbols/s)。正在使用的净数据速率和承载信道的开销速率的资料使得 VTU-O 有可能对下行的最大总数据速率作出估计。

该域必须被编码为一个无符号的整数，它将总数据速率表示为 8 kbit/s 的倍数。

域#11 “下行最大 SNR 余量 (MAXSNRMds)”表示 VTU-R 接收机必须力求保持的最大 SNR 余量。这一参数的定义和使用必须与在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所规定的参数“下行最大噪声余量 (MAXSNRMds)”相同。该域必须被格式化为 16 比特的无符号的整数，LSB 的权重 0.1 dB，而有效范围在 0 和 31 dB 之间。FFFF₁₆ 的值必须指示出对最大下行 SNR 余量不加以限制（即最大值是无穷大）。

域#12 “下行目标 SNR 余量 (TARSNRMds)”表示 VTU-R 接收机的目标 SNR 余量。这些参数的定义和使用必须与 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所规定的参数“下行目标噪声余量 (TARSNRMds)”相同。所使用的格式必须与 O-SIGNATURE 消息的域#11 相同。

域#13 “下行发信窗口长度 (β_{ds})” 必须包含下行发信窗口的长度 (β_{ds})，以下行取样速率取样的样值数表示。下行取样速率与 G.994.1 握手阶段期间所传递的 IDFT 的大小相对应。该值必须被编码为 8 比特的整数。

域#14 “下行循环前缀” 必须包含下行循环前缀的长度，以下行取样速率取样的样值数表示。下行取样速率与 G.994.1 握手阶段期间所传递的 IDFT 的大小相对应。该值必须被编码为 16 比特的整数。

域#15 “定时超前的初始值” 表示初始的定时超前，并且必须以上行取样速率取样的样值数表示，上行取样速率与在 G.994.1 握手阶段期间被传递的 IDFT 的大小相对应。该值必须使用两两互补格式被编码在 16 比特的域中。特殊值 $7FFF_{16}$ 表示 VTU-R 必须选择初始的定时超前设置。

注 4 — 定时超前的最佳值是环路长度的函数（见 10.4.5.3）。这一初始值应该可以适用于大多数环路长度。建议选择的初始值相当于环路长度 1500 m。在初始化中，以后这一值会更新。

域#16 “下行发信机为参考的虚拟噪声 PSD (TXREFVN_{ds})” 表示在下行方向上的虚拟噪声的 PSD。当确定 SNR 余量（对可选的 SNRM_MODE = 2）时，必须考虑这一信息。在信道发现阶段期间，确定可能的功率降低中和在初始化中以后完成比特加载期间，还必须考虑这一信息。必须使用表 12-19 中规定的“PSD 描述符”的格式并且正在描述的子载波数必须限制在 ≤ 32 的范围内。当 SNRM_MODE = 1 时，PSD 描述符必须包含零转折点（仅一个字节，数值为 0）。

域#17 “SNRM_MODE” 表示 11.4.1.1.6 中所描述的下行和上行 SNRM 计算的模式。该域的比特 0 到 3 必须被应用于指示下行的 SNR 模式，有效的值 0_{16} （下行 SNRM_MODE = 1，强制性的）和 1_{16} （下行 SNRM_MODE = 2，可选的）。保留所有其它的值。该域的比特 4 到 7 必须用于指示上行 SNR 的模式，有效的值 0_{16} （上行 SNRM_MODE = 1，强制性的）和 1_{16} （上行 SNRM_MODE = 2，可选的）。所有其它的值保留。

域#18 “上行发信机为参考的虚拟噪声 PSD (TXREFVN_{us})” 表示上行方向上的虚拟噪声的 PSD。必须使用表 12-19 中规定的“PSD 描述符”的格式，并且正在描述的子载波数必须限制在 ≤ 16 的范围内。当 SNRM_MODE = 1 时，PSD 描述符必须包含零转折点（仅一个字节，值为零）。

注 5 — 不适当的 TXREFVN 的设置会与下面的一个或多个参数的设置，即最高净数据速率，下行最大 SNR 余量，脉冲噪声保护的最大交织时延的设置相互影响。这一相互影响会导致发信机功率电平过高，从而会造成在同一捆线的其它对线上的 DSL 受到严重的串音。

12.3.3.2.1.2 O-UPDATE

由 O-UPDATE 消息承载的参数总表如表 12-21 所示。

表 12-21/G.993.2—消息O-UPDATE的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	最终的电长度	2 字节
3	已更新的上行 PSD 上限(MAXMASK _{us})	2 字节
4	允许的最高上行子载波	2 字节
5	允许的最低上行子载波	2 字节
6	BLACKOUT _{us} 集	频带描述符
7	定时超前校正	2 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的一个字节的码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “最终电长度” 是在 1MHz 上以 dB 来表示的电长度（见 7.2.1.3.2），VTU-R 必须从训练阶段开始起，用它来设置它的上行 PSD。必须将该值编码为 16 比特的数。LSB 的权重 0.1 dB。值的有效范围为 0 dB 到 128 dB，步长 0.1 dB。这一值可能与 VTU-R 在 R-MSG 1 中所报告的值不同，并且按照 7.2.1.3.2 中的规定，VTU-R 必须用它来确定 UPBOMASK。必须用这一已更新的 UPBOMASK 来形成上行 MEDLEY 参考 PSD 掩模（R-PRM 的域#2）。

域#3 “更新的上行 PSD 上限（MAXMASK_{us}）” 表示上行发信 PSD 掩模的 PSD 的上限电平。这域的编码必须与 O-SIGNATURE 的域#7 相同。若这一电平低于在 R-MSG 1 中所表示的上行 PSD 上限，则 VTU-R 必须将这一新的上限电平用于 PSDMASK_{us}。否则，VTU-R 可以将上行 PSD 上限电平增加，直到 MAXMASK_{us} 为止。必须使用这一新的上限电平形成上行 MEDLEY 参考 PSD 掩模（MREFMASK_{us}）。特殊的值 1000₁₆ 必须对上行 PSD 上限电平（在上行发信 PSD 掩模的限制以下）没有限制。

域#4 “允许的最高上行子载波” 包含允许 VTU-R 使用的最高频率的上行子载波。格式必须是 16 比特的值。子载波的指数必须被描述为 12 比特。该域的 4 个 MSB 必须被设置为“0”。VTU-R 不得将功率分配给高于允许的最高上行子载波子载波。

域#5 “允许的最低上行子载波” 包含允许 VTU-R 使用的最低频率的上行子载波。格式必须是 16 比特的值。子载波的指数必须被描述为 12 比特。该域的 MSB 必须被设置为“0”。VTU-R 不得将功率分配给低于允许的最低的上行子载波子载波。

域#6 “BLACKOUT_{us} 集” 包含在上行方向上的子载波的 BLACKOUT 集。该域必须被格式化为“频带描述符”（见表 12-18），频带的最大数目为 16。若没有 blackout（屏蔽）子载波，该域必须由一个字节组成，即 00₁₆。

域#7 “定时超前校正” 包含相对于当时使用的定时超前的定时超前校正量用上行取样速率的样值数表示。上行取样速率相当于在 G.994.1 握手阶段期间所传递的 IDFT 大小。该值用两两互补的格式编码在 16 比特的域中。正值必须表示所发送的值比接收到的符号更超前。

12.3.3.2.1.3 O-PRM

O-PRM 包含在 R-UPDATE 消息提出的修改后的下行 MEDLEY 参考 PSD。它还包含在下行方向上从训练阶段开始时必须使用的调制参数和在训练阶段中对训练周期持续时间的请求。O-PRM 消息所承载的参数总表如表 12-22 所示。

表 12-22/G.993.2—消息O-PRM的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	下行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSDds)	PSD 描述符
3	MEDLEYds 集	频带描述符
4	循环延伸长度	1 字节
5	下行循环前缀长度	2 字节
6	下行发信窗口长度(β_{ds})	1 字节
7	VTU-O IDFT 大小	1 字节
8	VTU-O EC 训练周期的持续时间	1 字节
9	所请求的 VTU-O TEQ 训练周期的持续时间	1 字节
10	所请求的 VTU-R TEQ 训练周期的持续时间	1 字节
11	所请求的周期信号的最短持续时间	1 字节
12	下行频域频谱成形	Log _{tss_i} 描述符

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的一个字节的码。码的完整明细表见表 12-2。

域#2 “下行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSDds)” 表示在 R-UPDATE 中从 VTU-R 来的请求后面的在 U 接口上的已更新的 PSD。在下行方向上，从训练阶段的起点开始和初始化的其余阶段期间必须使用这一 PSD。必须使用表 12-19 中所规定的“PSD 描述符”的格式，并且正在描述的子载波的数目必须被限制在 ≤ 48 的范围以内。接收机上使用规定的内插程序得到的唯一有效的值是（在 O-PRM 的域#3 中所传递的）属于 MEDLEYds 集的子载波的值），但排除 G.994.1 握手阶段期间所传递的 RFI 频带。VTU-R 必须忽略这个集范围以外的 PSD 值。MREFPSDds 的值必须至少低于下行 MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASKds, 见 7.2.1) 3.5 dB，除了 RFI 频带以外，这一值是发信 PSD 掩模 (PSDMASKds, O-SIGNATURE 的域#4) 和 VTU-O 所确定的下行 PSD 上限的最小值。而且，有效的 MREFPSDds 值，不管它是直接传递的值或是在接收机上用内插得到的值，它与在 U 接口上的参考阻抗中测得的下行发信 PSD 的偏差不得大于 1 dB。

域#3 “MEDLEYds 集” 包含在下行方向上的子载波的 MEDLEY 集。从训练阶段的起点开始，必须使用该 MEDLEYds 子载波。必须使用表 12-18 中所描述的“频带描述符”格式。必须规定不得多于 32 个频带。

域#4 “循环延伸长度” 包含从训练阶段的起点开始必须使用的加上的 L_{CE} 值。

若调制解调器已经指示出它们支持 CE 长度上的变化，则这一值可能与在 G.994.1 握手阶段期间交换过的初始值是不同的。CE 长度必须表示为 $L_{CE} = m \times N/32$ 。这一域必须将 m 的值编码为 8 比特的值，有效的值的范围为 2 到 16。

注 — 在上行和下行方向上，CE 的持续时间是相同的。若在两个方向上使用的 IDFT 的大小是相同的，则在 CE 中的样值数也是相同的。若 IDFT 大小是不相同的，则在下行和上行方向上，CE 的样值数将是不同的。但是，使用 VTU-O 所提供的 m 的值，可以很容易把它推导出来。

域#5 “下行循环前缀长度”包含从训练阶段的起点开始在下行方向上必须加上的 L_{CP} 值。该值必须以下行取样速率的样值来表示。它与在域#7 中所传递的 IDFT 大小相对应。格式必须与 O-SIGNATURE 消息的域#14 的格式相同（表 12-17）。

域#6 “下行发信窗口长度 (β_{ds})”包含从训练阶段起点开始，在下行方向上必须使用的发信窗口的长度。该值必须以下行取样速率的样值数来表示。下行取样速率与在域#7 中所传递的 IDFT 大小相对应。格式必须与 O-SIGNATURE 消息的域#13 的格式相同（表 12-17）。

域#7 “VTU-O IDFT 大小”表示从训练阶段起点开始，在下行方向上必须使用的在 VTU-O 上的 IDFT 的已更新的大小。这一值可能与在 G.994.1 握手阶段期间交换过的起始值不相同。这一值必须表示为 IDFT 的大小 $2N_{ds}$ 。格式必须是编码为 $\log_2(2N_{ds})$ 的 8 比特的域，而有效的值为 7 到 13。

域#8 “VTU-O EC 训练周期的持续时间”表示 VTU-O 必须发送的 EC 训练信号的持续时间，用 DMT 符号数来表示。它必须是 64 的整数倍，范围为 0 到 1024。必须把持续时间除以 64 得到的值编码为一个 8 比特的值。

域#9 “所请求的 VTU-O TEQ 训练周期的持续时间”表示 VTU-O 请求的 VTU-O TEQ 训练周期的最短持续时间，用 DMT 符号数表示。它必须是 64 的整数倍，范围从 0 到 16320。必须把持续时间除以 64 得到的值编码为一个 8 比特的值。

域#10 “所请求的 VTU-R TEQ 训练周期的持续时间”表示 VTU-O 请求的 VTU-R TEQ 训练周期的最短持续时间，以 DMT 符号数表示。它必须是 64 的整数倍，范围为从 0 到 16320。必须把持续时间除以 64 得到的值编码为一个 8 比特的值。

域#11 “所请求的周期性信号的最短持续时间”表示 VTU-O 请求的 R-P-PERIODIC 2 信号的最短持续时间，用 DMT 符号数表示。它必须是 64 的整数倍，范围从 0 到 2048。必须把持续时间除以 64 得到的值编码为一个 8 比特的值。

域#12 “下行频域频谱成形”表示 VTU-O 所用的 t_{ss_i} 的值。该域必须被格式化为表 12-23 中所表示的 “Log t_{ss_i} 描述符”，最大的数是 64 个转折点。

表 12-23/G.993.2—Log_{tss_i}描述符

字 节	域 的 内 容
1	要描述的转折点的数目（子载波）
2-4	比特 0-11: 第 1 转折点的子载波指数 比特 12-23: 第 1 转折点的 \log_{tss_i} 的值, 步长 0.1 dB
5-7 (如可用)	比特 0-11: 第 2 转折点的子载波指数 比特 12-23: 第 2 转折点的 \log_{tss_i} 的值, 步长 0.1 dB
等	等

描述符的第 1 个字节必须包含规定的转折点的数目。这一数可以为零。在那种情况下, 在描述符中, 不得有更多的字节, 而且该域必须被解释为对所传输的所有子载波, 所有的 $\log_{tss_i} = 0$ 。若转折点的数目不等于零, 则每一群三个连续的字节必须把一个转折点描述为在某个子载波指数上的 \log_{tss_i} 值 (见 10.3.4.3)。 tss_i 值必须由发信机来确定, 以使得在用频域和时域组合频谱成形的方式的情况下, 在训练阶段和随后的初始化阶段期间, 在 U 接口上的下行 PSD 必须与 MREFPSDs 的值相同。

在三个字节的群中的开头 12 个比特 (0-11) 必须包含子载波的指数。最后 12 个比特 (12-23) 必须包含按照 10.3.4.3 中的规定所计算出的该子载波的 \log_{tss_i} 的值 (dB)。这样在所有转折点上的最大 \log_{tss_i} 的值必须是 0 dB。每一个 \log_{tss_i} 值必须是 -0.1 dB 的整数倍。对未规定的子载波, 接收机必须按照 10.3.4.3 中的规定, 在所指定的转折点的 \log_{tss_i} 值之间, 用线性内插的方法, 求得它们的 \log_{tss_i} 值。

对于其指数从 1 到 $t_{DS1_stop} + 32$ 的所有带外的子载波, VTU-O 须提供非零的 tss_i 值。这里 t_{DS1_stop} 是指在 DS1 中指数最高的子载波。根据 12.3.4.3.1.4 中的规定, 带外的 tss_i 值只得在 O-P-TEQ 期间使用。为了保证 U 接口上的 O-P-TEQ 的 PSD 接近于但不低于有关的阻带的极限 PSD 掩模, 必须设置带外的 tss_i 值。

12.3.3.2.1.4 O-ACK

O-ACK 是证实正确接收到 R-PRM 消息的一个字节的消息。消息的格式必须按照 12.2.1 中的规定, 而净荷必须按照表 12-2 中的规定。

12.3.3.2.2 在信道发现阶段期间发出的VTU-R消息

12.3.3.2.2.1 R-MSG 1

由 R-MSG 1 所载送的参数的总表如表 12-24 所示。

表 12-24/G.993.2—消息R-MSG 1的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	电长度估计	2 字节
3	初始的上行 PSD 上限(CDMAXMASKus)	2 字节
4	信道发行上行 PSD(CDPSDus)	PSD 描述符
5	初始化导频单音	Tone 描述符

表 12-24/G.993.2—消息R-MSG 1的描述

	域 名	格 式
6	定时超前	2 字节
7	O-P-PILOT 设置	1 字节
8	上行发信窗口长度(β_{us})	1 字节
9	上行循环前缀长度	2 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的一个独特的一字节的码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “电长度估计” 必须传递由 VTU-R 所确定的电长度的估计值，用 1 MHz 上的 dB 来表示（见 7.2.1.3.2）。该值必须被编码为一个 16 比特的数。电长度的数值是用这一 16 比特的值乘以 0.1 dB 得到的。电长度的有效范围为 0 dB 到 128 dB，步长 0.1 dB。VTU-R 使用这一电长度的估计值，按 7.2.1.3 中所描述，推导出上行的功率回退（UPBO）。

域#3 “初始上行 PSD 上限（CDMAXMASK_{us}）” 表示为了在信道发现阶段期间，对所发送的信号形成上行 PSD 掩模，（在 UPBO 完成以后），在上行发信 PSD 掩模加一个上限所使用的 PSD 电平。使用 CDMAXMASK_{us} 的值，推导出上行信道发现 PSD（CDPSD_{us}，见域#4）。这一域的编码必须与 O-SIGNATURE 的域#7 相同。

域#4 “信道发现上行 PSD（CDPSD_{us}）” 表示在信道发现阶段期间，在上行方向上的在 U 接口上的发信 PSD。必须使用表 12-19 中规定的“PSD 描述符”格式，正在描述的子载波数必须被限制在 ≤32 的范围之内。接收机使用所规定的内插程序得到的唯一有效的 PSD 值是属于 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 集的子载波的 PSD 值，但要排除在 G.994.1 握手阶段所传递的 RFI 频带。接收机必须忽略在这一集以外的 PSD 值。CDPSD_{us} 的值必须至少低于上行发信 PSD 掩模（O-SIGNATURE 的域#5）3.5 dB，并且至少低于初始的上行 PSD 上限（R-MSG 1 的域#3）3.5 dB 和至少低于与域#2 中规定的电长度值相对应的 UPBOMASK 3.5 dB。而且，有效的 CDPSD_{us} 的值，不管它是被直接传递的值或者是在接收机上用内插法所得到的值，它与在 U 接口的参考阻抗上测得的实际的发信 PSD 值的偏差都不得大于 1 dB。

域#5 “初始化导频单音” 表示在 O-P-PILOT 1, O-P-PILOT 2 和 O-P-PILOT 3 O-P-ECT 步骤期间，VTU-R 为定时恢复所选择的导频单音。在线路探测步骤（如果选择）期间和在训练阶段的 TEQ 和回波抵消器训练步骤期间，必须使用这一信息。这一域必须按表 12-25 中所示进行格式化。初始化导频单音的总数不得超过 16。

表 12-25/G.993.2—单音描述符

字节	域的内容
1	单音数
2-4	比特 0-11: 单音 1 的指数 比特 12-23: 单音 2 的指数
5-7 (如可用)	比特 0-11: 单音 3 的指数 比特 12-23: 单音 4 的指数
等等	等等

单音描述符的第 1 字节必须包含 VTU-R 所选择的导频单音数。若这一数是零，则在该描述符中，不得有更多的字节。若单音数不等于零，在描述符中，每一个三个连续字节的群必须描述二个导频单音的位置。

在每一个三个连续字节的群中的开头 12 比特 (0-11) 和最后 12 比特 (12-23) 必须包含两个单音的指数。例如，域值 400200_{16} 的意思是单音 $200_{16}=512$ 和单音 $400_{16}=1024$ 。若导频单音的数目是奇数，则该域的最后 12 字节必须被设置为“0”。

域#6 “定时超前”表示 VTU-R 所选择的定时超前 (若 VTU-O 没有设置初始值，则它或者是 O-SIGNATURE 消息传递的初始值，或者是供货商自行决定的设置)。它必须以上行取样速率的样值数来表示。上行取样速率与 G.994.1 握手阶段期间所传递的 IDFT 大小相对应。必须使用两两互补的格式，将该值编码在 16 比特的域中。

域#7 “O-P-PILOT 设置”表示在不同的步骤期间，O-P-PILOT 信号中导频单音功率的设置。格式为以下列编码规则编码的一个字节：

- 第 1 个 MSB 表示在信道发现阶段期间的 O-P-PILOT 1 中，是否必须给所选择的导频单音分配功率 (1=ON, 0=OFF)；
- 第 2 个和第 3 个 MSBs 分别表示在训练阶段期间在 O-P-PILOT 2 和 O-P-PILOT 3 中是否必须给所选择的导频单音分配功率 (1=ON, 0=OFF)；
- 其它比特必须被分配为“0”。

域#8 “上行发送窗口长度 (β_{us})”包含在信道发现阶段期间，在上行方向上必须使用的发信窗口长度。该值必须用上行取样速率的样值数表示，上行取样速率与 G.994.1 握手阶段期间所传递的 IDFT 大小相对应。格式必须与 O-SIGNATURE 消息的域#13 相同 (表 12-17)。

域#9 “上行循环前缀长度”包含上行循环前缀的长度，用上行取样速率的样值数表示。上行取样速率与 G.994.1 握手阶段期间所传递的 IDFT 的大小相对应。该值必须被编码为 16 比特的无符号的整数。

12.3.3.2.2.2 R-UPDATE

R-UPDATE 消息是修改下行 PSD 的一个请求。由 R-UPDATE 消息载送的参数的总明细表示于表 12-26。

表 12-26/G.993.2—消息R-UPDATE的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	更新的下行 PSD 上限(MAXMASKds)	2 字节
3	建议的下行最高子载波	2 字节
4	建议的下行最低子载波	2 字节
5	BLACKOUTds 集	频带描述符
6	建议的循环延伸长度	1 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的一个字节的独特码。码的完整明细表见表 12-2。

域#2 “更新的下行 PSD 上限 (MAXMASKds)” 表示下行发信 PSD 掩模的 PSD 上限电平。这一域的编码方式必须与 O-SIGNATURE 的域#7 相同。若这一电平低于在 O-SIGNATURE 中指示的下行 PSD 上限, 则 VTU-O 必须将这一新的上限电平加到 PSDMASKds 上。否则, VTU-O 可以将下行 PSD 掩模的上限增加到 MAXMASKds 为止。必须用这一新的上限电平形成下行 MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASKds)。特殊值 1000_{16} 必须表示对下行 PSD 上限电平没有限制 (在下行发信 PSD 掩模的限制条件下)。

域#3 “建议的下行最高子载波” 包含 VTU-R 对可以载荷数据比特的最高指数的下行子载波的估计。格式必须与 O-UPDATE 消息的域#4 相同。VTU-O 可以发送其指数比这一值更高的子载波, 只要那些子载波在 SUPPORTEDCARRIERSds 集内就可以了。

域#4 “所建议的最低下行子载波” 包含 VTU-R 对可以载荷数据比特的最低指数的下行子载波的估计。格式必须与 O-UPDATE 消息的域#5 相同。VTU-O 可以发送其指数低于这一值的子载波, 只要那些子载波在 SUPPORTEDCARRIERSus 集中就可以了。

域#5 “BLACKOUTds 集” 包含在下行方向上的子载波的 BLACKOUT 集。该域的格式必须与 “频带标识符” 相同 (见表 12-18), 最大的数是 16 个频带。若没有屏蔽的子载波, 则该域必须由一个字节, 即 00_{16} 组成。

域#6 “建议的循环延伸长度” 包含 VTU-R 建议的 CE 长度的值。若两个调制解调器都支持在 CE 长度中的改变, 则这一值可能不同于在 G.994.1 握手阶段所交换的初始值。最终的 CE 长度必须由 VTU-O 决定 (见 12.3.3.2.1.3 中 O-PRM 消息)。格式必须与 O-PRM 消息的域#4 相同 (表 12-22)。

12.3.3.2.2.3 R-PRM

在对 O-PRM 的响应中, 发出 R-PRM 消息。它包含跟在 O-UPDATE 消息中提出的修改后面的 MEDLEY 参考 PSD。它还包含从训练阶段的起点开始在上行方向上必须使用的调制参数和在训练阶段中对训练周期持续时间的请求。R-PRM 消息所载送的参数的总明细表如表 12-27 所示。

表 12-27/G.993.2—消息R-PRM的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	上行 MEDLEY 参考 PSD(MREFPSD _{us})	PSD 描述符
3	MEDLEY _{us} 集	频带描述符
4	上行循环前缀长度	2 字节
5	上行发信窗口长度(β_{us})	1 字节
6	VTU-R 的 IDFT 大小	1 字节
7	VTU-R EC 训练周期的持续时间	1 字节
8	所请求的 VTU-R TEQ 训练周期的持续时间	1 字节
9	所请求的 VTU-O TEQ 训练周期的持续时间	1 字节
10	所请求的周期信号的最短持续时间	1 字节
11	R-P-TRAINING 1 信号的最短持续时间($T_{\text{MIN-R-P-Train}}$)	1 字节
12	上行频域频谱成形	Log _{tss} 描述符

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的一字节的码。码的完整的明细表见表 12-2。

域#2 “上行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD_{us})” 表示跟在 O-UPDATE 中从 VTO-O 来的请求后面的在 U 接口上的已更新的 PSD。从训练阶段的起点开始和在初始化的其余时间内，在上行方向上必须使用这一 PSD。必须使用表 12-19 中所规定的“PSD 描述符”格式，并且正在描述的子载波数必须限于≤32 的范围以内。接收机使用所规定的内插程序所得到的唯一有效的 PSD 值是属于 MEDLEY_{us} 集（在域#3 中告知的）的子载波的值，但排除在 G.994.1 握手阶段期间所传递的 RFI 频带。VTU-O 必须忽略这个集以外的 PSD 值。MREFPSD_{us} 的值必须至少低于上行 MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASK_{us}, 见 7.2.1) 3.5 dB。除 RFI 频带外，这一值是发信 PSD 掩模 (PSDMASK_{us}, O-SIGNATURE 的域#5)，由 VTU-R 所确定的 UPBOMASK（它由 O-UPDATE 的域#2 中所规定的电长度值相对应）和由 VTU-R 所确定的上行 PSD 上限这三个值中的最小值。而且，有效的 MREFPSD_{us} 值，它或者是被直接传递的值或者是在接收机上由内插得到的值，它与 U 接口上在参考阻抗中测得的上行发送 PSD 的偏差不得大于 1 dB。

域#3 “MEDLEY_{us} 集” 包含上行方向上子载波的 MEDLEY 集。从训练阶段的起点开始，必须使用该 MEDLEY_{us} 子载波。必须使用表 12-18 中所描述的“频带描述符”格式。必须规定不得多于 32 个频带。

域#4 “上行循环前缀长度” 包含从训练阶段的起点开始，在上行方向上必须加上的循环前缀的值。这一值必须用上行取样速率的样值数表示，上行取样速率与在域#6 中所传递的 IDFT 的大小相对应。所选择的循环前缀长度的格式必须与 O-SIGNATURE 消息的域#14 相同（表 12-17）。

注 — 在计算上行循环前缀长度中所使用的 CE 长度的值是在 O-PRM 中所传递的值，而不是在 R-UPDATE 中发出的值。

域#5“上行发信窗口长度(β_{us})”包含从训练阶段的起点开始,在上行方向上必须使用的发信窗口的长度。这一值必须用与域#6中所传递的IDFT大小相对应的上行取样速率的样值数表示。格式必须与O-SIGNATURE的域#13相同(表12-17)。

域#6“VTU-R IDFT大小”传递了从训练阶段的起点开始,VTU-R必须使用的IDFT的大小 $2N_{us}$ 。格式必须是被编码为 $\log_2(2N_{us})$ 的8比特的域,有效的值为6到13。这一值可能与在G.994.1握手阶段交换过的初始值不同。

域#7“VTU-R EC训练周期的持续时间”表示VTU-R必须发送的VTU-R EC训练信号的持续时间,它用DMT符号数来表示。它必须是64的整数倍,其范围为0到1024。持续时间除以64得到的值必须被编码为8比特的值。

域#8“所请求的VTU-R TEQ训练周期的持续时间”表示VTU-R请求的VTU-R TEQ训练周期的最短持续时间,它以DMT符号数表示。它必须是64的整数倍,范围为0到16320。持续时间除以64得到的值必须被编码为8比特的值。

域#9“所请求的VTU-O TEQ训练周期的持续时间”表示VTU-R请求的VTU-O TEQ训练周期的最短持续时间,它以DMT符号数表示。它必须是64的整数倍,范围为0到16320。持续时间除以64得到的值必须被编码为8比特的值。

域#10“请求的周期信号的最短持续时间”表示VTU-R请求的O-P-PERIODIC 2信号的最短持续时间,以DMT符号数表示。它必须是64的整数倍,其范围为0到2048。持续时间除以64得到的值必须被编码为8比特的值。

域#11“R-P-TRAINING 1信号的最短持续时间($T_{\text{MIN-R-P-Train}}$)”表示VTU-R必须发送的R-P-TRAINING 1信号的最短持续时间。该值 $T_{\text{MIN-R-P-Train}}$ 必须用DMT符号数表示。持续时间必须是64个符号的整数倍。该整数(即持续时间除以64)必须被编码为8比特的值。

域#12“上行频域频谱成形”表示VTU-R所使用的更新过的 t_{ss_i} 值。该域的格式必须如表12-23中所示的Log $_{t_{ss_i}}$ 描述符那样。

对指数值为从1到 $t_{US0_stop} + 32$ 之间的所有带外子载波,VTU-R必须提供非零的 t_{ss_i} 值。这是 t_{US0_stop} 是US0中最高指数的子载波。按照12.3.4.3.2.4中的描述,在R-P-TEQ期间,只得使用带外的 t_{ss_i} 值(虚拟值,因为在信道发现阶段期间,不发送带外的子载波)。为了保证在U接口上的R-P-TEQ的PSD接近于,但不低于有关的阻带极限PSD掩模,必须设置带外的 t_{ss_i} 的值。

12.3.3.3 在信道发现阶段期间发送的信号

在信道发现阶段期间所发送的所有信号必须仅使用在下行方向上从SUPPORTEDCARRIERS_{ds}集来的子载波和在上行方向上从SUPPORTEDCARRIERS_{Sus}集来的子载波。

非零输出功率的所有下行信号的发信PSD在通带和阻带中都必须符合下行发信PSD掩模(PSDMASK_{ds})的要求。该掩模的PSD上限电平是初始的下行PSD上限(O-SIGNATURE的域#7)。在G.994.1握手阶段期间规定过的任何RFI频带中,下行PSD不得超过-80 dBm/Hz。CE和 $2N_{ds}$ 的值必须是在G.994.1握手阶段期间所规定的值。 β_{ds} 和循环前缀长度的值必须分别是在O-SIGNATURE的域#13和域#14中所传递的值。

非零输出功率的所有上行信号的发信 PSD，在通带和阻带中，都必须符合上行发信 PSD 掩模 (PSDMASK_{us}) 的要求，该 PSD 掩模的上限电平是初始的上行 PSD 上限电平 (R-MSG 1 的域#3)。上行 PSD 必须符合 7.2.1.3 中所规定的 UPBO 的要求，并且在 G.994.1 握手阶段期间规定的任何 RFI 频段中，不得超过 -80 dBm/Hz。CE 和 $2N_{us}$ 的值必须是在 G.994.1 握手阶段期间所规定的值。 β_{us} 和定时超前的值必须分别是在 R-MSG 1 的域#8 和域#6 中所传递的值。

12.3.3.3.1 由VTU-O发送的信号

12.3.3.3.1.1 O-P-QUIET 1

O-P-QUIET 1 在 U 参考点上，必须提供零输出电压。对所有的子载波，都必须分配零功率。

O-P-QUIET 1 的持续时间是可变的，在 512 和 1024 个符号之间变化。它的持续时间由 VTU-O 自行处理。

12.3.3.3.1.2 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1

O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 是一个使 VTU-R 有可能同步和测量信道衰减的信号。在传输 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 期间，SOC 处于激活状态。

O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的持续时间是可变的。通过发送 O-P-SYNCHRO 1，O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 终止。

O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 必须由 SUPPORTEDCARRIERS_{ds} 中的采用 4QAM 调制的所有子载波组成。O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的每一 DMT 符号必须载送 1 个信息比特。从比特到子载波的映射必须是在表 12-28 中所汇总的规则。

表 12-28/G.993.2—O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., $10n+1$, ...	SOC 消息比特 0 & 1
3, 13, 23, ..., $10n+3$, ...	SOC 消息比特 2 & 3
5, 15, 25, ..., $10n+5$, ...	SOC 消息比特 4 & 5
7, 17, 27, ..., $10n+7$, ...	SOC 消息比特 6 & 7
9, 19, 29, ..., $10n+9$, ...	00

所有子载波的星座点必须根据由 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数来进行旋转。扰码器必须以复位工作模式使用 (见 12.3.6.2.1)。

必须按照 10.4.4 中的描述产生符号。符号长度必须为 $2N_{ds} + L_{CE}$ 个样值。总的窗口长度必须等于 β_{ds} 。

从 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 信号的 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 集来的子载波的发信 PSD 必须等于 CDPSD_{ds} (在 O-SIGNATURE 的域#6 中传递的)。

12.3.3.3.1.3 O-P-SYNCHRO 1

O-P-SYNCHRO 1 是为从 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 转换到 O-P-QUIET 2/O-P-PILOT 1 或 O-P-PERIODIC 1 提供精确的时标的一个信号。在传输 O-P-SYNCHRO 1 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-SYNCHRO 1 的持续时间是 15 个 DMT 符号。

O-P-SYNCHRO 1 必须使用 4QAM 调制的 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 集中的所有子载波。对开头 5 个和最后 5 个 DMT 符号，必须把值 00 映射到所有 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 的子载波上。对于中间 5 个 DMT 符号，必须把值 00 映射到所有 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 的子载波上。所有子载波的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述产生。符号长度必须为 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。窗口总长度必须等于 β_{ds} 。

在 O-P-SYNCHRO 1 中的 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 子载的发信 PSD 必须与 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的发信 PSD 相同。

12.3.3.3.1.4 O-P-PILOT 1

O-P-PILOT 1 信号是想要使 VTU-R 在线路探测期间有可能保持环路定时。在传输 O-P-PILOT 1 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-PILOT 1 的持续时间是带 CE 的 640 个 DMT 符号。

O-P-PILOT 1 仅仅由 VTU-R 选择的并在 R-MSG 1 的域#5 传递给 VTU-O 的导频单音组成。在每一个 O-P-PILOT 1 符号期间，值 00 必须被映射到 4QAM 调制的所有导频单音上。

必须按照 10.4.4 中的描述产生符号。符号长度必须为 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{ds} 。

O-P-PILOT 1 的发信 PSD 必须符号下行发信 PSD 掩模（PSDMASK_{ds}）的要求，PSD 掩模的上限电平为在 O-SIGNATURE 的域#7 中传递的初始下行 PSD 上限的电平。若 R-MSG 1 的 O-P-PILOT 的设置域的 1 个 MSB 被设置为“0”，则导频单音的发信功率必须设置为“0”。

12.3.3.3.1.5 O-P-QUIET 2

除了 O-P-QUIET 2 的持续时间是固定的带有 CE 的 640 个 DMT 符号外，O-P-QUIET 2 与 O-P-QUIET 1 是相同的。

12.3.3.3.1.6 O-P-PERIODIC 1

O-P-PERIODIC 1 是一个周期性的信号，要使两个 VTU 有可能作精确的 SNR 测量。在传输 O-P-PERIODIC 1 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-PERIODIC 1 的持续时间必须是带 CE 的 2048 个 DMT 符号。

O-P-PERIODIC 1 必须由 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 集中的所有子载波组成。这些子载波必须用 4QAM 调制。值 11 必须被映射到 SUPPORTED CARRIERS_{ds} 集中的所有子载波上。所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

O-P-PERIODIC 1 必须按照 12.3.6.1 中的描述构成。

在 O-P-PERIODIC 1 中，SUPPORTED CARRIERS_{ds} 的子载波的 PSD 必须与 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 相同。

12.3.3.3.1.7 O-P-SYNCHRO 2

O-P-SYNCHRO 2 是为从 O-P-PERIODIC 1 转换到 O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 提供精确时标的一个信号。在传输 O-P-SYNCHRO 2 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-SYNCHRO 2 必须与 O-P-SYNCHRO 1 相同。

12.3.3.3.1.8 O-P-CHANNEL DISCOVERY 2

O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 使 VTU-O 能够发送经更新的调制参数以及训练阶段所必需的信息（例如信号持续时间）。在传输 O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 期间，SOC 处于激活状态。

O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 的持续时间是可变的。O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 通过发送 O-P-SYNCHRO 3 来终止。

O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 的符号必须以与 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的符号相同的方式构成（见 12.3.3.3.1.2）。

从 O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 信号的 SUPPORTEDCARRIERS_{ds} 集来的子载波的发信 PSD 必须等于（在 O-SIGNATURE 的域#6 中所传递的）CDPSD_{ds}。

12.3.3.3.1.9 O-P-SYNCHRO 3

O-P-SYNCHRO 3 是为从 O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 转换到 O-P-TRAINING 1（训练阶段）提供精确时标的信号。

O-P-SYNCHRO 3 必须与 O-P-SYNCHRO 1 相同。

12.3.3.3.2 由VTU-R所发送的信号

12.3.3.3.2.1 R-P-QUIET 1

R-P-QUIET 1 必须在 U 参考点上提供零输出电压。给所有子载波必须分配零功率。R-P-QUIET 1 的持续时间是可变的。它的持续时间由 VTU-R 自行处理。

12.3.3.3.2.2 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1

R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 是 VTU-R 用于发送关于上行 PSD、定时超前和它选择的导频单音（如果有）的信号。在传输 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 期间，SOC 处于激活状态。

R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的持续时间是可变的。R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 通过发送 R-P-SYNCHRO 1 来结束。

R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 必须由 4QAM 调制的 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 中的所有子载波组成。R-P-CHANNEL 的 DISCOVERY 1 的每一 DMT 符号必须载送一个信息字节。比特到子载波的映射汇总于表 12-29。

表 12-29/G.993.2—R-P-CHANNEL DISCOVERY 1的比特映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., 10n+1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
3, 13, 23, ..., 10n+3, ...	SOC 消息比特 2 & 3
5, 15, 25, ..., 10n+5, ...	SOC 消息比特 4 & 5
7, 17, 27, ..., 10n+7, ...	SOC 消息比特 6 & 7
9, 19, 29, ..., 10n+9, ...	00

所有子载波的星座点必须根据由 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述产生。符号长度必须为 $2N_{us} + L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{us} 。

从 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 信号的 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 集来的子载波的发信 PSD 必须等于（在 R-MSG 1 的域#4 中传递的）CDPSD_{us}。

12.3.3.3.2.3 R-P-SYNCHRO 1

R-P-SYNCHRO 1 是在 G994.1 握手阶段期间，为从 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 转换到 R-P-PERIODIC 1 或 R-P-LINEPROBE（如请求）提供精确的时标的一个信号。在传输 R-P-SYNCHRO 1 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-SYNCHRO 1 的持续时间是 15 个 DMT 符号。

R-P-SYNCHRO 1 必须使用 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 集中 4QAM 调制的所有子载波。对开头 5 个和最后 5 个 DMT 符号，必须把值 00 映射到所有 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 的子载波上。对于中间 5 个 DMT 符号，必须把值 00 映射到所有 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 的子载波上。所有子载波的星座点必须根据在 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述产生。符号长度必须为 $2N_{us} + L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{us} 。

在 R-P-SYNCHRO 1 中的 SUPPORTEDCARRIERS_{us} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 相同。

12.3.3.3.2.4 R-P-LINEPROBE

R-P-LINEPROBE 是一个供货商自行决定的信号。它使得 VTU-R 有可能完成线路探测。在传输 R-P-LINEPROBE 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-LINEPROBE 的持续时间是带 CE 的 512 个 DMT 符号。

在通带和阻带两个频带中，R-P-LINIPROBE 的发信 PSD 必须符合 PSDMASK_{us}，它的上限电平是（R-MSG-1 域#3 中的）初始上行 PSD 上限电平。R-P-LINEPROBE 的 PSD 必须符合 7.2.1.3 中所规定的 UPBO 的要求，并且在 G.994.1 握手阶段期间所规定过的任何一个 RFI 频带中，PSD 不得超过 -80 dBm/Hz。

12.3.3.3.2.5 R-P-PERIODIC 1

R-P-PERIODIC 1 是一个周期性信号，它使得两个 VTU 有可能作精确的 SNR 测量。在传输 R-P-PERIODIC 1 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-PERIODIC 的持续时间为带 CE 的 2048 个 DMT 符号。

R-P-PERIODIC 1 必须由 SUPPORTEDCARRIERS_{Sus} 集中的所有子载波组成。这些子载波必须由 4QAM 调制。值 11 必须被映射到 SUPPORTEDCARRIERS_{Sus} 集的所有子载波上。所有子载波上的星座点必须根据由 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

R-P-PERIODIC 1 必须按 12.3.6.1 中的描述构成。

在 R-P-PERIODIC 1 中的 SUPPORTEDCARRIERS_{Sus} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 相同。

12.3.3.3.2.6 R-P-SYNCHRO 2

R-P-SYNCHRO 2 是为从 R-P-PERIODIC 1 转换到 R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 提供精确时标的一个信号。在传输 R-P-SYNCHRO 2 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-SYNCHRO 2 必须与 R-P-SYNCHRO 1 相同。

12.3.3.3.2.7 R-P-CHANNEL DISCOVERY 2

R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 使得 VTU-R 有可能要求对下行发信信号进行修改，以便发出已更新的调制参数和发出训练阶段期间所必需的信息（如信号持续时间）。在传输 R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 期间，SOC 处于激活状态。

R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 的持续时间是可变的。R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 通过发送 R-P-SYNCHRO 3 结束。

R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 的符号必须以与 R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 的符号相同的方式构成（见 12.3.3.3.2.2）。

R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 信号的 SUPPORTEDCARRIERS_{Sus} 集来的子载波的发信 PSD 必须等于（在 R-MSG 1 的域#4 中所传递的）CDPSD_{us}。

12.3.3.3.2.8 R-P-SYNCHRO 3

R-P-SYNCHRO 3 是为从 R-P-CHANNEL DISCOVERY 2 转换到 R-P-QUIET 2（训练阶段）提供精确时标的一个信号。

R-P-SYNCHRO 3 必须与 R-P-SYNCHRO 1 相同。

12.3.4 训练阶段

12.3.4.1 概述

在训练阶段期间，调制解调器可以训练它们的 TEQ 和回波抵消器。在 TEQ 或 EC 都不需要的情况下，可以缩短相应的步骤，以便加速完成初始化程序。而且，在这一阶段期间，可以调整定时超前的值。

图 12-6 介绍了训练阶段各步骤的定时图。它给出了在训练阶段期间，由 VTU-O 和 VTU-R 所发送的信号和所发出的 SOC 的次序的概貌。中间两列表示所发送的信号的次序（见 12.3.4.3）。外边两列表示了 SOC 上所发出的消息（见 12.3.4.2）。阴影区相当于 SOC 处于非激活状态时的时间段。

注 1 — 在图 12-6 中所确认的 SOC 消息交换过程中，应用 12.2.2 中的通信协议的规则。在 SOC 中发出的某些消息可能需要分段。尽管在图 12-6 中没有表示出来，但是分好段的消息元和它们的相应的证实消息都按照 12.2.2 的通信协议，通过 SOC 发出去。

在训练阶段开始时，VTU-O 必须发送 O-P-TRAINING 1，而 VTU-R 必须静默 (R-P-QUIET 2)。若在信道发现阶段结束时，一个或多个调制参数（如 CE 长度、IDFT 的大小等）已被改变，则 VTU-R 可能使用这一时间恢复定时或符号的边界。

在不超过 4096 个符号以后，VTU-R 必须从 R-P-QUIET 2 转换到 R-P-TRAINING 1。在发送 R-P-TRAINING 1 期间，两个 VTU 都可以重新调整它们的 AGC 设置，以便适应在信道发现阶段结束时的发信 PSD 中的改变。在 VTU-O 至少收到了 $T_{\text{MIN-R-P-Train}}$ 个 R-P-TRAINING 1 符号 (R-PRM 的域#11，见 12.3.3.2.2.3) 以后，它必须发送 O-P-SYNCHRO 4，以表示出 TEQ 和 EC 训练阶段的开始。在检测到 O-P-SYNCHRO 4 以后，VTU-R 必须通过发送 R-P-SYNCHRO 4，在 48 和 64 符号之间的时间段内作出响应。

在信道发现阶段期间，根据 VTU-O 和 VTU-R 所请求的值，确定在 TEQ 和 EC 训练后发送的 TEQ 训练信号、EC 训练信号和周期性信号的持续时间。它们必须按如下定义：

- $T_{\text{VTU-O_TEQ}}$: VTU-O TEQ 训练的持续期，等于在 O-PRM 的域#9 中 VTU-O 所请求的值和在 R-PMM 的域#9 中 VTU-R 所请求的值之中较大的那个值；
- $T_{\text{VTU-R_TEQ}}$: VTU-R TEQ 训练的持续期，等于在 O-PRM 的域#10 中由 VTU-O 所请求的值和在 R-PRM 的域#8 中由 VTU-R 所请求的值之中较大的那个值；
- $T_{\text{VTU-O_EC}}$: VTU-O EC 训练的持续期，等于 VTU-O 在 O-PRM 的域#8 中所传递的值；
- $T_{\text{VTU-R_EC}}$: VTU-R EC 训练的持续期，等于 VTU-R 在 R-PRM 的域#7 中所传递的值；和
- T_{Periodic} : 跟在 TEQ 和 EC 训练后面的 O-P-PERIODIC 2 和 R-P-PERIODIC 2 信号的持续期，等于由 VTU-O 在 O-PRM 的域#11 中和由 VTU-R 在 R-PRM 的域#10 中所请求的值中较大的那一值。

调制解调器必须通过对每一步骤期间所发送的符号数进行计数来确定从一个步骤转换到下一步骤的时间。

在发送 O-P-SYNCHRO 4 以后，VTU-O 必须立即发送 O-P-PILOT 2 和必须继续为 $T_{\text{VTU-O_TEQ}}$ 符号发送 O-P-PILOT 2。在发送 R-P-SYNCHRO 4 以后，VTU-R 必须立即为 $T_{\text{VTU-O_TEQ}}$ 符号发送 R-P-TEQ。在这一步骤期间，VTU-O 可以训练它的 TEQ。

注 2 — 可以预料，在 R-P-TEQ 传输最后 512 符号期间，VTU-R 上的定时恢复将是稳定的。

在发送完 O-P-PILOT 2 的所有 $T_{\text{VTU-O_TEQ}}$ 符号以后，VTU-O 必须立即为 $T_{\text{VTU-O_EC}}$ 符号发送 O-P-ECT。在发送 O-P-ECT 期间，VTU-O 可以训练它的回波抵消器。

在发送完 O-P-ECT 的所有 $T_{\text{VTU-O_EC}}$ 符号以后，VTU-O 必须为 $T_{\text{VTU-R_TEQ}}$ 符号发送 O-P-TEQ。在发送完 R-P-TEQ 的所有 $T_{\text{VTU-O_TEQ}}$ 符号以后，VTU-R 必须立即发送 R-P-QUIET 3 的 $T_{\text{VTU-O_EC}} + T_{\text{VTU-R_TEQ}}$ 符号。在发送 O-P-TEQ 期间，VTU-R 可以训练它的 TEQ。

在发送完 O-P-TEQ 的所有 $T_{\text{VTU-R_TEQ}}$ 符号以后，它必须立即在 $T_{\text{VTU-R_EC}}$ 符号期间发送 O-P-PILDT 3。在 VTU-R 发送完 R-P-QUIET 3 的所有 $T_{\text{VTU-O_EC}}$ 和 $T_{\text{VTU-R_TEQ}}$ 符号以后，它必须在 $T_{\text{VTU-R_EC}}$ 符号期间发送 R-P-ECT。在这一步骤期间，VTU-R 可以训练它的回波抵消器。

在发出了 O-P-PILDT 3 的最后一个符号以后, VTU-O 必须发送 O-P-PERIODIC 2 的 T_{Periodic} 符号。在发送了最后一个 R-P-ECT 符号以后, VTU-R 必须同样发出 R-P-PERIODIC 2 的 T_{Periodic} 符号。在这一步骤期间, 有双向传输的周期符号, 可以用这些信号对每一接收机上的 TEQ 作进一步的调整。在发送了 O-P-PERIODIC 2 的最后一个符号以后, VTU-O 必须发送 O-P-TRAINING 2。在发送了 R-P-PERIODIC 2 的最后一个符号以后, VTU-R 必须发送 R-P-TRAINING 2。在这一时刻, 必须重新激活 SOC, 并且 VTU-O 必须发送 O-IDLE, 而 VTU-R 必须发送 R-IDLE。

VTU-R 必须至少在开头 128 个 R-P-TRAINING 2 符号的时间内, 发送 R-IDLE。在那以后的第 1 个消息必须是 R-TA_UPDATE。R-TA_UPDATE 用于传递当时的定时提前的设置, 并且指示出 VTU-R 能够适应的优先的和最大的定时超前值。VTU-O 必须通过发出包含最终的定时超前值的 O-TA_UPDATE 的方法证实接收到 R-TA_UPDATE。VTU-R 必须通过发出 R-ACK 证实收到了 O-TA_UPDATE。在结束 R-ACK 后 5 个符号, 必须激活调整的定时超前值。消息 R-TA_UPDATE 和 O-TA_UPDATE 还规定了在信道分析和交换阶段期间将要使用的每一符号的 SOC 字节数。

为了提供高健壮性, 两个 VTU 必须按照 12.2.2.2 中的描述使用 RQ 协议。所以, 接收的 VTU 可能要求重发未正确接收到的任何消息。

在收到了 R-ACK 以后, VTU-O 必须继续发送 O-P-TRAINING 2, 发送持续时间至少 64 个符号, 然后必须通过发送 O-P-SYNCHRO 5 指示出训练阶段的终点。VTU-R 必须通过在 64 个 DMT 符号的时间段内通过发送 R-P-SYNCHRO 5 证实检测到 O-P-SYNCHRO 5。在那个以后, VTU-R 必须转换到信道分析和交换阶段。在发送了 O-P-SYNCHRO 5 以后, VTU-O 必须转换到信道分析和交换阶段。

注 3—图 12-6 表示了上行和下行方向上具有 TEQ 和 EC 训练步骤的整个训练阶段。若不需要这些步骤中的某些或全部步骤, 可以缩短训练阶段。因为根据信道发现阶段期间由 VTU-O 和 VTU-R 所传递的值确定其长度, 为了将长度减到最短, 从而缩短总的训练时间, 可以减少一个或多个训练步骤。

按照 12.3.4.3 中的描述, 从训练阶段开始和初始化的其余阶段期间, VTU-O 和 VTU-R 必须发送具有在信道发现阶段结束时所决定的各个 PSD (即包含在上下行传输方向上的功率降低) 的信号。

在训练阶段期间由 VTU-O 发出的信号和 SOC 消息汇总于表 12-30, 而在训练阶段期间由 VTU-R 发出的信号和 SOC 消息汇总于表 12-31。在标有“SOC 状态”的那一列的圆括号中, 提供了 SOC 消息所使用的协议 (如可用)。

表 12-30/G.993.2—在训练阶段中的VTU-O信号和SOC消息

信 号	信号类型	带CE的DMT符号的信号持续期	SOC消息和IDLE标志	SOC状态
O-P-TRAINING 1	非周期性	可变	无	非激活
O-P-SYNCHRO 4	非周期性	15	无	非激活
O-P-PILOT 2	非周期性	T_{VTU-O_TEQ}	无	非激活
O-P-TEQ	周期性	T_{VTU-R_TEQ}	无	非激活
O-P-ECT	供货商自行决定	T_{VTU-O_EC}	无	非激活
O-P-PILOT 3	非周期	T_{VTU-R_EC}	无	非激活
O-P-PERIODIC 2	周期	$T_{Periodic}$	无	非激活
O-P-TRAINING 2	非周期	可变	O-IDLE, O-TA_UPDATE	激活(RQ)
O-P-SYNCHRO 5	非周期	15	无	非激活

表 12-31/G.993.2—在训练阶段中的VTU-R信号和SOC消息

信 号	信号类型	带CE的DMT符的信号持续期	SOC消息和IDLE标志	SOC状态
R-P-QUIET 2	无	可变, ≤ 4096	无	非激活
R-P-TRAINING 1	非周期性	可变 $T_{MIN-R-P-Train}$	无	非激活
R-P-SYNCHRO 4	非周期性	15	无	非激活
R-P-TEQ	周期性	T_{VTU-O_TEQ}	无	非激活
R-P-QUIET 3	无	$T_{VTU-R_TEQ} + T_{VTU-O_EC}$	无	非激活
R-P-ECT	供货商自行决定	T_{VTU-R_EC}	无	非激活
R-P-PERIODIC 2	周期性	$T_{Periodic}$	无	非激活
R-P-TRAINING 2	非周期性	可变	R-IDLE, R-TA_UPDATE	激活(RQ)
R-P-SYNCHRO 5	非周期性	15	无	非激活

12.3.4.2 在训练阶段期间SOC消息的交换

图 12-7 说明了在训练阶段期间，VTU-O 和 VTU-R 之间的 SOC 消息的交换。它还汇总了每一消息的内容。

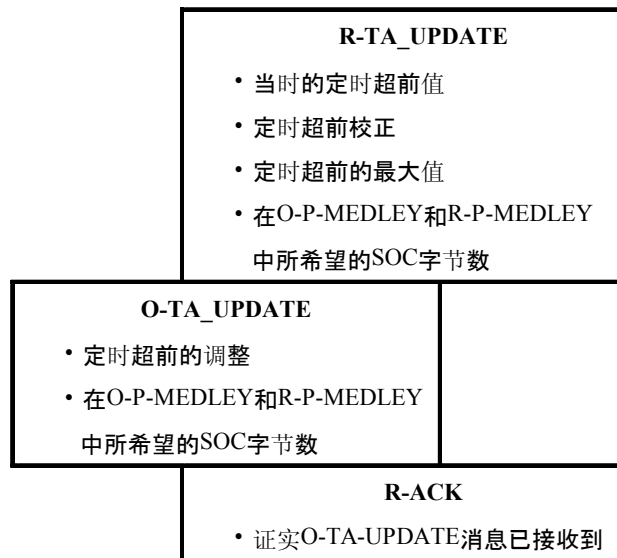


图 12-7/G.993.2—在训练阶段期间的SOC消息交换

12.3.4.2.1 在训练阶段期间发出的VTU-O消息

12.3.4.2.1.1 O-TA_UPDATE

O-TA_UPDATE 消息所载送的参数总明细表如表 12-32 所示。

表 12-32/G.993.2—消息O-TA_UPDATE的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	定时超前校正	2 字节
3	B _{ex-ds-O} (在 O-P-MEDLEY 中所希望的每 DMT 符号的 SOC 字节数)	1 字节
4	B _{ex-us-O} (在 R-P-MEDLEY 中所希望的每 DMT 符号的 SOC 字节数)	1 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。码的完整明细表见表 12-2。

域#2 “定时超前校正” 规定了相对于当时定时超前必须使用的定时超前校正值。它必须用以上行取样速率取样的样值数表示。上行取样速率与在 R-PRM 的域#6 中传递的 IDFT 大小相对应。用两两互补的格式，将该值编码在 16 比特的域中。正值必须表示所发送的符号相对于所接收的符号将更加超前。

域#3 “B_{ex-ds-O}” 规定了 VTU-O 的选择的调制 O-P-MEDLEY 应该使用的每 DMT 符号的 SOC 字节数。这一数必须是 1 或 2。实际的每 DMT 符号的 SOC 字节数必须是在 O-TA_UPDATE 和 R-TA_UPDATE 之中所表示的最小的值（即等于 $\min(B_{ex-ds-O}, B_{ex-ds-R})$ ）。

域#4 “B_{ex-us-O}” 规定了 VTU-O 的选择的调制 R-P-MEDLEY 应该使用的每 DMT 符号的 SOC 字节数。这个数必须为 1 或 2。实际的每 DMT 符号的 SOC 字节数必须为在 O-TA_UPDATE 和 R-TA_UPDATE 之中的指示的最小的值（即等于 $\min(B_{ex-us-O}, B_{ex-us-R})$ ）。

12.3.4.2.2 在训练阶段期间发出的VTU-R消息

12.3.4.2.2.1 R-TA_UPDATE

由 R-TA_UPDATE 消息所载送的参数的总明细表示于表 12-33。

表 12-33/G.993.2—消息R-TA_UPDATE的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	当时的时间超前	2 字节
3	定时超前校正	2 字节
4	定时超前的最大值	2 字节
5	$B_{\text{ex-ds-R}}$ (在 O-P-MEDLEY 中每个 DMT 符号所希望的 SOC 字节数)	1 字节
6	$B_{\text{ex-us-R}}$ (在 R-P-MEDLEY 中每个 DMT 符号所希望的 SOC 字节数)	1 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。码的完整明细表见表 12-2。

域#2 “当时的定时超前” 给出了 VTU-R 当时正在使用的定时超前。这一域以上行取样速率的样值数来表示，上行取样速率与在 R-PRM 的域#6 中传递的 IDFT 的大小相对应。这一值必须使用两两互补的格式被编码在 16 比特的域中。

域#3 “定时超前校正” 表示 VTU-R 优先选用的相对于当时的定时超前的定时超前修正量，用与 R-PRM 的域#6 中传递的 IDFT 大小相对应的上行取样速率的样值数表示。该值必须用两两互补的格式编码在 16 比特的域中。正值必须表示相对于接收到的符号，所发送的符号将更超前。

域#4 “定时超前的最大值” 表示 VTU-R 能够适应的定时超前的最大值，以与在 R-PRM 的域#6 所传递的 IDFT 大小相对应的当时的上行取样速率取样的样值数表示。该值必须用两两互补的格式编码在 16 比特的域中。

域#5 “ $B_{\text{ex-ds-R}}$ ” 规定了 VTU-R 所选择的调制 O-P-MEDLEY 应该使用的每一 DMT 符号的 SOC 字节的数目。这一数必须为 1 或 2。每一 DMT 符号的实际的 SOC 字节数必须是在 O-TA_UPDATE 和 R-TA_UPDATE 中所表示的值之中的最小值（即，等于 $\min(B_{\text{ex-ds-O}}, B_{\text{ex-ds-R}})$ ）。

域#6 “ $B_{\text{ex-us-R}}$ ” 表示 VTU-R 所选择的调制 R-P-MEDLEY 应该使用的每一 DMT 符号的 SOC 字节数。这一数必须是 1 或 2。每一 DMT 符号的实际的 SOC 字节数必须是在 O-TA_UPDATE 和 R-TA_UPDATE 中所表示的值之中的最小值（即，等于 $\min(B_{\text{ex-us-O}}, B_{\text{ex-us-R}})$ ）。

12.3.4.2.2.2 R-ACK

R-ACK 是证实收到了 O-TA_UPDATE 消息的一个字节的消息。该消息的格式必须按照 12.2.1 中的规定，而净荷必须按照表 12-2 中的规定。

12.3.4.3 在训练阶段期间发送的信号

在训练阶段期间所发送的所有信号，除了 O-P-TEQ 和 R-P-TEQ 外，都必须只使用从可行方向中的 MEDLEY_{ds} 集来的子载波和从上行方向中心 MEDLEY_{us} 集来的子载波。按照 12.3.4.3.1.4 和 12.3.4.3.2.4 中的描述，O-P-TEQ 和 R-P-TEQ 还使用 MEDLEY 以外的子载波。

具有非零输出功率的下行信号发信 PSD 必须符合在信道发现阶段结束时所确定的在通带和阻带中的下行 MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASK_{ds})。 $2N_{ds}$ 和 CE 的值必须是在信道发现阶段结束时所确定的值和分别在 O-PRM 的域#7 和域#4 中所传递的值。 B_{ds} 和循环前缀长度的值必须分别是在 O-PRM 的域#6 和域#5 中所传递的值。

具有非零输出功率的所有上行信号的发信 PSD 必须符合在信道发现阶段结束时确定的在通带和阻带中的上行 MEDLEY 参考 PSD 掩模 (MREFMASK_{us})。 $2N_{us}$ 和 CE 的值分别是在信道发现阶段结束时所确定的值和分别在 R-PRM 的域#6 和在 O-PRM 的域#4 中所传递的值。 β_{us} 和循环前缀长度的值必须分别是在 R-PRM 的域#5 和域#4 中所传递的值。

12.3.4.3.1 由 VTU-O 所发送的信号

12.3.4.3.1.1 O-P-TRAINING 1

O-P-TRAINING 1 信号使得 VTU-R 能够重新同步和建立正确的符号定时。在发送 O-P-TRAINING 1 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-TRAINING 1 的持续期是可变的。VTU-O 通过发送 O-P-SYNCHRO 4 结束 O-P-TRAINING 1。

O-P-TRAINING 1 必须由 MEDLEY 集中的所有子载波所组成。这些子载波必须由 4-QAM 进行调制。O-P-TRAINING 1 的每个 DMT 符号载送一个字节。所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用 (见 12.3.6.2.1)。

由 O-P-TRAINING 1 所载送的一个字节必须是 PRBS 发生器的输出。PRBS 发生器的生成多项式与象限扰码器所用的 PRBS 多项式相同 (见 12.3.6.2)。这一 PRBS 发生器不得复位，并且在 DMT 符号之间，不得跳过任何比特。这一 PRBS 的初始状态 (用于 O-P-TRAINING 1 的第 1 个符号) 必须为全“1”。比特到子载波的映射必须如表 12-34 所示。

符号必须按 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须为 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{ds} 。

MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须等于在 O-PRM 的域#2 中所传递的下行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD_{ds})。

表 12-34/G.993.2—O-P-TRAINING 1的比特映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., 10n+1, ...	从该 PRBS 字节来的第 1 个 2 比特
3, 13, 23, ..., 10n+3, ...	从该 PRBS 字节来的第 2 个 2 比特
5, 15, 25, ..., 10n+5, ...	从该 PRBS 字节来的第 3 个 2 比特
7, 17, 27, ..., 10n+7, ...	从该 PRBS 字节来的第 4 个 2 比特
9, 19, 29, ..., 10n+9, ...	00

12.3.4.3.1.2 O-P-SYNCHRO 4

O-P-SYNCHRO 4 为从 O-P-TRAINING 1 转换到 O-P-PILOT 2 提供了一个精确的时标。在发送 O-P-SYNCHRO 4 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-SYNCHRO 4 的持续期是 15 个 DMT 符号。

O-P-SYNCHRO 4 必须使用 MEDLEYds 集中 4QAM 调制的所有子载波。对于开头 5 个和最后 5 个 DMT 符号，值 11 必须被映射到所有 MEDLEYds 子载波上。对于中间 5 个 DMT 符号，值 00 必须被映射到所有 MEDLEYds 子载波上。在所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须是 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个取样。窗口的总长度必须等于 β_{ds} 。

在 O-P-SYNCHRO 4 中 MEDLEYds 子载波的发信 PSD 必须与 O-P-TRAINING 1 期间相同。

12.3.4.3.1.3 O-P-PILOT 2

O-P-PILOT 2 信号要使 VTU-R 能够在 VTU-O TEQ 训练期间保持环路定时。在 O-P-PILOT 2 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-PILOT 2 的持续期是带 CE 的 T_{VTU-O_TEQ} 个 DMT 符号。 T_{VTU-O_TEQ} 的值必须设置于 VTU-R 在 R-PRM 中和 VTU-O 在 O-PRM 中所请求的持续期中的最大值。

O-P-PILOT 2 仅由 VTU-R 选择的和在信道发现阶段期间 VTU-O 在 R-MSG 1 的域#5 中所传递的导频单音组成。在 O-P-PILOT 2 的每一个符号期间，值 00 必须被映射到以 4QAM 调制的所有导频单音上。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须是 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{ds} 。

O-P-PILOT 2 信号必须符合在信道发现阶段结束时所确定的 MREFMASKds。若在信道发现阶段期间，R-MSG 1 的 O-P-PILOT 设置域的第 2 个 MSB 被设置成“0”，则导频单音的发信功率必须设置为“0”。

12.3.4.3.1.4 O-P-TEQ

O-P-TEQ 是一个周期性信号。它使得 VTU-R 有能够训练它的 TEQ。在发送 O-P-TEQ 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-TEQ 的持续期是带 CE 的 T_{VTU-R_TEQ} 个 DMT 符号。 T_{VTU-R_TEQ} 的值必须设置为由 VTU-R 在 R-PRM 中和由 VTU-O 在 O-PRM 中所请求的持续期之中的最大值。

O-P-TEQ 必须使用从 MEDLEY_{ds} 集来的所有子载波以及其指数在 1 和 $t_{DS1_stop} + 32$ 之间的 MEDLEY_{ds} 外的子载波。这里 t_{DS1_stop} 是在 DS1 中包含的在 MEDLEY_{ds} 集中的最高指数的子载波。

O-P-TEQ 必须在每一子载波上映射 4QAM 值 11。在所有子载波上的星座点必须根据由在 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

O-P-TEQ 必须按照 12.3.6.1 中的描述构成。

在 O-P-TEQ 中的 MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须与 O-P-TRAINING 1 期间相同。发信 PSD 必须包含在信道发现阶段期间，VTU-O 发出的 t_{ss_i} 值（见 12.3.3.2.1.3）。

12.3.4.3.1.5 O-P-ECT

O-P-ECT 信号使得 VTU-O 有可能训练它的回波抵消器。在发送 O-P-ECT 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-ECT 的持续期是带 CE 的 T_{VTU-O_EC} 个 DMT 符号。 T_{VTU-O_EC} 的值必须是 VTU-O 在 O-PRM 中所指示的值。

O-P-ECT 是供货商自行决定的信号。然而，为了使得 VTU-R 有可能保持环路定时，O-P-ECT 信号必须包含在信道发现阶段期间由 VTU-R 所选择的任何导频单音。

O-P-ECT 的 PSD 必须符合在信道发现阶段结束时所确定的 MREFMASK_{ds}。

12.3.4.3.1.6 O-P-PILOT 3

O-P-PILOT 3 信号想要使 VTU-R 有可能在回波抵消器训练期间保持环路定时。在发送 O-P-PILOT 3 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-PILOT 3 的持续期是 T_{VTU-R_EC} 个带 CE 的 DMT 符号。 T_{VTU-R_EC} 的值必须是 VTU-R 在 R-PRM 中所指示的值。

O-P-PILOT 3 仅仅由 VTU-R 选择的和在信道发现阶段期间在 R-MSG 1 的域#5 中传递给 VTU-O 的导频单音组成。在每一个 O-P-PILOT 3 符号期间，值 00 必须映射到 4QAM 调制的所有导频单音上。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须是 $2N_{ds} + L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{ds} 。

O-P-PILOT 3 信号必须符合在信道发现阶段结束时确定的 MREFMASK_{ds}。若在信道发现阶段期间，R-MSG 1 的 O-P-PILOT 设置域的第 3 个 MSB 被设置于“0”，导频单音的发信功率必须设置为零。

12.3.4.3.1.7 O-P-PERIODIC 2

O-P-PERIODIC 2 是一个周期性信号。在发送 O-P-PERIODIC 2 期间，SOC 处于非激活状态。

O-P-PERIODIC 2 的持续期是 $T_{Periodic}$ 个带 CE 的 DMT 符号，它是由 VTU-R 在 R-PRM 和由 VTU-O 在 O-PRM 中所请求的持续期之中的最大值。

O-P-PERIODIC 2 必须由 MEDLEY_{ds} 集中的所有子载波所组成。这些子载波必须由 4QAM 调制。值 11 必须被映射到所有子载波上。在所有子载波上的星座点必须根据由 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

O-P-PERIODIC 2 必须按照 12.3.6.1 中的描述构成。

在 O-P-PERIODIC 2 中的 MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须与 O-P-TRAINING 1 期间相同。

12.3.4.3.1.8 O-P-TRAINING 2

O-P-TRAINING 2 信号使得 VTU-R 能够在 VTU-O 和 VTU-R 之间重新建立 SOC 消息的交换。在发送 O-P-TRAINING 2 期间，SOC 处于激活状态。

O-P-TRAINING 2 的持续期是可变的。VTU-O 通过发出 O-P-SYNCHRO 5 结束 O-P-TRAINING 2，它完成了训练阶段。

O-P-TRAINING 2 必须由 4QAM 调制的在 MEDLEY_{ds} 集中的所有子载波所组成。

O-P-TRAINING 2 的每一 DMT 符号必须载送一个信息字节。比特到子载波的映射必须是在表 12-35 中所汇总的方式。

表 12-35/G.993.2—O-P-TRAINING 2 的比特映射

子载波指数	星座点
偶数	00
1, 11, 21, ..., 10n+1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
3, 13, 23, ..., 10n+3, ...	SOC 消息比特 2 & 3
5, 15, 25, ..., 10n+5, ...	SOC 消息比特 4 & 5
7, 17, 27, ..., 10n+7, ...	SOC 消息比特 6 & 7
9, 19, 29, ..., 10n+9, ...	00

在所有子载波上的星座点必须由 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须是 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{ds} 。

在 O-P-TRAINING 2 中的 MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须与 O-P-TRAINING 1 期间相同。

12.3.4.3.1.9 O-P-SYNCHRO 5

O-P-SYNCHRO 5 是（在信道和分析阶段开始时）为从 O-P-TRAINING 2 转换到 O-P-MEDLEY 提供精确时标的信号。

O-P-SYNCHRO 5 必须与 O-P-SYNCHRO 4 相同。

12.3.4.3.2 VTU-R 所发送的信号

12.3.4.3.2.1 R-P-QUIET 2

R-P-QUIET 2 在 U 接口点上提供零输出电压。所有子载波必须以零功率发送。R-P-QUIET 2 的持续期由 VTU-R 自行决定，但是不得超过 4096 个带 CE 的 DMT 符号。

12.3.4.3.2.2 R-P-TRAINING 1

R-P-TRAINING 1 信号是重建同步以后，VTU-R 所发出的第 1 个信号。在发送 R-P-TRAINING 1 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-TRAINING 1 的持续期是可变的。

R-P-TRAINING 1 必须由 MEDLEYus 集中的所有子载波组成。这些子载波必须由 4QAM 调制。R-P-TRAINING 1 的每一 DMT 符号载送一个字节。一个字节和各比特到子载波的映射如表 12-36 所示。

表 12-36/G.993.2—R-P-TRAINING 1 的比特映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., $10n+1$, ...	01
3, 13, 23, ..., $10n+3$, ...	11
5, 15, 25, ..., $10n+5$, ...	11
7, 17, 27, ..., $10n+7$, ...	10
9, 19, 29, ..., $10n+9$, ...	00

所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须为 $2N_{us}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{us} 。

在 R-P-TRAINING 1 中的 MEDLEYus 子载波的发信 PSD 必须等于在 R-PRM 的域#2 中所传递的上行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD_{us})。

12.3.4.3.2.3 R-P-SYNCHRO 4

R-P-SYNCHRO 4 为从 R-P-TRAINING 1 转换到 R-P-TEQ 提供精确的时标。在发送 R-P-SYNCHRO 4 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-SYNCHRO 4 的持续期是 15 个 DMT 符号。

R-P-SYNCHRO 4 必须使用由 4QAM 调制的 MEDLEYus 集中的所有子载波。在开头 5 个和最后 5 个 DMT 符号期间，值 11 必须被映射到所有 MEDLEYus 的子载波上。在中间 5 个 DMT 符号期间，值 00 必须被映射到所有 MEDLEYus 的子载波上。在所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 的描述生成。符号长度必须是 $2N_{us}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{us} 。

在 R-P-SYNCHRO 4 中的 MEDLEYus 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-TRAINING 1 期间相同。

12.3.4.3.2.4 R-P-TEQ

R-P-TEQ 是一个周期性信号。它使得 VTU-O 能够训练它的 TEQ。在发送 R-P-TEQ 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-TEQ 的持续期是 T_{VTU-O_TEQ} 个带 CE 的 DMT 符号。 T_{VTU-O_TEQ} 的值必须被设置到由 VTU-R 在 R-PRM 中和由 VTU-O 在 O-PRM 中所请求的持续期之中的最大值。

R-P-TEQ 必须使用从 MEDLEYus 集来的所有子载波以及其指数在 1 和 $t_{US0_stop} + 32$ 之间的 MEDLEYus 以外的子载波。这里 t_{US0_stop} 是在 US0 中所包含的指数最高的子载波。

在每一子载波上，R-P-TEQ 必须映射 4QAM 的值 11。所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

R-P-TEQ 必须按照 12.3.6.1 中的描述构成。

在 R-P-TEQ 中的 MEDLEY_{us} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-TRAINING 1 期间相同。发信 PSD 必须包含 VTU-R 在信道发现阶段期间发出过的 tss_i 值（见 12.3.3.2.2.3）。

12.3.4.3.2.5 R-P-QUIET 3

R-P-QUIET 3 必须在 U 接口上提供零输出电压。所有子载波必须零功率发送。R-P-QUIET 3 的持续期必须是 $T_{VTU-R_TEQ} + T_{VTU-O_EC}$ 个带 CE 的 DMT 符号。

12.3.4.3.2.6 R-P-ECT

R-P-ECT 信号使 VTU-R 能够训练它的回波抵消器。R-P-ECT 是一个供货商自行决定的信号。在发送 R-P-ECT 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-ECT 的持续期是 T_{VTU-R_EC} 个带 CE 的 DMT 符号。 T_{VTU-R_EC} 的值必须是 VTU-R 在 R-PRM 中所指示的值。

R-P-ECT 的 PSD 必须符合在信道发现阶段结束时所确定的 MREFMASK_{us}。

12.3.4.3.2.7 R-P-PERIODIC 2

R-P-PERIODIC 2 是一个周期性信号。在发送 R-P-PERIODIC 2 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-PERIODIC 2 的持续期是 $T_{Periodic}$ 个带 CE 的 DMT 符号，它是由 VTU-O 在 O-PRM 中和 VTU-R 在 R-PRM 中所请求的持续期之中的最大值。

R-P-PERIODIC 2 必须由 MEDLEY_{us} 集中的所有子载波所组成。这些子载波必须由 4QAM 调制。必须把值 11 映射到每一子载波上。所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

R-P-PERIODIC 2 必须按照 12.3.6.1 中的描述构成。

在 R-P-PERIODIC 2 中的 MEDLEY_{us} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-TRAINING 1 期间相同。

12.3.4.3.2.8 R-P-TRAINING 2

R-P-TRAINING 2 信号在 VTU-O 和 VTU-R 之间重建 SOC 消息的交换。在发送 R-P-TRAINING 2 期间，SOC 处于激活状态。

R-P-TRAINING 2 的持续期是可变的。VTU-R 接收到 O-P-SYNCHRO 5 时，它就终止 R-P-TRAINING 2。

R-P-TRAINING 2 必须由 MEDLEY_{us} 集中的所有子载波组成。这些子载波必须由 4QAM 进行调制。R-P-TRAINING 2 的每一 DMT 符号必须载送一个信息字节。比特映射必须是表 12-37 中所汇总的方式。

表 12-37/G.993.2—R-P-TRAINING 2的比特映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., 10n+1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
3, 13, 23, ..., 10n+3, ...	SOC 消息比特 2 & 3
5, 15, 25, ..., 10n+5, ...	SOC 消息比特 4 & 5
7, 17, 27, ..., 10n+7, ...	SOC 消息比特 6 & 7
9, 19, 29, ..., 10n+9, ...	00

所有子载波的星座点都必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须为 $2N_{us}+L_{CE}$ 个样值。

在 R-P-TRAINING 2 中的 MEDLEY_{us} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-TRAINING 1 期间相同。

12.3.4.3.2.9 R-P-SYNCHRO 5

R-P-SYNCHRO 5 是（在信道分析和交换阶段开始时），为从 R-P-TRAINING 2 转换到 R-P-MEDLEY 提供精确时标的一个信号。

R-P-SYNCHRO 5 必须与 R-P-SYNCHRO 4 相同。

12.3.5 信道分析和交换阶段

12.3.5.1 概述

在信道分析和交换阶段，完成 SNR 估计。两个调制解调器交换它们的能力和根据这些能力所选择的用于上行和下行传输的最终配置。

图 12-8 介绍了信道分析和交换阶段的各步骤的定时图。它给出了在信道分析和交换期间由 VTU-O 和 VTU-R 所发送的信号次序和所发出的 SOC 消息次序的概貌。中间两列表示出所发送的信号的次序（见 12.3.5.3）。靠外面两列表示出在 SOC 上所发出的消息的次序（见 12.3.5.2）。阴影区相当于当 SOC 处于非激活状态时的时间段。

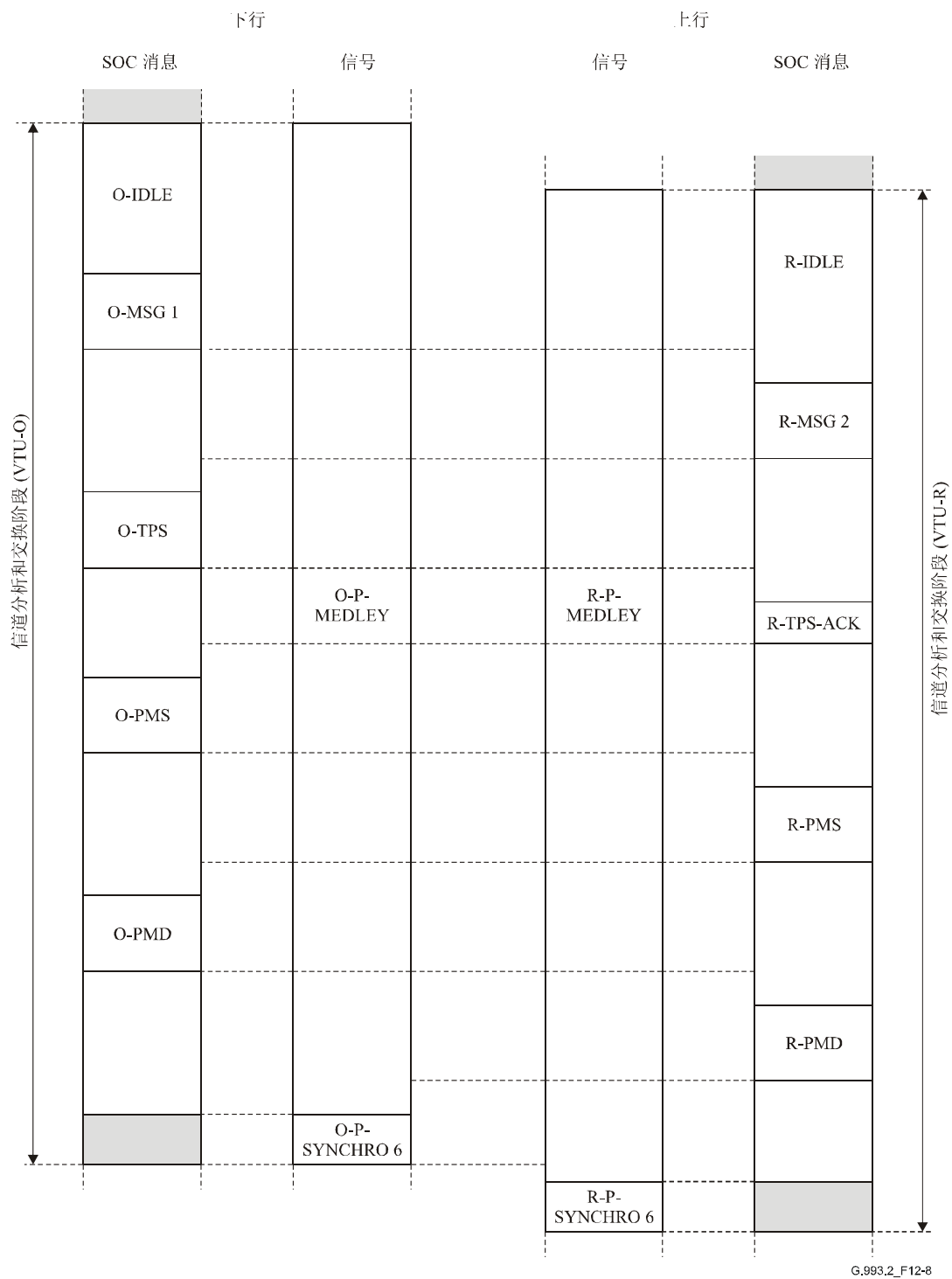


图 12-8/G.993.2—信道分析和交换阶段各步骤的定时图

注一 在图 12-8 中所表示的 SOC 消息交换过程中，应用 12.2.2 的通信协议规则。在 SOC 中发出的某些消息可能需要分段。尽管这一点在图 12-8 中没有表示出来，但是分好段的消息元和它们的相应证实通过 SOC，按照 12.2.2 的通信协议发出去。

如图 12-8 所示，信道分析和交换阶段包含如下步骤：

- 1) VTU-O 发出 O-MSG 1 消息，该消息包含它的能力和许多（下行）配置参数。
- 2) VTU-R 发出 R-MSG 2 消息作为应答，该消息表示出它的能力。
- 3) VTU-O 发出 O-TPS 消息，指示出承载信道的配置和它们对上行和下行两个方向所需要的能力。
- 4) VTU-R 用 R-TPS-ACK 消息证实 O-TPS 消息。
- 5) VTU-O 通过发出 O-PMS 消息，传送上行的 PMS-TC（成帧）参数。
- 6) VTU-R 通过发出 R-PMS 消息，传送下行的 PMS-TC（成帧）参数。
- 7) VTU-O 发出 O-PMD 消息，该消息包含用于上行 PMD 的比特、增益和单音排序表。
- 8) VTU-R 发出 R-PMD 消息，该消息包含用于下行 PMD 的比特、增益和单音排序表。

在发出 R-PMD 以后，调制解调器准备转换到传送数据时间阶段。对下行和上行传输方向，必须分别用 O-P-SYNCHRO 6 和 R-P-SYNCHRO 6 给出转入传送数据时间的启动信号。R-P-SYNCHRO 6 必须在检测到 O-P-SYNCHRO 6 后 64 个符号时间内发送出去。

在 O-P-SYNCHRO 6 后面的第 1 个 DMT 符号必须是传送数据时间的第 1 个下行符号。同样，R-P-SYNCHRO 6 后面的第 1 个 DMT 符号必须是传送数据时间的第 1 个上行符号。从传送数据时间的第 1 个符号开始，必须设置在信道分析和交换阶段期间协商确定的 PMD、PMS-TC 和 TPS-TC 参数的设置。

在信道分析和交换阶段期间，由 VTU-O 所发出的信号和 SOC 消息汇总在表 12-38 中，而在信道分析和交换阶段期间，由 VTU-R 所发出的信号和 SOC 消息汇总在表 12-39 中。在标有“SOC 状态”的那一列中的圆括号内，给出了用于 SOC 消息的协议（如可以应用）。

表 12-38/G.993.2—在信道分析和交换阶段中的VTU-O信号和SOC消息

信 号	信号类型	在带CE的DMT符号中的信号持续期	SOC消息	SOC状态
O-P-MEDLEY	非周期性	可变	O-MSG 1, O-TPS, O-PMS, O-PMD	激活(RQ)
O-P-SYNCHRO 6	非周期性	15	无	非激活

表 12-39/G.993.2—在信道分析和交换阶段中的VTU-R信号和SOC消息

信号	信号类型	在带CE的DMT符号中的信号持续期	SOC消息	SOC状态
R-P-MEDLEY	非周期性	可变	R-MSG 2, R-TPS-ACK, R-PMS, R-PMD	激活(RQ)
R-P-SYNCHRO 6	非周期性	15	无	非激活

12.3.5.2 在信道分析和交换阶段期间所交换的信息

图 12-9 说明了在信道分析和交换阶段期间，在 VTU-O 和 VTU-R 之间的 SOC 交换过程。它也汇总了每一消息的内容。

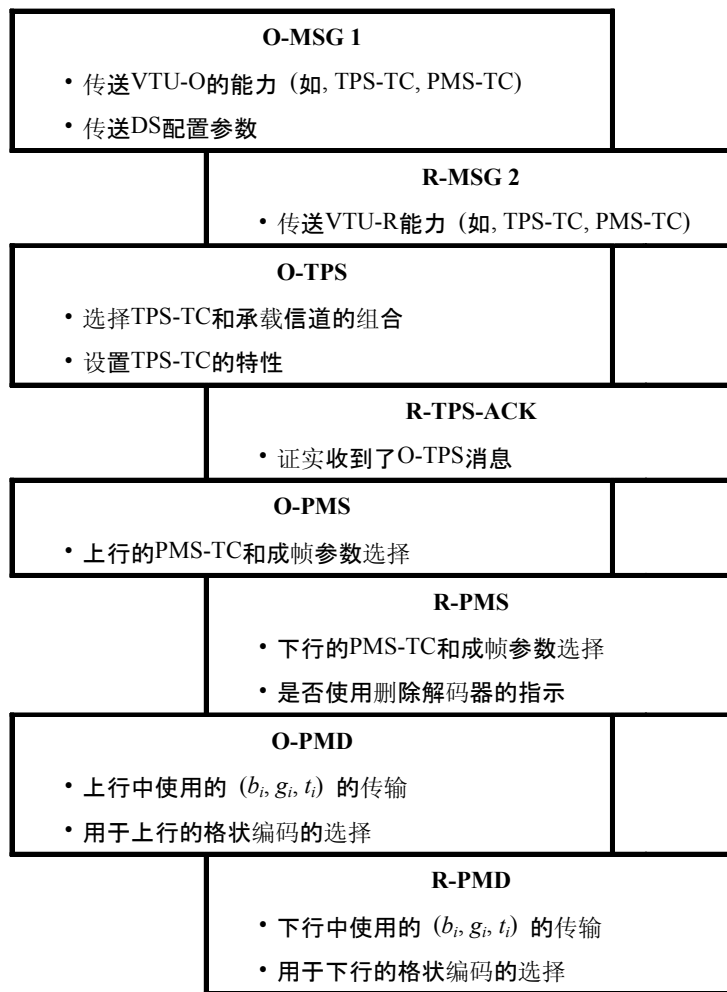


图 12-9/G.993.2—在信道分析和交换阶段期间所交换的SOC消息

12.3.5.2.1 在信道分析和交换阶段期间发生的VTU-O消息

12.3.5.2.1.1 O-MSG 1

O-MSG 1 消息包含 VTU-O 的能力和对下行传输（如余量）的要求。由 O-MSG 1 消息载送的参数总明细表示于表 12-40。

表 12-40/G.993.2—消息O-MSG 1的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	下行目标 SNR 余量(TARSNRMds)	2 字节
3	下行最小 SNR 余量(MINSNRMds)	2 字节
4	下行最大 SNR 余量(MAXSNRMds)	2 字节
5	RA-MODE	1 字节
6	NTR	1 字节
7	TPS-TC 能力	见表 12-41
8	PMS-TC 能力	见表 12-43

域#1 “消息描述符”是识别该消息的独特的 1 字节码。码的完整的明细表见表 12-2。

域#2 “下行目标 SNR 余量 (TARSNRMds)”表示 VTU-R 接收机的目标 SNR 余量。这一参数的定义和使用必须与 ITU-T G.997.1 建议书[4]中所规定的参数“下行目标噪声余量 (TARSNRMds)”相同。这一参数的值和格式必须与在 O-SIGNATURE 的域#12 中的相同 (见 12.3.3.2.1.1)。

域#3 “下行最小 SNR 余量 (MINSNRMds)”是 VTU-R 必须容许的最小 SNR 余量。这一参数的定义和使用必须与在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中规定的参数“下行最小噪声余量 (MINSNRMds)”的相同。这一域的格式必须为一个 16 比特的无符号的整数, LSB 的权重 0.1 dB, 有效范围在 0 和 31 dB 之间。

域#4 “下行最大 SNR 余量 (MAXSNRMds)”。这一参数的值和格式必须与 O-SIGNATURE 的域#11 中的相同 (见 12.3.3.2.1.1)。

注—下面的参数—最大净数据速率、下行最大 SNR 余量、脉冲噪声保护、最大交织时延 (在 SNRM_MODE=1 中) 和 TXREFVN (在 SNRM_MODE=2 中)—中的一个或多个参数的不适当设置能够导致高电平的发信功率, 从而可能同一捆线的其它线对上的 DSL 受到高电平串音。特别是, 最大净数据速率、下行最大 SNR 余量、脉冲噪声保护等值比较大、最大交织时延的值比较小 (在 SNRM_MODE=1 中) 和 TXREFVN 的值比较大 (在 SNRM_MODE=2 中) 是有相当大的关系的。

域#5“RA-MODE”按照在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中的规定, 规定了在下行方向上, 速率自适应的 VTU-O 的工作模式。这一域必须被编码为 8 比特的整数。对 RA-MODE 1、2 和 3, 有效的值分别为 01_{16} 、 02_{16} 和 03_{16} 。

域#6 “NTR”。若 VTU-O 正在传送下行方向上的 NTR 信号, 必须把 NTR 设置为 01_{16} ; 否则必须将它设置为 00_{16} 。

域#7 “TPS-TC 能力”表示表 12-41 中所示的 VTU-O 的 TPS-TC 的能力。

域#8 “PMS-TC 能力”表示 VTU-O 的 PMS-TC 的能力。这包含在 VTU-O (DS 和 US) 上所支持的等待时间路径和每条路径的能力 (例如, 所支持的编码和交织器参数), 如表 12-43 所示。

表 12-41/G.993.2—VTU-O的TPS-TC的能力

域 名	格 式	描 述
每一类型下行 TPS-TC 数的最大值	1 字节: [ssaapp00]	表示在下行方向上, VTU-O 支持的 TPS-TC 数的最大值: <ul style="list-style-type: none"> ss=下行 STM TPS-TC 数的最大值(0,1,2); aa=下行 ATM TPS-TC 数的最大值(0,1,2);和 pp=下行 PTM TPS-TC 数的最大值(0,1,2)
每一类型上行 TPS-TC 数的最大值	1 字节: [ssaapp00]	表示在上行方向上, VTU-O 支持的 TPS-TC 数的最大值: <ul style="list-style-type: none"> ss=上行 STM TPS-TC 数的最大值(0,1,2); aa=上行 ATM TPS-TC 数的最大值(0,1,2);和 pp=上行 PTM TPS-TC 数的最大值(0,1,2)
所支持的下行承载信道和 TPS-TC 的组合	1 字节: [s ₀ a ₀ p ₀ 0 s ₁ a ₁ p ₁ 0]	s ₀ : 若在承载信道 0 上可以支持 STM, 等于 1。 a ₀ : 若在承载信道 0 上可以支持 ATM, 等于 1。 p ₀ : 若在承载信道 0 上可以支持 PTM, 等于 1。 s ₁ : 若在承载信道 1 上可以支持 STM, 等于 1。 a ₁ : 若在承载信道 1 上可以支持 ATM, 等于 1。 p ₁ : 若在承载信道 1 上可以支持 PTM, 等于 1。
所支持的上行承载信道和 TPS-TC 的组合	1 字节: [s ₀ a ₀ p ₀ 0 s ₁ a ₁ p ₁ 0]	s ₀ : 若在承载信道 0 上可以支持 STM, 等于 1。 a ₀ : 若在承载信道 0 上可以支持 ATM, 等于 1。 p ₀ : 若在承载信道 0 上可以支持 PTM, 等于 1。 s ₁ : 若在承载信道 1 上可以支持 STM, 等于 1。 a ₁ : 若在承载信道 1 上可以支持 ATM, 等于 1。 p ₁ : 若在承载信道 1 上可以支持 PTM, 等于 1。
对于每一个所支持的 TPS-TC, 必须将承载信道描述符 (见表 12-42) 预先加到该消息上。		
下行 STM TPS-TC 的能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的下行 STM TPS-TC 的能力。
下行 ATM TPS-TC 的能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的下行 ATM TPS-TC 的能力。
下行 PTM TPS-TC 的能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的下行 PTM TPS-TC 的能力。
上行 STM TPS-TC 的能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的上行 STM TPS-TC 的能力。
上行 ATM TPS-TC 的能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的上行 ATM TPS-TC 的能力。
上行 PTM TPS-TC 的能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的上行 PTM TPS-TC 的能力。
注 — TPS-TC 的承载信道描述符的数取决于“下行/上行 TPS-TC 的最大数”的域。		

表 12-42/G.993.2—承载信道描述符

字 节	域 的 内 容
1-2	最小净数据速率(net_min_n)
3-4	最大净数据速率(net_max_n)
5-6	保留的净数据速率($net_reserve_n$) (注 1)
7	最大交织时延
8	脉冲噪声保护
9	TPS-TC 可选
注一 在这一版本的本建议书中不使用这一参数,并且它必须设置于在字节 1 和 2 中的最小净数据速率的值。在本建议书的将来的修订本中,将规定利用这一参数的 OLR 程序。	

在域“最小净数据速率”,“最大净数据速率”和“保留净数据速率”中,分别将参数值 net_min_n , net_max_n 和 $net_reserve_n$ 编码为无符号的整数,代表数据速率为 8kbit/s 的整数倍。

在(传送能力)的 O-MSG1 中,不可以应用域“最大交织时延”和“脉冲噪声保护”,并且 VTU-R 接收机必须忽略每一承载信道描述符中字节 7 和 8 的值。

域“TPS-TC 可选项”必须包含一个字节,用于协商和选择这一承载信道的可选项。内容取决于映射在这一承载信道上的 TPS-TC 的类型。

对于映射到 PTM TPS-TC 上的承载信道,该字节必须按下面的规则进行编码:

- 比特 0: 若在这一承载信道中,VTU-O 支持抢占(N.3.1.2/G.992.3[10]),必须把该比特设置为“1”。
- 比特 1: 若在这一承载信道中,VTU-O 支持短数据包(N.3.1.3/G.992.3 [10]),必须把该比特设置为“1”。
- 比特 2-7 由 ITU-T 保留并且设置为“0”。

对于映射到 ATM 或 STM TPS-TC 上的承载信道,“TPS-TC 可选”域由 ITU-T 保留并且必须设置为“00₁₆”。

表 12-43/G.993.2—VTU-O 的 PMS-TC 的能力

域 名	格 式	描 述
下行动态交织器	1 字节	支持在下行方向上交织器深度动态改变(见 9.4.1)。值 00 ₁₆ 表示不支持。所有其它值有待进一步研究。
上行动态交织器	1 字节	支持在上行方向上交织器深度动态改变(见 9.4.1)。值 00 ₁₆ 表示不支持。所有其它值有待进一步研究。
下行消息开销数据速率	1 字节	在下行方向上 VTU-O 必需的最小消息开销数据速率。无符号的 8 比特值是消息开销的数据速率除以 1000 bit/s 再减 1 (范围 1 到 256 kbit/s)。
上行消息开销数据速率	1 字节	在上行方向上 VTU-O 必需的最小消息开销数据速率。无符号的 8 比特值是消息开销的数据速率除以 1000 bit/s 再减 1 (范围从 1 到 256 kbit/s)。

表 12-43/G.993.2—VTU-O的PMS-TC的能力

域 名	格 式	描 述
等待时间路径 0 的最大下行净数据速率	2 字节	2 字节的参数块, 描述在等待时间路径#0 中所支持的最大下行净数据速率。无符号的 16 比特的值是净数据速率除以 8000 bit/s。
等待时间路径 0 的最大上行净数据速率	2 字节	2 字节的参数块, 描述在等待时间#0 中所支持的最大上行净数据速率。无符号的 16 比特的值是净数据速率除以 8000 bit/s。
等待时间路径 1 的最大下行净数据速率	2 字节	2 字节的参数块, 描述在等待时间#1 中所支持的最大下行净数据速率。无符号的 16 比特的值是净数据速率除以 8000 bit/s。
等待时间路径 1 的最大上行净数据速率	2 字节	2 字节的参数块, 描述等待时间路径#1 所支持的最大上行净数据速率。无符号的 16 比特的值是净数据速率除以 8000 bit/s。
DS (1/S) _{max}	1 字节	1 字节的参数块, 描述 9.5.5 中所规定的下行方向上 VTU-O 所支持的 1/S 的最大值。无符号的 8 bit 值编码为 1 到 64。步长为 1。
US (1/S) _{max}	1 字节	1 字节的参数块, 描述 9.5.5 中所规定的上行方向上 VTU-O 所支持的 1/S 的最大值。无符号的 8 bit 值编码为 1 到 64。步长为 1。
注 — 若只支持一个等待时间路径, 等待时间路径#1 的值必须设置为“0”。		

12.3.5.2.1.2 O-TPS

O-TPS 传送上行和下行两个方向上的 TPS-TC 的配置。它基于在 O-MSG 1 和 R-MSG 2 中曾指示出的能力。O-TPS 消息所载送的参数总明细表示于表 12-44。

表 12-44/G.993.2—消息O-TPS的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	TPS-TC 的配置	见表 12-45

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。码的完整明细表见表 12-2。

域#2 “TPS-TC 配置” 规定了上行和下行方向上的 TPS-TC 的配置。它的结构如表 12-45 所示。

表 12-45/G.993.2—TPS-TC的配置

域 名	格 式	描 述
下行承载信道的映射配置和 TPS-TC 的类型 (注 1)	1 字节: [aaaa bbbb]	aaaa = 映射到 DS 承载信道 0 的 TPS-TC 的类型 <ul style="list-style-type: none"> • aaaa=1000: STM-TC • aaaa=0100: ATM-TC • aaaa=0010: PTM-TC • aaaa=0000: 非激活承载信道 bbbb = 映射到 DS 承载信道 1 的 TPS-TC 的类型 <ul style="list-style-type: none"> • bbbb=1000: STM-TC • bbbb=0100: ATM-TC • bbbb=0010: PTM-TC • bbbb=0000: 非激活承载信道
上行承载信道的映射配置和 TPS-TC 的类型 (注 1)	1 字节: [cccc dddd]	cccc = 映射到 US 承载信道 0 的 TPS-TC 的类型 <ul style="list-style-type: none"> • cccc=1000: STM-TC • cccc=0100: ATM-TC • cccc=0010: PTM-TC • cccc=0000: 非激活承载信道 dddd = 映射到 US 承载信道 1 的 TPS-TC 的类型 <ul style="list-style-type: none"> • dddd=1000: STM-TC • dddd=0100: ATM-TC • dddd=0010: PTM-TC • dddd=0000: 非激活承载信道
下行速率自适应比	1 字节	这一域包含在 ITU-T G.997.1 建议书[4]中规定的下行承载信道 0 的速率自适应比。这一域必须编码为无符号的整数, 范围为 0 到 100。值 100 的含义是给承载信道 0 分配的容量全部超额。
对于每一方向上的每一激活的承载信道, 必须在该消息上预先添上承载信道描述符 (见表 12-42):		
下行承载信道 0 的配置	0 或 1 承载信道描述符	包含所要求的下行承载信道 0 的配置
下行承载信道 1 的配置	0 或 1 承载信道描述符	包含所要求的下行承载信道 1 的配置
上行承载信道 0 的配置	0 或 1 承载信道描述符	包含所要求的上行承载信道 0 的配置
上行承载信道 1 的配置	0 或 1 承载信道描述符	包含所要求的上行承载信道 1 的配置
注 1 — 某些 TPS-TC 的同时配置是无效的 (见 8.1.3.1)。		
注 2 — 用于承载信道配置的承载信道描述符的数目取决于在每一方向上的激活承载信道的数目。		

在每一承载信道描述符中，域“最小净数据速率”，“最大净数据速率”和“保留的净数据速率”必须分别包含由 VTU-O 所选择的 net_min_n 、 net_max_n 和 $net_reserve_n$ 的值。每一个值都必须被编码为无符号的整数，表示数据速率为 8 kbit/s 的倍数。

在域“最大交织器时延”中，参数 $delay_max_n$ 必须按下面的规则编码为无符号的整数，表示时延的 ms 数：

- 有效的值是 $0 \leq delay_max_n \leq 63$ 和 $delay_max_n = 255$ 。
- 值 $delay_max_n = 1$ 是一个特殊的值，表示必须将交织器深度 D_p 设置为 $D_p = 1$ ，相当于可能的最小时延。
- 值 $delay_max_n = 0$ 是一个特殊的值，表示对最大时延不加限制。
- 值 $delay_max_n = 255$ 是一个特殊的值，表示交织器时延为 1ms。

域“脉冲噪声保护”必须按下面的规则编码：

- 比特 0-5 必须包含所要求的 INP_min_n 值，用 DMT 符号数表示。
- 有效的值是 $0 \leq INP_min_n \leq 16$ 。
- 值 $INP_min_n = 0$ 是一个特殊的值，表示最低电平的脉冲噪声保护的要求。
- 比特 6 保留，并且设置为“0”。
- 比特 7: $INP_no_erasure_required$ (见 9.6)
 - 当设置为“1”时，它表示 VTU-R 接收机必须设置 $INP_p = INP_no_erasure_p$ 。
 - 当设置为“0”时，它表示不要求接收机设置 $INP_p = INP_no_erasure_p$ 。

注 — 下面的参数 — 最大净数据速率、下行最大的 SNR 余量、脉冲噪声保护、最大交织时延（在 $SNRM_MODE=1$ 中）和 $TXREFVN$ （在 $SNRN_MODE=2$ 中）— 中的一个或多个参数的不适当设置可能导致发信功率电平过高，从而造成在同一捆线中其它线上的 DSL 受到的串音过高。特别是，最大净数据速率、下行最大 SNR 余量、脉冲噪声保护等值大，最大交织时延值小（在 $SNRM_MODE=1$ 中）和 $TXREFVN$ 值大（在 $SNRN_MODE=2$ 中）的影响较大。

域“TPS-TC 可选”必须按下面规则编码：

- 比特 0: 若并且只有若在 O-MSG 1 和 R-MSG 2 中，对这一承载信道都把这个比特设置为“1”，则必须将这一比特设置为“1”，以使得在这一承载信道中能够抢占。
- 比特 1: 若并且只有若在 O-MSG 1 和 R-MSG 2 中，对这一承载信道都把这个比特设置为“1”，则必须将这一比特设置为“1”，以使得在这一承载信道中能够传送短数据包。
- 比特 2-7 由 ITU-T 保留并设置为“0”。

对于映射到 ATM 或 STM TPS-TC 上的承载信道，TPS-TC 的可选域由 ITU-T 保留，并必须设置为 00_{16} 。

12.3.5.2.1.3 O-PMS

O-PMS 消息传送在传送数据时间期间、在上行方向上必须使用的初始 PMS-TC 参数的设置。它还规定了 VTU-R 可以用于下行数据流去交织的共享交织器存储器的部分。由 O-PMS 所发送的参数的总明细表示于表 12-46。

表 12-46/G.993.2—消息O-PMS的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	MSGLP	1 字节
3	承载信道映射到等待时间路径	1 字节
4	B _{x0}	1 字节
5	B _{x1}	1 字节
6	LP ₀	等待时间路径描述符
7	LP ₁	等待时间路径描述符
8	MaxD ₀	3 字节
9	MaxD ₁	3 字节

域#1“消息描述符”是识别该消息的独特的一字节的码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2“MSGLP”是一字节的域，表示为上行方向上的（载送消息开销的）1 型 OH 帧选择哪一等待时间路径。该字节的 7 个 MSB 必须总是设置为“0”。LSB 必须被设置为“0”或“1”，分别表示等待时间路径#0 或等待时间路径#1。

域#3“承载信道到等待时间路径的映射”是一字节的域，表示在每一个上行等待时间路径上必须载送哪一承载信道。该字节表示为[cccc dddd]。若承载信道#0 要在等待时间路径#0 中载送，则必须将比特 cccc 设置为 0000。而且若承载信道#0 要在等待时间路径#1 中载送。则比特 cccc 必须设置为 0001。若承载信道#0 不能工作，则比特 cccc 必须设置为 1111。比特 dddd 采用与 cccc 所使用的相同的编码方法，表示哪一个等待时间路径载送承载信道#1。

域#4“B_{x0}”是一字节的域，表示在上行方向上的每一 MDF 中必须传送的从承载信道#0 来的子字节数。该值必须是从集 {B₀₀, B₁₀} 来的零值或非零值。

域#5“B_{x1}”是一字节的域，表示在上行方向上的每一 MDF 中必须传送的从承载信道#1 来的字节数。该值必须是从集 {B₀₁, B₁₁} 来的零值或非零值。

域#6“LP₀”是 10 个字节的域，它包含在上行方向上的等待时间路径#0 的 PMS-TC 参数。必须使用表 12-47 中规定的“等待时间路径描述符”的格式。

域#7“LP₁”是 10 个字节的域，它包含在上行方向上的等待时间路径#1 的 PMS-TC 参数。必须使用表 12-47 中规定的“等待时间路径描述符”的格式。若不使用等待时间路径#1，LP₁ 的所有字节都必须设置为“0”。

域#8“MaxD₀”是 3 字节的域。它规定了在下行等待路径#0 中 VTU-R 为了解交织该数据流而必须容许的最大交织器时延。必须用字节数把最大交织器时延编码为无符号的整数。

域#9“MaxD₁”是 3 字节的域。它规定了在下行等待时间路径#1 中 VTU-R 为了解该数据流而必须容许的最大交织器时延。必须用字节数把最大交织器编码为无符号的整数。若这一域的值是 FFFFFFF₁₆，VTU-R 必须在两个等待时间路径之间自行分配在域#8 中规定的交织器时延。

表 12-47 对等待时间描述符做了描述。它包含了在表 9-6 中所规定的编帧器的主要参数和一个等待时间路径时的交织器设置。所有的值都是无符号的整数。

表 12-47/G.993.2—等待时间路径描述符

字节	域	格式	描述
1	T	1 字节	等待时间路径的 OH 子帧中的 MDF 数； $T = k \times M$ ， k 是整数。 T 的值不得超过 64。
2	G	1 字节	等待时间路径的 OH 子帧中的开销字节的总数； $1 \leq G \leq 32$ 。
3	F	1 字节	等待时间路径的 OH 超帧中的 OH 帧的数目； $1 \leq F \leq 255$ 。
4	M	1 字节	等待时间路径的 RS 码字中的 MDF 数；只有值 1, 2, 4, 8 和 16 是可以允许的。
5 和 6	L	2 字节	包含等待时间路径的 L 的值。
7	R	1 字节	包含等待时间路径的 R 的值。
8	I	1 字节	包含等待时间路径的 I 的值。
9 & 10	D	2 字节	等待时间的交织深度 D 。

12.3.5.2.1.4 O-PMD

O-PMD 消息传送在传送数据时间期间，在上行方向上必须使用的初始 PMD 参数的设置。由 O-PMD 消息所载送的参数的总明细表示于表 12-48。

表 12-48/G.993.2—消息O-PMD的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	格栅	1 字节
3	比特和增益表	$2 \times NSC_{us}$ 字节
4	单音排序表	$3 \times \lceil NSC_{us}/2 \rceil$ 字节，编码如下： <ul style="list-style-type: none"> • 比特 0-11: t_{2n-1} • 比特 12-23: t_{2n}
注 — The $\lceil x \rceil$ 算子代表取整到最近的更大的数。		

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “格栅” 表示在上行方向上是否必须使用格状编码。（ 00_{16} =不用格状编码， 01_{16} =使用格状编码）。

域#3 “比特和增益表” 包含在 MEDLEY_{us} 中的每一子载波的 b_i 和 g_i 值。 b_i 必须表示要由 VTU-R 映射在子载波 i 上的比特数； g_i 必须表示必须应用于子载波 i 的，相对于那个子载波在传输 R-P-MEDLEY 期间曾使用的增益的标度系数。

各 b_i 和 g_i 仅是为 MEDLEY_{us} 集的子载波规定的（按照 R-PRM 中的指示），并且必须按照子载波指数 i 的升序发出去。

每一 b_i 值必须表示为 4 比特的无符号的整数。每一 g_i 值必须表示为 12 比特的无符号的小数点位置固定的量，二进制小数点假设为正好在第 3 最高有效位的右边。例如，在二进制表达式（MSB 首先列出） 001.01000000_2 将说明子载波 i 的星座要用增益 1.25 来换算，所以，那个子载波的功率将比它在 R-P-MEDLEY 期间的功率高 1.94 dB。

必须把每一对 b_i 和 g_i 的值按下面的形式映射在一个 16 比特的域上： $[b_Mbbb g_Mggg gggg gggg]$ ，其中 b_M 和 g_M 分别是 b_i 和 g_i 的二进制表示的 MSB。

域#4 “单音排序表”包含上行方向的单音排序表 t 。该单音排序表包含上行方向中的比特指配给子载波的次序。该表必须包含 MEDLEYus 集中的所有子载波。而且只包含这些子载波。必须将每一子载波的指数表示为 12 比特的值。必须把成对的子载波指数映射到一个 3 字节的域中，如表 12-48 所示。例如，若第 n 个域的值是 400200_{16} ，则 $t_{2n-1} = 200_{16} = 512$ 和 $t_{2n} = 400_{16} = 1024$ 。若 MEDLEYus 集中子载波数为奇数，则该域的最后 12 比特必须被设置为“0”（并且被接收机忽略）。所发出的第 1 个指数值必须等于单音排序表中的第 1 个输入的指数（ t_1 ，见 10.3.1）。其余的指数必须按照单音排序表 t 输入（ $t_2, t_3, \dots, t_{NSCus}$ ）的增加的次序发出。

12.3.5.2.2 在信道分析和交换阶段期间发出的 VTU-R 消息

12.3.5.2.2.1 R-MSG 2

R-MSG 2 消息将 VTU-R 的信息传送给 VTU-O。R-MSG 2 消息所载送的参数总表如表 12-49 所示。

表 12-49/G.993.2—消息 R-MSG 2 的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	TPS-TC 能力	见表 12-50
3	PMS-TC 能力	见表 12-51

域#1 “消息描述符”是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “TPS-TC 能力”表示 VTU-R 的 TPS-TC 能力，如表 12-50 所示。

域#3 “PMS-TC 能力”表示 VTU-R 的 PMS-TC 能力。这一域包含在 VTU-R 上所支持的等待时间路径（DS 和 US）和每一路径的能力（例如所支持的编码和交织器参数），如表 12-51 所示。

表 12-50/G.993.2—VTU-R的TPS-TC能力

域 名	格 式	描 述
每一类型的下行 TPS-TC 的最大数目	1 字节: [ssaapp00]	表示在下行方向上, VTU-R 支持的每一类型 TPS-TC 的最大数目: <ul style="list-style-type: none"> • ss=下行 STM TPS-TC 的最大数目(0,1,2); • aa=下行 ATM TPS-TC 的最大数目(0,1,2); 和 • pp=下行 PTM TPS-TC 的最大数目(0,1,2)。
每一类型的上行 TPS-TC 的最大数目	1 字节: [ssaapp00]	表示在上行方向上, VTU-R 支持的每一类型 TPS-TC 的最大数目: <ul style="list-style-type: none"> • ss=上行 STM TPS-TC 的最大数目(0,1,2); • aa=上行 ATM TPS-TC 的最大数目(0,1,2); 和 • pp=上行 PTM TPS-TC 的最大数目(0,1,2)。
所支持的下行承载信道和 TPS-TC 的组合	1 字节: [s ₀ a ₀ p ₀ 0 s ₁ a ₁ p ₁ 0]	s ₀ : 若在承载信道 0 上能够支持 STM, 等于 1; a ₀ : 若在承载信道 0 上能够支持 ATM, 等于 1; p ₀ : 若在承载信道 0 上能够支持 PTM, 等于 1; s ₁ : 若在承载信道 1 上能够支持 STM, 等于 1; a ₁ : 若在承载信道 1 上能够支持 ATM, 等于 1; p ₁ : 若在承载信道 1 上能够支持 PTM, 等于 1。
所支持的上行承载信道和 TPS-TC 的组合	1 字节 [s ₀ a ₀ p ₀ 0 s ₁ a ₁ p ₁ 0]	s ₀ : 若在承载信道 0 上能够支持 STM, 等于 1; a ₀ : 若在承载信道 0 上能够支持 ATM, 等于 1; p ₀ : 若在承载信道 0 上能够支持 PTM, 等于 1; s ₁ : 若在承载信道 1 上能够支持 STM, 等于 1; a ₁ : 若在承载信道 1 上能够支持 STM, 等于 1; p ₁ : 若在承载信道 1 上能够支持 PTM, 等于 1
对于每一所支持的 TPS-TC, 必须在该消息上预先添上承载信道描述符 (见表 12-42)。		
下行 STM TPS-TC 能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的下行 STM TPS-TC 的能力。
下行 ATM TPS-TC 能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的下行 ATM TPS-TC 的能力。
下行 PTM TPS-TC 能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的下行 PTM TPS-TC 的能力。
上行 STM TPS-TC 能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的上行 STM TPS-TC 的能力。
上行 ATM TPS-TC 能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的上行 ATM TPS-TC 的能力。
上行 PTM TPS-TC 能力	0, 1 或 2 承载信道描述符	包含所支持的上行 PTM TPS-TC 的能力。
注 — 对 TPS-TC 能力的承载信道描述符的数目取决于域 “下行/上行 TPS-TC 的最大数目”。		

每一承载信道描述符（见表 12-42）必须按如下方式编码。

参数值 net_min_n , net_max_n 和 $net_reserve_n$ 必须分别在域“最小净数据速率”、“最大净数据速率”和“保留的净数据速率”中进行编码，编码成无符号的整数，按 8kbit/s 的倍数表示数据速率。

在 R-MSG 2（它传送能力）中不可以应用域“最大交织时延”和“脉冲噪声保护”，并且 VTU-O 接收机必须忽略每一承载信道描述符中的字节 7 和 8 的值。

域“TPS-TC 可选”必须按如下方式编码：

- 比特 0：若 VTU-R 在这一承载信道中支持抢占（N.3.1.2/G.992.3 [10]），该比特必须被设置为“1”。
- 比特 1：若 VTU-R 在这一承载信道中支持短数据包（N.3.1.3/G.992.3 [10]），该比特必须设置为“1”。
- 比特 2-7 由 ITU-T 保留，并设置为“0”。

对于每一映射在 ATM 或 STM TPS-TC 中的承载信道，TPS-TC 可选域由 ITU-T 保留；并设置为 00₁₆。

表 12-51/G.993.2—VTU-R 的 PMS-TC 能力

域 名	格 式	描 述
下行动态交织器	1 字节	在下行方向上，支持交织器深度的动态变化（见 9.4.1）。值 00 ₁₆ 表示不支持。所有其它值有待进一步研究。
上行动态交织器	1 字节	在上行方向上，支持交织器深度的动态变化（见 9.4.1）。值 00 ₁₆ 表示不支持。所有其它值有待进一步研究。
下行消息的开销数据速率	1 字节	在下行方向上，VTU-R 所需要的最小的消息开销数据速率。无符号的 8 比特值是消息开销数据速率除以 1000 bit/s，再减 1（范围为 1 到 256 kbit/s）。
上行消息的开销数据速率	1 字节	在上行方向上，VTU-R 所需要的最小的消息开销数据速率。无符号的 8 比特值是消息开销数据速率除以 1000 bit/s，再减 1（范围为 1 到 256 kbit/s）。
等待时间路径 0 的最大下行净数据速率	2 字节	等待时间路径#0 所支持的最大下行净数据速率。无符号的 16 比特值是净数据速率除以 8000 bit/s。
等待时间路径 0 的最大上行净数据速率	2 字节	等待时间路径#0 所支持的最大上行净数据速率。无符号的 16 比特值是净数据速率除以 8000 bit/s。
等待时间路径 1 的最大下行净数据速率	2 字节	等待时间路径#1 所支持的最大下行净数据速率。无符号的 16 比特值是净数据速率除以 8000 bit/s。
等待时间路径 1 的最大上行净数据速率	2 字节	等待时间路径#1 所支持的最大上行净数据速率。无符号的 16 比特值是净数据速率除以 8000 bit/s。
DS (1/S) _{max}	1 字节	1 字节的参数块，描述 9.5.5 中所规定的在下行方向上 VTU-R 所支持的 1/S 的最大值。无符号的 8 比特值被编码为 1 到 64，步长 1。

表 12-51/G.993.2—VTU-R的PMS-TC能力

域 名	格 式	描 述
US (1/S) _{max}	1 字节	1 字节的参数块, 按 9.5.5 中的规定描述在上行方向上 VTU-R 所支持的 1/S 的最大值。无符号的 8 比特值编码为 1 到 64, 步长为 1。
注—若只支持一个等待时间路径, 等待时间路径 1 的值必须设置为“0”。		

12.3.5.2.2.2 R-TPS-ACK

R-TPS-ACK 是一个证实正确接收到 O-TPS 消息的消息。内容必须按表 12-52 中的规定。

表 12-52/G.993.2—消息R-TPS-ACK的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

12.3.5.2.2.3 R-PMS

R-PMS 消息传递在传送数据时间期间下行方向上必须使用的初始 PMS-TC 参数设置。R-PMS 消息所发送的参数总表示于表 12-53。

表 12-53/G.993.2—消息R-PMS的描述符

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	MSGLP	1 字节
3	承载信道到等待时间路径的映射	1 字节
4	B _{x0}	1 字节
5	B _{x1}	1 字节
6	LP ₀	等待时间路径描述符
7	LP ₁	等待时间路径描述符
8	使用删除解码	1 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “MSGLP” 是一个字节的域, 表示在下行方向上为 1 型 OH 帧 (它载有消息开销) 选择哪一等待时间路径。必须将该字节的 7 个 MSB 总是设置为零。为了表示等待时间路径#0 或等待时间路径#1, 必须相应地将 LSB 设置为“0”或“1”。

域#3 “承载信道到等待时间路径的映射” 是一字节的域, 表示在每一下行等待时间路径中, 必须载送哪一承载信道。若在等待时间路径#0 中, 要载送承载信道#0, 则必须将比特 cccc 设置为 0000。若承载信道#0 要在等待时间路径#1 中载送, 则比特 cccc 设置为 0001。若承载信道#0 不能工作, 则必须将比特 cccc 设置为 1111。比特 dddd 使用与 cccc 所有的相同的编码方式, 它表示哪一等待时间路径载送承载信道#1。

域#4 “ B_{x0} ”是一字节的域，表示在下行方向上的每一 MDF 中必须传送的从承载信道#0 来的字节数。该值必须是从集 $\{B_{00}, B_{10}\}$ 来的零值或非零值。

域#5 “ B_{x1} ”是一字节的域，表示在下行方向上的每一 MDF 中必须传送的从承载信道#1 来的字节数。该值必须是从集 $\{B_{01}, B_{11}\}$ 来的零值或非零值。

域#6 “ LP_0 ”是 10 字节的域，它包含在下行方向上的等待时间路径#0 的 PMS-TC 参数。必须使用表 12-47 中所规定的“等待时间路径描述符”的格式。

域#7 “ LP_1 ”是 10 比特的域，它包含在下行方向上的等待时间路径#1 的 PMS-TC 参数。必须使用表 12-47 中规定的“等待时间路径描述符”的格式。若不使用等待时间路径#1，则所有的 LP_1 字节必须都设置为“0”。

域#8 “使用删除解码”是一字节的域，表示 VTU-R 是否正在使用删除解码。该值必须是：

- 00_{16} ，若在任何下行等待时间路径上，不使用删除解码；
- 01_{16} ，若在下行等待时间路径#0 上使用删除解码；
- 10_{16} ，若在下行等待时间路径#1 上使用删除解码；
- 11_{16} ，若在两个下行等待时间路径上都使用删除解码。

12.3.5.2.2.4 R-PMD

R-PMD 消息传送在传送数据时间期间，在下行方向上必须使用的初始 PMD 参数的设置。R-PMD 的内容如表 12-54 所示。

表 12-54/G.993.2—消息R-PMD的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	格栅	1 字节
3	比特和增益表	$2 \times NSC_{ds}$ 字节
4	单音排序法	$3 \times \lceil NSC_{ds}/2 \rceil$ 字节，编码如下： <ul style="list-style-type: none"> • 比特 0-11: t_{2n-1} • 比特 12-23: t_{2n}
5	传送数据时间的导频单音	单音描述符
注 — $\lceil x \rceil$ 算子代表取整到最近的更大的整数。		

域#1 “消息描述符”是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “格栅”表示在下行方向上，是否必须使用格状编码（ 00_{16} =格状编码不工作， 01_{16} 表示格式编码能工作）。

域#3 “比特和增益表”包含在 MEDLEY_{ds} 中的每一子载波的 b_i 和 g_i 值。 b_i 必须表示 VTU-O 要映射到子载波 i 上的比特数。 g_i 必须表示必须加到子载波 i 上的相对于在传输 O-P-MEDLEY 期间那个子载波曾使用的增益的标度系数。

b_i 和 g_i 必须仅仅是为从 MEDLEYus 集来的子载波（按 O-PRM 中所表示）规定的，并且必须按照子载波指数 i 的升序发出去。

必须将每一比特的值表示为无符号的 4 比特的整数。每一 g_i 值必须表示为 12 比特的无符号的固定位置小数点的量，二进制小数点假设为正好在第 3 最高有效位的右边。例如，在二进制表达式（MSB 首先列出） 001.01000000_2 将说明子载波 i 的星座用增益 1.25 来换算，所以，那个子载波的功率将比它在 O-P-MEDLEY 的功率高 1.94 dB。

必须把每一对 b_i 和 g_i 的值按下面的形式映射在一个 16 比特的域上： $[b_Mbbb g_Mggg gggg gggg]$ ，其中 b_M 和 g_M 分别是 b_i 和 g_i 的二进制表示的 MSB。

域#4 “单音排序表”包含下行方向上的单音排序表。单音排序表包含在下行方向上必须给予子载波指配比特的次序。该表必须包含 MEDLEYds 集的所有子载波，并且只包含那些子载波。必须将每一子载波的指数表示为 12 比特的值。必须按照表 12-54 所示，把成对的子载波指数映射到一个 3 字节的域中。例如，若第 n 个域的值是 400200_{16} ，则 $t_{2n-1} = 200_{16} = 512$ ，而 $t_{2n} = 400_{16} = 1024$ 。若 MEDLEYds 集的子载波数为奇数，则该域的最后 12 个比特必须被设置为“0”（并被接收机忽略）。所发出的第 1 个指数值必须等于单音排序表的第 1 个输入的指数（ t_1 ，见 10.3.1）。其余的指数必须以单音排序表 t 输入（ $t_2, t_3, \dots, t_{NSCds}$ ）的增加的次序发出。

域#5 “传送数据时间的导频单音”表示在传送数据时间期间 VTU-R 选择的想要使用的导频单音。该域必须按照表 12-25 所示，格式化为单音描述符。单音描述符的第 1 个字节必须包含有 VTU-R 所选择的导频单音数。若这个数为零，则在该描述符中，不得有更多的字节。若单音的数目不等于零，则在描述符中的每三个连续字节的群必须描述两个导频单音的位置（即子载波指数）。若导频单音数为奇数，必须忽略最后 12 比特。

若按照比特和增益表（域#3）给出的那个单音的比特加载为零，则 VTU-R 只得选择一个单音作为导频单音。传送数据时间的导频单音必须按照 10.4.5.1 中的规定进行调制。传送数据时间的导频单音数不得超过 16。

12.3.5.3 在信道分析和交换阶段期间所发送的信号

在信号分析和交换阶段期间所发送的所有信号只得使用在下行方向上的从 MEDLEYds 集来的子载波和在上行方向上的从 MEDLEYus 集来的子载波。

下行信号的发信 PSD 必须符合在通带和阻带中在信道发现阶段结束时已经确定的下行 MEDLEY 参考 PSD 掩模（MREFMASKds）。 $2N_{ds}$ 和 CE 的值必须是在信号发现阶段结束时所确定的和分别在“O-PRM”的域#7 和域#4 中所传送的那些值。 β_{ds} 和循环前缀长度的值必须分别是在 O-PRM 的域#6 和域#5 中所传送的值。

所有上行信号的发信 PSD 必须符合在信道发现阶段结束时在通带和阻带中所建立的上行 MEDLEY 参考 PSD 掩模（MREFMASKus）。而 $2N_{us}$ 和 CE 的值必须是在信道发现阶段结束时所确定的和分别在 R-PRM 的域#6 和 O-PRM 的域#4 中所传送的值。 β_{us} 和循环前缀长度的值必须分别是在 R-PRM 的域#5 和域#4 中所传送的值。

12.3.5.3.1 由VTU-O所发送的信号

12.3.5.3.1.1 O-P-MEDLEY

VTU-R 使用 O-P-MEDLEY 来估计下行的 SNR 和传送 12.3.5.2.1 中所规定的 SOC 消息。在传输 O-P-MEDLEY 期间, SOC 处于激活状态。

O-P-MEDLEY 的持续期是可变的。VTU-O 通过发送 O-P-SYNCHRO 6 终止 O-P-MEDLEY。

O-P-MEDLEY 必须使用由 4QAM 调制的所有 MEDLEY_{ds} 子载波。O-P-MEDLEY 的每个 PMT 符号必须载送一个信息字节 ($b_7 b_6 \dots b_0$) 或两个信息字节 ($b_{15} b_{14} \dots b_0$)。在每个 DMT 符号 2 个信息字节的情况下, 这些比特必须按照表 12-55 中的描述映射到子载波上; 而在每个 DMT 符号 1 个字节的情况下, 这些比特必须按照表 12-56 中的描述映射到子载波上。每个 DMT 的字节数必须是 VTU-O 和 VTU-R 分别在 O-TA-UPDATE 和 R-TA-UPDATE 中所请求的值 $B_{\text{ex-ds-O}}$ 和 $B_{\text{ex-ds-R}}$ 之中的最小的那个值。

所有子载波的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以自激工作模式使用 (见 12.3.6.2.2)。当 VTU-O 进入信道分析和交换阶段时, 扰码器必须复位。

符号必须按 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须为 $2N_{\text{ds}} + L_{\text{CE}}$ 个样值。窗口的总长度必须为 β_{ds} 。

表 12-55/G.993.2—每个DMT符号有2个字节时O-P-MEDLEY的比特映射

子载波指数	星 座 点
5, 10, 15, ..., 5n, ...	00
1, 11, 21, ..., 10n + 1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
2, 12, 22, ..., 10n + 2, ...	SOC 消息比特 2 & 3
3, 13, 23, ..., 10n + 3, ...	SOC 消息比特 4 & 5
4, 14, 24, ..., 10n + 4, ...	SOC 消息比特 6 & 7
6, 16, 26, ..., 10n + 6, ...	SOC 消息比特 8 & 9
7, 17, 27, ..., 10n + 7, ...	SOC 消息比特 10 & 11
8, 18, 28, ..., 10n + 8, ...	SOC 消息比特 12 & 13
9, 19, 29, ..., 10n + 9, ...	SOC 消息比特 14 & 15

表 12-56/G.993.2—每个DMT符号有一个字节时O-P-MEDLEY的比特映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., 10n + 1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
3, 13, 23, ..., 10n + 3, ...	SOC 消息比特 2 & 3
5, 15, 25, ..., 10n + 5, ...	SOC 消息比特 4 & 5
7, 17, 27, ..., 10n + 7, ...	SOC 消息比特 6 & 7
9, 19, 29, ..., 10n + 9, ...	00

在 O-P-MEDLEY 中的 MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须等于在 O-PRM 的域#2 中所传送的下行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD_{ds})。

12.3.5.3.1.2 O-P-SYNCHRO 6

O-P-SYNCHRO 6 是为从 O-P-MEDLEY 转换到 Showtime (传送数据时间) 提供精确时标的一个信号。在传输 O-P-SYNCHRO 6 期间, SOC 处于非激活状态。

O-P-SYNCHRO 6 的持续期是 15 个 DMT 符号。

O-P-SYNCHRO 6 必须使用由 4QAM 调制的在 MEDLEY_{ds} 集中的所有子载波。对开头 5 个和最后 5 个 DMT 符号, 值 11 必须被映射到所有的 MEDLEY_{ds} 子载波上。而对中间 5 个 DMT 符号, 值 00 必须被映射到所有的 MEDLEY_{ds} 子载波上。所有子载波的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用 (见 12.3.6.2.1)。

符号必须按照 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须是 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度等于 β_{ds} 。

在 O-P-SYNCHRO 6 中的 MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须与 O-P-MEDLEY 期间相同。

12.3.5.3.2 由 VTU-R 所发送的信号

12.3.5.3.2.1 R-P-MEDLEY

VTU-O 使用 R-P-MEDLEY 估计上行的 SNR 和传送 12.3.5.2.2 中所规定的 SOC 消息。在传输 R-P-MEDLEY 期间, SOC 处于激活状态。

R-P-MEDLEY 的持续期是可变的。VTU-R 通过发送 R-P-SYNCHRO 6 终止 R-P-MEDLEY。

R-P-MEDLEY 必须使用由 4QAM 调制的所有 MEDLEY_{us} 子载波。R-P-MEDLEY 的每一 DMT 符号承载一个信息字节 ($b_7 b_6 \dots b_0$) 或两个信息字节 ($b_{15} b_{14} \dots b_0$)。当每一 DMT 符号二个字节时, 比特必须按照表 12-57 的描述映射到子载波上, 而且当每一 DMT 符号一个字节时, 按照表 12-58 的描述, 将比特映射到主载波上。每一 DMT 符号的字节数必须是 VTU-O 和 VTU-R 分别在 O-TA-UPDATE 和 R-TA-UPDATE 中所请求的 $B_{ex-us-O}$ 和 $B_{ex-us-R}$ 的值之中的最小值。

所有子载波上的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以自激工作模式使用 (见 12.3.6.2.2)。当 VTU-R 进入信号分析和交换阶段时, 扰码器必须复位。

符号必须按 10.4.4 中的描述生成。符号长度必须是 $2N_{us}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须是 β_{us} 。

表 12-57/G.993.2—每个DMT符号两个字节时R-P-MEDLEY的比特映射

子载波指数	星 座 点
5, 10, 15, ..., 5n, ...	00
1, 11, 21, ..., 10n+1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
2, 12, 22, ..., 10n+2, ...	SOC 消息比特 2 & 3
3, 13, 23, ..., 10n+3, ...	SOC 消息比特 4 & 5
4, 14, 24, ..., 10n+4, ...	SOC 消息比特 6 & 7
6, 16, 26, ..., 10n+6, ...	SOC 消息比特 8 & 9
7, 17, 27, ..., 10n+7, ...	SOC 消息比特 10 & 11
8, 18, 28, ..., 10n+8, ...	SOC 消息比特 12 & 13
9, 19, 29, ..., 10n+9, ...	SOC 消息比特 14 & 15

表 12-58/G.993.2—每个DMT符号一个字节时R-P-MEDLEY的比特映射

子载波指数	星 座 点
偶数	00
1, 11, 21, ..., 10n+1, ...	SOC 消息比特 0 & 1
3, 13, 23, ..., 10n+3, ...	SOC 消息比特 2 & 3
5, 15, 25, ..., 10n+5, ...	SOC 消息比特 4 & 5
7, 17, 27, ..., 10n+7, ...	SOC 消息比特 6 & 7
9, 19, 29, ..., 10n+9, ...	00

在 R-P-MEDLEY 中的 MEDLEY_{us} 子载波的发信 PSD 必须等于在 R-PRM 的域#2 中所传送的上行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD_{us})。

12.3.5.3.2.2 R-P-SYNCHRO 6

R-P-SYNCHRO 6 是为从 R-P-MEDLEY 转换到 Showtime 提供精确时标的一个信号。在传输 R-P-SYNCHRO 6 期间，SOC 处于非激活状态。

R-P-SYNCHRO 6 的持续期是 15 个 DMT 符号。

R-P-SYNCHRO 6 必须使用由 4QAM 调制的在 MEDLEY_{us} 集中的所有子载波。对开头 5 个和最后 5 个 DMT 符号，值 11 必须被映射到所有 MEDLEY_{us} 子载波上。对中间 5 个 DMT 符号，值 00 必须被映射到所有 MEDLEY_{us} 子载波上。所有子载波的星座点必须根据 12.3.6.2 中描述的象限扰码器提供的 2 比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号必须按 10.4.4 中的描述生成。符号的长度必须是 $2N_{us}+L_{CE}$ 个样值。窗口的总长度必须等于 β_{us} 。

在 R-P-SYNCHRO 6 中的 MEDLEY_{us} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-MEDLEY 期间相同。

12.3.6 初始化信号的一般要求

12.3.6.1 周期性信号的要求

在初始化中所使用的周期性信号（O-P-PERIODIC 1, R-P-PERIODIC 1 和其它信号）必须满足在这一条款中所规定的要求。

设备可以选择使用循环延伸符号或者直接使用 IDFT 以外的 $2N$ 个样值产生周期性信号。每一个周期性信号的持续时间必须由 VTU 这样来选择，以使得它是整数个循环延伸符号和 $2N$ 个样值的整倍数。特别是， $N_{\text{Sym_CE}} \times 2(2N + L_{\text{CE}}) = k \times 2N$ 。这里 $N_{\text{Sym_CE}}$ 是构建周期性信号所必需的循环延伸符号数，而 k 是周期性信号中的周期性符号的数目。

为了从具有循环延伸符号的初始化信号平滑地转换到一个周期性的信号，每一周期性信号的第 1 个符号必须预先加上 β 个样值的循环前缀。这里，对下行信号， $\beta = \beta_{\text{ds}}$ ；而对上行信号， $\beta = \beta_{\text{us}}$ 。如 10.4.4 中所描述的那样，必须给这些 β 个样值开窗口，并且与前面的信号的最后一个符号的最后 β 个样值相重迭。而且，为了保证从周期性信号平滑地转换到使用循环延伸符号的信号，周期性信号的最后一个符号的最后 β 个样值必须开窗口，并且与下一个信号的第 1 个符号的开头 β 个样值相重迭。

12.3.6.2 象限扰码器

每一子载波的星座点必须根据 2 比特的伪随机数的值，伪随机地旋转 $0, \pi/2, \pi$ 或 $3\pi/2$ 。具有指数 0 的子载波（直流）不得旋转。必须通过按照表 12-59 所示，变换星座点的 (X, Y) 坐标的方法实现旋转，这里 X 和 Y 是扰码以前的坐标。

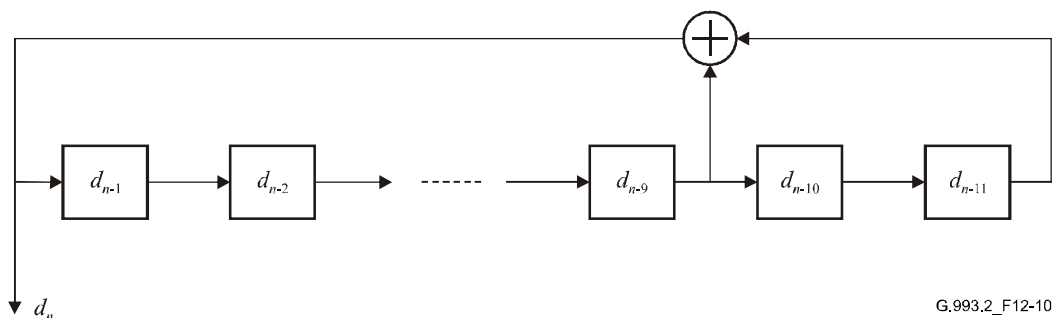
表 12-59/G.993.2—伪随机变换

d_{2n}, d_{2n+1}	旋转角	最后的坐标
0 0	0	(X, Y)
0 1	$\pi/2$	$(-Y, X)$
1 1	π	$(-X, -Y)$
1 0	$3\pi/2$	$(Y, -X)$

在表 12-59 的第 1 列中所示的 2 比特值必须是下面的方程所确定的 PRBS 发生器的输出：

$$d_n = d_{n-9} \oplus d_{n-11}$$

比特发生器如图 12-10 所示。



G.993.2_F12-10

图 12-10/G.993.2—比特发生器

从扰码器来的两个比特必须被映射到每一子载波上，包括 DC 上。与 DC 相应的两个比特必须以 00 改写。

对于使用 IDFT 大小=2N 的 VDSL2 系统而言，在每一传输方向上的每一个 DMT 符号的 2N 个比特 ($b_0 b_1 b_2 \dots b_{2N-2} b_{2N-1}$) 都必须由扰码器产生。开头两个比特 ($b_0 b_1$) 必须与子载波 0 相对应，下面两个比特 ($b_2 b_3$) 与子载波 1 相对应，以此类推；比特 ($b_{2i} b_{2i+1}$) 必须与子载波 i 相对应。比特必须是为所有子载波，而不是单为正在发送的子载波而产生。为没有使用的子载波产生的比特必须被删去。

在初始化开始时，扰码器的所有寄存器都必须设置为“1”。使用两种扰码器工作模式：复位模式和自激模式。

12.3.6.2.1 复位模式

在复位模式中，在每一符号周期开始时，必须将扰码器复位。所以，对每一符号，将产生相同的 2N 个比特，并且给每一子载波将指配相同的 2 比特伪随机数，用于在连续的符号中旋转它的星座点。

12.3.6.2.2 自激模式

在自激模式中，在每一符号周期开始时，不得将扰码器复位，而是必须继续从一个符号走到下一个符号。结果，在符号 s 期间被映射到子载波 i 上的两个比特和在符号 $s+1$ 期间被映射到子载波 i 上的两个比特之间应该没有相关性。为了保证对所有的 IDFF 大小的值，从一个 DMT 符号到下一 DMT 符号时一特定的子载波上的比特是不相关的，在符号 s 和 $s+1$ 之间，必须跳过 4 个扰码器比特。实际上，这意味着扰码器产生分配给符号 s 的 2N 个比特。不使用由扰码器产生的下面 4 个比特。然后，再将下面 2N 个从扰码器来的比特分配给符号 $s+1$ 。

12.3.7 业务优先级

在本节中所描述的接收机用来选择收发信机参数值的方法是与实施方案有关的。然而，在本地 PMD 所提供的总数据速率限值范围内，所选择的值必须满足在信道分析和交换阶段以前由发信机所传递的所有限制条件，包括：

- 消息开销数据速率 \geq 最小的消息开销数据速率；
- 净数据速率 \geq 所有承载信道的最小净数据速率；
- 脉冲噪声保护 \geq 所有承载信道的最小脉冲噪声保护；
- 时延 \leq 所有承载信道的最大时延。

在这些限制条件以内，接收机必须在列出的优先级中选择最佳的值：

- 1) 使所有承载信道的净数据速率最大根据净数据速率的分配，远超过所有承载信道上的最小净数据速率之和（见 12.3.5）。
- 2) 通过增益调整，使得相对于最大 SNR 余量 (MAXSNRM) 的过剩余量减至最小（见 10.3.4.2）。可以用其它控制参数来达到这一目标（例如 MAXMASK，见 7.2.3）。

12.4 环路诊断模式程序

12.4.1 概述

在本节中规定的内置环路诊断功能使得在不派遣维修技术人员给环路装上测试设备的条件下，能够在环路的两端直接测量信道的状况。所得到的信息有助于查出损伤的位置（在靠近环路客户端点还是靠近环路网络端点的房屋内）和来源（串音、射频干扰和跨接的分支口）。

当在 MS 消息中，设置了环路诊断模式的码点（见 12.3.2.1.2 和 12.3.2.2.2）时，在完成了 G.994.1 握手阶段以后，必须进入环路诊断模式。必须根据任何一个 VTU 的请求进入环路诊断模式。两个 VTU 都必须支持环路诊断模式。

环路诊断模式中各步骤的次序必须与初始化（12.3 中规定）的一直到信道分析和交换阶段期间相同。在这阶段中，交换表 12-60 中列出的和在 11.4.1 中规定的测试参数。然而，按照在 12.4.3 中的描述，在信道发现阶段期间，必须测量并交换关于静默线路噪声（QLN）和信道特征函数（Hlog）的测试参数。

在 12.3.1 中所规定的超时时限对环路诊断模式是不适用的。超时时限值有待进一步研究。

表 12-60/G.993.2— 在环路诊断模式期间交换的测试参数

缩 略 语	名 称
$Hlin(k \times G \times \Delta f)$	每个子载波群的信道特征，线性
$Hlog(k \times G \times \Delta f)$	每个子载波群的信道特征，log10
$QLN(k \times G \times \Delta f)$	每个子载波群的静默线路噪声
$SNR(k \times G \times \Delta f)$	每个子载波群的信号噪声比
LATN-pb	每频带的环路衰减
SATN-pb	每频带的信号衰减
SNRM-pb	每频带的信号噪声比余量
ATTNDR	可达到的净数据速率
ACTATP	实际组合发信功率（远端）

每一参数值使用整数个字节，将测试参数映射到消息上。在按 11.4.1 中规定的参数值用不是整数字节的许多比特来表示的情况下，该参数值必须被映射到消息字节的 LSB 上。对没有符号的参数值，未使用的更高有效位的比特必须设置为“0”，并且对于有符号的参数值，必须设置到符号比特上。

12.4.2 环路诊断模式的信号发现和训练阶段

12.4.2.1 在环路诊断模式的信号发现和训练阶段期间所交换的SOC消息

除了 O-PRM 和 R-PRM 外，环路诊断模式的信道发现阶段和训练阶段期间的 SOC 消息必须分别与 12.3.3 和 12.3.4 中所描述的初始化期间相同。在信道发现阶段期间，在 O-PRM-LD 和 R-PMD-LD 消息中，而不是在 O-PRM 和 R-PRM 消息中，必须测量和交换静默线路噪声（QLN）和信道特征函数（Hlog）的测试参数。表 12-61 中列出了并在 11.4.1 中定义了各测试参数。

表 12-61/G.993.2— 在环路诊断模式中的信道发现期间所交换的参数

缩 略 语	名 称
$Hlog(k \times G \times \Delta f)$	每一子载波群的信道特性，dB
$QLN(k \times G \times \Delta f)$	每一子载波群的静默线路噪声，dBm/Hz

12.4.2.1.1 VTU-O消息O-PRM-LD

表 12-62/G.993.2—消息O-PRM-LD的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	下行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSDs)	PSD 描述符
3	MEDLEYds 集	频带描述符
4	循环延伸长度	1 字节
5	下行循环前缀长度	2 字节
6	下行发送窗口长度 (β_{ds})	1 字节
7	VTU-O IDFT 大小	1 字节
8	VTU-O EC 训练周期的持续期	1 字节
9	所请求的 VTU-O TEQ 训练周期的持续期	1 字节
10	所请求的 VTU-R TEQ 训练周期的持续期	1 字节
11	所请求的周期性信号的最短持续期	1 字节
12	下行频域频谱成形	Log _{tss_i} 描述符
13	每子载波群的静默线路噪声, $QLN(k \times G \times \Delta f)$	512 字节
14	每子载波群的信道特征函数 Hlog, $Hlog(k \times G \times \Delta f)$	2 × 512 字节

域#1 到域#12 的格式必须与 O-PRM 相同 (见 12.3.3.2.1.3)。

域#13 “每子载波群的静默线路噪声, $QLN(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示 (在 VTU-O 接收机上测得的) 在上行方向上的 512 个子载波群的参数 QLN 。每一群的参数 QLN 必须按 11.4.1.1.2 中的规定, 表示为一个 8 比特的值, 映射到单个八进制字节上。表示不同群的 QLN 的字节必须被映射到域#13 上, 以使得它们以群的指数 k ($k=0$ 到 511) 的升序发送出去。必须按照 11.4.1 中的规定形成每一个群。对至少包含一个不在 MEDLEYus 集中的子载波的群的 QLN 值必须被设置为 FF_{16} 。

域#14 “每一子载波的信道特征函数, $Hlog(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示在上行方向上的 512 个子载波群的参数 $Hlog$ 。必须按照 11.4.1.1.1 中的规定, 将每一群的参数 $Hlog$ 表示为 10 比特的值, 映射到 2 个字节上, 加上 6 个等于零的 MSB。必须把表示不同群的 $Hlog$ 值的各对字节映射到域#14 上, 使得按群的指数 k ($k=0$ 到 511) 的升序将它们发送出去。必须按照 11.4.1 中的规定, 形成这些群。对于至少包含一个不在 MEDLEYus 集中的子载波的群, 表示 $Hlog$ 的值的域必须被设置为 $FFFF_{16}$ 。

12.4.2.1.2 VTU-R消息R-PRM-LD

表 12-63/G.993.2—消息R-PRM-LD的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	上行 MEDLEY 参考 PSD (MREFPSD _{us})	PSD 描述符
3	MEDLEY _{us} 集	频带描述符
4	上行循环前缀长度	2 字节
5	上行发送窗口长度 (β_{us})	1 字节
6	VTU-R IDFT 大小	1 字节
7	VTU-R EC 训练周期的持续期	1 字节
8	所请求的 VTU-R TEQ 训练周期的持续期	1 字节
9	所请求的 VTU-O TEQ 训练周期的持续期	1 字节
10	所请求的周期性信号的最短持续期	1 字节
11	R-P-TRAINING 1 信号的最短持续期 ($T_{\text{MIN-R-P-Train}}$)	1 字节
12	上行频域成形	Log _{tss_i} 描述符
13	每一子载波的静默线路噪声, $QLN(k \times G \times \Delta f)$	512 字节
14	每一子载波的信道特性函数 Hlog, $Hlog(k \times G \times \Delta f)$	2 × 512 字节

域#1 到域#12 的格式必须与 R-PRM 相同 (见 12.3.3.2.2.3)。

域#13 “每一子载波群的静默线路噪声, $QLN(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示 (在 VTU-R 接收机上测得的) 下行方向上的 512 个子载波群的参数 QLN 。每一群的参数 QLN 值必须按 11.4.1.1.2 中的规定, 表示为 8 比特的值, 映射到单个字节中。表示不同群的 QLN 值的字节必须被映射到域#13 上, 使得它们能以群指数 k ($k=0$ 到 511) 的升序发送出去。这些群必须按照 11.4.1 中的规定构成。至少包含一个不在 MEDLEY_{ds} 集中的子载波的群的 QLN 值必须设置为 FF_{16} 。

域#14 “每一子载波的信道特性函数, $Hlog(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示在下行方向上的 512 个子载波群的参数 $Hlog$ 。每一个群的参数 $Hlog$ 必须按 11.4.1.1.1 中的规定, 表示为一个 10 比特的值, 映射到 2 个字节中, 字节中加了 6 个等于零的 MSB。表示不同群的 $Hlog$ 值的各对字节必须被映射到域#14 上, 使得它们能够以群指数 k ($k=0$ 到 511) 的升序发送出去。这些群必须按照 11.4.1 的规定构成。表示至少包含一个不在 MEDLEY_{ds} 集中的子载波的群的 $Hlog$ 的值的各对字节必须设置为 $FFFF_{16}$ 。

12.4.2.2 在信道发现和训练阶段期间发送的信号

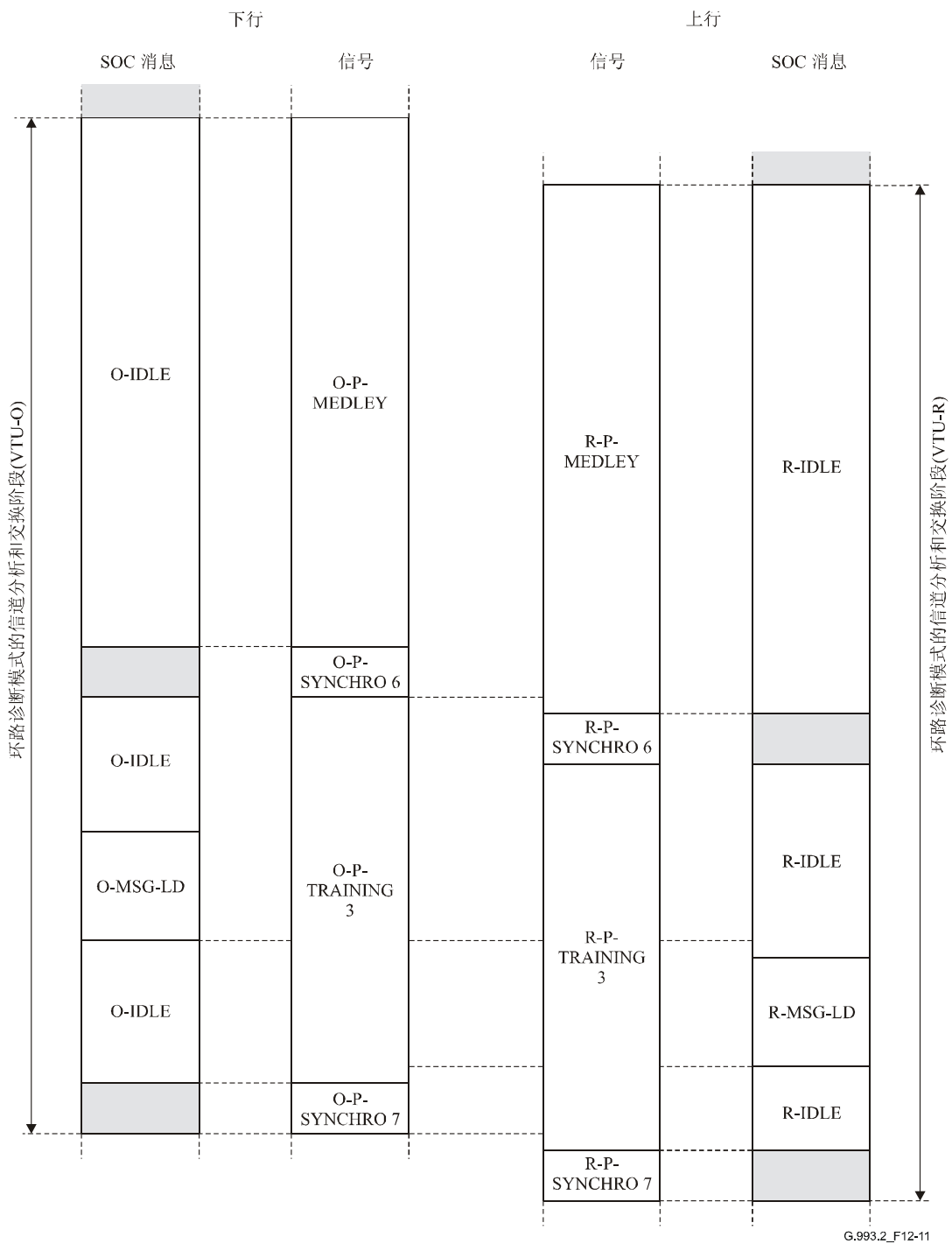
在信道发现和训练阶段期间所发送的信号与初始化中规定的相同 (见 12.3.3 和 12.3.4)。

然而, 为了提高在环路诊断模式的信道发现和训练阶段期间所交换的消息的健壮性, 所有 SOC 消息必须用每一 DMT 符号一个信息比特的方式发送出去。每一比特在 5 个连续的 5 个 DMT 符号中发送 5 次。信息比特值为 “1” 时, 必须将值 11 映射到使用 4QAM 的所有允许的子载波上。对于信息比特值为 “0” 的情况, 必须将值 00 映射到允许使用 4QAM 的所有子载波上。这适用于在 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1, O-P-CHANNEL DISCOVERY 2, R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, R-P-CHANNEL DISCOVERY 2, O-P-TRAINING 2 和 R-P-TRAINING 2。期间发出的所有 SOC 消息。

所有子载波的星座点必须根据象限扰码器提供的 2 比特数旋转。扰码器必须按照 12.3.6.2.1 中描述的复位工作模式使用。

12.4.3 环路诊断模式的信道分析和交换阶段

图 12-11 表示了环路诊断模式的信道分析和交换阶段的各步骤的定时图。它给出了在环路诊断模式的信道分析和交换阶段期间由 VTU-O 和 VTU-R 所发送信号的次序和所发出的 SOC 消息的次序的概貌。阴影区相当于 SOC 处于不激活状态的时间周期。



G.993.2_F12-11

图 12-11/G.993.2—环路诊断模式的信道分析和交换阶段的各步骤定时图

一进入这一阶段,VTU-O 必须与 SOC 上正在发送的 O-IDLE 一起,发送 32256 个 O-P-MEDLEY 的 DMT 符号。一进入这一阶段,VTU-R 必须与 SOC 上正在发送的 R-IDLE 一起,发送 32256 个 R-P-MEDLEY 的 DMT 符号。O-P-MEDLEY 和 R-P-MEDLEY 必须是在 12.3.5.3 中所定义的信号。

O-P-MEDLEY 和 R-P-MEDLEY 的后面必须分别是 O-P-SYNCHRO 6 和 R-P-SYNCHRO 6。O-P-SYNCHRO 6 和 R-P-SYNCHRO 6 必须是 12.3.5.3 中所定义的信号。

在发送了 O-P-SYNCHRO 6 以后,VTU-O 必须发送 O-P-TRAINING 3。当发送 O-P-TRAINING 3 时,VTU-O 必须在 SOC 上至少在 256DMT 符号期间发送 O-IDLE,并且然后必须发出 O-MSG-LD。同样,在发送了 R-P-SYNCHRO 6 以后,VTU-R 必须发送 R-P-TRAINING 3。当发送 R-P-TRAINING 3 时,VTU-R 必须在 SOC 上发出 R-IDLE。VTU-R 必须通过发出 R-MSG-LD 证实接收到 O-MSG-LD。按照 12.2.2.2 中的规定,两个 VTU 必须使用 RQ 模式。

VTU-O 必须通过发送 O-P-SYNCHRO 7,证实接收到 R-MSG-LD。这一信号也表示 VTU-O 已经完成信道分析和交换阶段。VTU-R 通过发送 R-P-SYNCHRO 7 证实 O-P-SYNCHRO 7,它表示环路诊断模式全部完成。

表 12-64/G.993.2—在环路诊断模式的信道分析和交换阶段中的VTU-O信号和SOC消息

信 号	信号类型	在带CE的DMT符号中的 信号持续期	SOC消息和IDLE 标志	SOC状态
O-P-MEDLEY	非周期性	32256	O-IDLE	激活
O-P-SYNCHRO 6	非周期性	15	无	非激活
O-P-TRAINING 3	非周期性	可变	O-MSG-LD	激活(RQ)
O-P-SYNCHRO 7	非周期性	15	无	非激活

表 12-65/G.993.2—在环路诊断模式的信道分析和交换阶段中的VTU-R信号和SOC信息

信 号	信号类型	在带CE的DMT符号中的 信号持续期	SOC消息和IDLE 标志	SOC状态
R-P-MEDLEY	非周期性	32256	P-IDLE	激活
R-P-SYNCHRO 6	非周期性	15	无	非激活
R-P-TRAINING 3	非周期性	可变	R-MSG-LD	激活(RQ)
R-P-SYNCHRO 7	非周期性	15	无	非激活

12.4.3.1 在环路诊断模式的信号分析和交换阶段期间交换的SOC消息

12.4.3.1.1 VTU-O消息

在环路诊断模式中,VTU-O 必须发出包含 11.4.1 中定义的上行测试参数的 O-MSG-LD 消息。

O-MSG-LD 的信息域必须是表 12-66 中所示的内容。

表 12-66/ G.993.2—O-MSG-LD消息的描述

	域 名	格 式
1	消息描述符	消息码
2	$Hlin(k \times G \times \Delta f)$	6×512
3	$SNR(k \times G \times \Delta f)$	512
4	LATN-pb	(2×5) 字节
5	SATN-pb	(2×5) 字节
6	SNRM 和 SNRM-pb	$2 + (2 \times 5)$ 字节
7	ATTNDR	4 字节
8	ACTATP	2 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “ $Hlin(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示在下行方向上的 512 个子载波群的参数 Hlin。每一群的参数 Hlin 必须按 11.4.1.1.1 中的规定映射到 6 个字节上作为[sab]。这里 *s*, *a* 和 *b* 是分别代表标度系数 *s* 和 Hlin 的参数 *a* 和 *b* 的 16 比特值。必须把代表不同群的 Hlin 值的 6 字节映射到域#2 中, 使得它们以群指数 *k* (*k*=0 到 511) 的升序发送。群的格式必须是 11.4.1 中规定的格式。对于至少包含一个不在 MEDLEYus 集内的子载波的群, 16 比特的 *s*, *a* 和 *b* 值必须被设置为 FFF_{16} 。

域#3 “ $SNR(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示在上行方向上的 512 个子载波群的参数 SNR。每一个群的 SNR 必须根据 11.4.1.1.3 中的规定表示为一个 8 比特的值。必须把代表不同群的 SNR 值的字节映射到域#3 中, 使得它们以群指数 *k* (*k*=0 到 511) 的升序发送。群的格式必须按照 11.4.1 中规定的格式。对于至少包含一个不在 MEDLEYus 集中的子载波的群, SNR 的值必须设置为 FF_{16} 。

域#4 “LATN-pb” 必须表示 5 个有潜在应用可能的上行频带中的每一个频带的参数 LATN_U(*m*)。必须按照 11.4.1.1.4 中的规定, 将每一频带的参数 LATN_U(*m*)表示为一个 10 比特的值, 并且加上 6 个等于 “0” 的 MSB, 映射到 2 个字节中去。代表不同群的 LATN_U(*m*)值的比特对必须按照表 11-28 中的描述映射到域#4 中。必须使用值 0000_{16} 表示不用的频带。对于表 11-28 中表示为保留的字节, 在发信机中必须设置为 “0”, 并且接收机必须忽略它。

域#5 “SATN-pb” 必须表示 5 个有潜在应用可能的上行频带中的每一个频带的参数 SATN_U(*m*)。必须按照 11.4.1.1.5 中的规定, 将每一频带的参数 SATN_U(*m*)表示为一个 10 比特的值, 并且加上 6 个等于 “0” 的 MSB, 映射到 2 个字节中去。代表不同频带的 SATN_U(*m*)值的比特对必须按照表 11-28 中的规定, 映射到域#5 中。必须使用值 0000_{16} 表示不使用的频带。对于表 11-28 中表示为保留的字节, 在发信机中必须设置为零, 并且接收机必须忽略它。

域#6 “SNRM 和 SNRM-pb” 必须表示 11.4.1.1.6.2 中规定的总的上行 SNRM 值和 11.4.1.1.6.3 中规定的参数 SNRM_U(*m*)。开头两个字节必须表示参数 SNRM, 而其余的字节必须表示 5 个有潜在应用可能的上行频带的每一个频带的参数 SNRM_U(*m*)。必须按照 11.4.1.1.6.3 中的规定, 将每一频带的参数 SNRM_U(*m*)表示为一个 10 比特的值。SNRM 和 SNRM_U(*m*)都必须映射进 2 个字节中去, 方法是分别加上其值等于 SNRM 或 SNRM_U(*m*)的 10 比特表示法的符号比特的 6 个 MSB。必须按照表 11-28 中的描述, 将代表不同频带的 SNRM_U(*m*)值的比特对映射到域#6 中。必须用值 0000_{16} 来表示不使用的频带。在发信机中, 必须将表 11-28 中表示的作为保留的字节设置为 “0”, 而接收机必须将它们忽略。

域#7 “ATTNDR” 必须表示按照 11.4.1.1.7 中的规定，为从 MEDLEYus 集来的所有子载波计算出的上行方向上的参数 ATTNDR。按照 11.4.1.1.7 中的规定，该参数必须表示为 32 比特的值。

域#8 “ACTATP” 必须表示按照 11.4.1.1.8 中的规定，为 MEDLEYus 集来的所有子载波计算出的上行方向上的参数 ACTATR。按照 11.4.1.1.8 中的规定，必须把该参数表示为一个 10 比特的值，并且用加上其值等于 ACTATR 表示法的符号比特的 6 个 MSB 的方法，映射到 2 字节的域#8 中。

12.4.3.1.2 VTU-R消息

在环路诊断模式中，VTU-R 必须发出包含 11.4.1 中规定的下行测试参数的 R-MSG-LD 消息。

R-MSG-LD 的信息域必须如表 12-67 所示。

表 12-67/G.993.2—消息R-MSG-LD的描述

	域 名	格 式
1	描述符	消息码
2	$Hlin(k \times G \times \Delta f)$	6×512
3	$SNR(k \times G \times \Delta f)$	512
4	LATN-pb	(2 × 5)字节
5	SATN-pb	(2 × 5)字节
6	SNRM 和 SNRM-pb	2 + (2 × 5)字节
7	ATTNDR	4 字节
8	ACTATP	2 字节

域#1 “消息描述符” 是识别该消息的独特的一字节码。完整的码明细表见表 12-2。

域#2 “ $Hlin(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示在下行方向上的 512 个子载波群的参数 Hlin。每一个群的参数 Hlin 必须被映射到 6 个字节中去，作为 $[s a b]$ 。按照 11.4.1.1.1 中的规定，这里 s 、 a 和 b 分别代表标度系数 s 和 Hlin 的参数 a 和 b 。代表不同群的 Hlin 值的 6 个字节必须被映射到域#2 中，使得它们可以按照群指数 k ($k=0$ 到 511) 的升序发送。对于至少包含一个不在 MEDLEYus 集中的子载波的群， s 、 a 和 b 的 16 比特的值必须被设置为 $FFFF_{16}$ 。

域#3 “ $SNR(k \times G \times \Delta f)$ ” 表示在上行方向上的 512 个子载波群的参数 SNR。按照 11.4.1.1.3 中的规定，每一群的 SNR 必须表示为 8 比特的值，并映射到单个字节中去。代表不同群的 SNR 的字节必须被映射到域#3 中去，使得它们能够按照群指数 k ($k=0$ 到 511) 的升序发送。群的格式必须是在 11.4.1 中所规定的格式。对于至少包含一个不在 MEDLEYds 集内的子载波群，SNR 的值必须被设置为 FF_{16} 。

域#4 “LATN-pb” 必须表示有 5 个潜在应用可能的下行频带中的每一频带的参数 LATN_D(m)。每一频带的参数 LATN_D(m) 必须按照 11.4.1.1.4 中的规定，表示为一个 10 比特的值，并且通过加上 6 个其值等于“0”的 MSB，映射到 2 个字节中去。代表不同频带的 LATN_D(m) 值的成对字节必须按照表 11-28 中的描述，映射到域#4 中。必须使用值 0000_{16} 表示不使用的频带。在发信机中，在表 11-28 中表示为保留的字节必须设置为“0”，并且被接收机忽略。

域#5 “SATN-pb”表示 5 个有潜在应用可能的下行频带中的每一个频带的参数 SATN_{D(m)}。按照 11.4.1.1.5 中的规定，每一频带的参数 SATN 必须表示为一个 10 比特的值，并且通过加上 6 个等于“0”的 MSB 映射到 2 个字节中去。按照表 11-28 中的规定，代表不同频带的 SATN_{D(m)}值的字节对必须被映射到域#5 中。必须使用值 0000₁₆表示不使用的频带。在发信机中，在表 11-28 中表示为保留的字节必须设置为“0”，并且在接收机中被忽略。

域#6 “SNRM 和 SNRM-pb”必须分别按照 11.4.1.1.6.2 中的规定和按照 11.4.1.1.6.3 中的规定表示总的下行 SNRM 值和参数 SNRM_{D(m)}。开头两个字节必须表示参数 SNRM，而其余的字节必须表示 5 个有潜在应用可能的下行频带中的每一个频带的参数 SNRM_{D(m)}。按照 11.4.1.1.6.2 中的规定，SNRM 的值必须被表示为一个 10 比特的值。SNRM 和 SNRM_{D(m)}都必须通过分别加上等于 SNRM 和 SNRM_{D(m)}的 10 比特表示法的符号比特的 6 个 MSB，映射到 2 个字节中去。表示不同频带的 SNRM_{D(m)}值的字节对必须按照表 11-28 中的描述，映射到域#6 中。必须使用值 0000₁₆表示不使用的频带。在发信机中，表 11-28 中表示为保留的字节必须被设置为“0”，并被接收机所忽略。

域#7 “ATTNDR”必须表示按照 11.4.1.1.7 中的规定，为 MEDLEYds 集来的所有子载波计算出来的下行方向上的参数 ATTNDR。按照 11.4.1.1.7 中的规定，该参数必须表示为一个 32 比特的值。

域#8 “ACTATR”必须表示按照 11.4.1.1.8 中的规定，为 MEDLEYds 集来的所有子载波计算出的下行方向上的参数 ACTATP。按照 11.4.1.1.8 中的规定，该参数必须表示为一个 10 比特的值，并且通过加上等于 ACTATP 表示法的符号比特的 6 个 MSB，映射到 2 字节的域中。

12.4.3.2 在环路诊断模式的信道分析和交换阶段期间所发送的信号

O-P-MEDLEY，R-P-MEDLEY，O-P-SYNCHRO 6，R-P-SYNCHRO 6，O-P-SYNCHRO 7 和 R-P-SYNCHRO 7 信号必须是在 12.3.5.3 中为初始化规定的信号。

12.4.3.2.1 O-P-TRAINING 3

使用 O-P-TRAINING 3 信号发出 O-MSG-LD SOC 消息。在发送 O-P-TRAINING 3 期间，SOC 处于激活状态。

O-P-TRAINING 3 的持续期是可变的。VTU-O 通过发送 O-P-SYNCHRO7 终止 O-P-TRAINING 3。

O-P-TRAINING 3 必须由 MEDLEYds 集的所有子载波所组成。这些子载波必须用 4QAM 进行调制。这些子载波的每一 DMT 符号必须载送一个信息比特。当信息比特值为“1”时，值 11 必须被映射到所有容许使用 4QAM 的子载波上。当信息比特值为“0”时，值 00 必须被映射到容许使用 4QAM 的所有子载波上。

所有子载波的星座点必须根据 12.3.6.2 中所描述的象限扰码器所提供的 2 比特数旋转。扰码器必须按复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号长度必须为 $2N_{ds}+L_{CE}$ 个样值。在发信机上，必须应用开窗口技术，窗口的总长度必须等于 β_{ds} （见 10.4.4）。 $2N_{ds}$ ， L_{CE} ， β_{ds} 和循环前缀长度必须被设置为 VTU-O 在 O-PRM-LD 中所传送的值。

在 O-P-TRAINING 3 中的 MEDLEY_{ds} 子载波的发信 PSD 必须与 O-P-TRAINING 2 期间相同。

12.4.3.2.2 R-P-TRAINING 3

R-P-TRAINING 3 用于发出 R-MSG-LD SOC 消息。在发送 R-P-TRAINING 3 期间，SOC 处于激活状态。

R-P-TRAINING 3 的持续期是可变的。VTU-O 通过发送 R-P-SYNCHRO7 终止 R-P-TRAINING 3。

R-P-TRAINING 3 必须由 MEDLEY_{us} 集中的所有子载波所组成。这些子载波必须用 4QAM 进行调制。这些子载波的每一 DMT 符号必须载送一个信息比特，每一比特在 5 个连续的 DMT 符号中发送 5 次。信息比特值为“1”时，必须将值 11 映射到所有容许使用 4QAM 的子载波上。信息比特值为“0”时，必须将 00 的值映射到所有容许使用 4QAM 的子载波上。

按照 12.3.6.2 中的描述，所有子载波的星座点必须根据象限扰码器所提供的比特数旋转。扰码器必须以复位工作模式使用（见 12.3.6.2.1）。

符号的长度必须是 $2N_{us}+L_{CE}$ 个样值。在发信机上，必须应用开窗口技术，并且窗口的总长度必须等于 β_{us} （见 10.4.4）。必须将 $2N_{us}$ ， β_{us} 和循环前缀长度设置为 VTU-R 在 R-PRM-LD 中所传递的值。 L_{CE} 的值必须是 VTU-O 在 O-PRM-LD 中所传送的值。

在 R-P-TRAINING 3 中的 MEDLEY_{us} 子载波的发信 PSD 必须与 R-P-TRAINING 2 期间相同。

12.5 快速启动

有待进一步研究。

13 在线重新配置（OLR）

在线重新配置使得能够在不中断业务和不产生误码的前提下改变 PMD。所规定的 PMD 在线重新配置的程序提供了自适应缓慢改变的信道条件的手段。它们通过提供配置参数改变的手段，它们对 PMS-TC、TPS-TC 和更高层是透明的，不会引进传送误码、不改变等待时间，并且不中断业务。

13.1 在线重新配置的类型

OLR 的类型包括比特交换、动态速率重新分割（DRR）和无缝速率自适应（SRA）。

比特交换是在不修改物理层的更高层特性的条件下，在容许的子载波中，重新分配比特和功率（即余量）。在不改变任何其它 PMD 或 PMS-TC 控制参数的条件下，比特交换技术对比特和增益（ b_i 和 g_i ）参数进行重新配置。在比特交换重新配置以后，不改变总的速率 $(\Sigma L_p) \times f_s$ 并且不改变每一等待时间路径上的总数据速率 $(L_p \times f_s)$ 。

动态速率重新分割（DRR）有待进一步研究。

无缝速率自适应（SRA）有待进一步研究。

在这一版本的本建议中，只规定了比特交换。由于在改变环境条件期间，单独使用比特交换来保持调制解调器的工作条件，比特交换是必备的能力。在 11.2.3.3 (OLR 命令) 中规定了比特交换的程序，并且必须使用表 11-5 和 11-6 中所示的 1 型 OLR 消息实施比特交换程序。

13.2 控制参数

PMD 的在线重新配置是通过在两个或更多个子载波上协调地改变比特和增益值来实现的。表 13-1 中所描述的比特和增益参数可以在所规定的限值以内通过在线重新配置改变。

表 13-1/G.993.2—PMD功能的在线重新配置参数

参 数	定 义
b_i	每个子载波的比特数可以在[0 ... 15]范围内增加或减少。 b_i 值的改变必须在不修正 L 值的前提下（即比特交换）完成。
g_i	子载波的增益调整可以在[-14.5 ... +2.5]的范围内增大或减小。

已更新的比特和增益表必须符合 10.3.1 和 10.3.4 中列出的比特和增益表要求。

13.3 子载波配置改变的时间

在上行和下行方向上，PMD 功能重新配置都必须在传送同步标志 (Syncflag) 后面的第 10 个符号的开头生效。根据 10.2 中的规定，每 256 个数据符号以后发送同步符号。PMD 功能的重新配置必须在下一个 DMT 超帧的符号计数为 9 的那个符号开始时生效。这里每一 DMT 超帧的第 1 个符号是符号计数为 0 的符号。

13.4 接收机启动程序

VTU 接收机可以启动重新配置程序。若它想要这样做，它就要计算比特和增益表的必要改变，并且请求在线路另一端的那个 VTU 的发信物理功能作这一改变。按照 11.2.3.3 中的规定，在它收到了一个肯定的证实消息以后，VTU 必须在 13.3 中规定的时刻，改变它自己的接收机 PMD 功能的比特和增益表。比特交换的请求只得改变比特和增益表。它不得修改 L 的值。比特交换重新配置只改变 PMD 子层的配置参数。它们不改变 TPS-TC 和 PMS-TC 子层的配置参数。

发信 PMD 功能必须支持由接收 PMD 功能所请求的比特交换。

14 电要求

14.1 终端阻抗模型

终端阻抗模型有待进一步研究。

注一 参考阻抗模型仅仅想用于分离器的测试，并没有想规定对在收发信机中要提供的输入阻抗值的要求。

14.2 业务分离器

进一步研究。

附件 A

地区A（北美）

A.1 频带规划

北美的频带规划示于图 A.1。US0 频带（如果有的话）的低端频率可以在 4kHz（无 POTS）到 25 kHz（有 POTS）范围内改变，而高端频率可以在 138 到 276 kHz 的范围内改变。



图 A.1/G.993.2—北美的频带规划

A.2 PSD规范

表 A.1 到表 A.6 中的转折点频率和 PSD 值都是准确的值。在相应的图 A.2 到图 A.4 中所表示的斜率是近似值。

注 1 — 1.1 MHz 以上的带外的规范由表 7-2 中的阻带规范所决定。

注 2 — 可以预料，验证发信极限 PSD 掩模的一致性的方法将由地区性组织规定。

A.2.1 VTU-R PSD规范

使用如下内插的规则来确定转折点之间的极限 PSD 掩模。

- 对于低于 (3750-175) kHz 的频率，必须在以 $\log_{10}(f)$ 为横坐标和以 dBm/Hz 表示的极限 PSD 掩模作纵坐标的图上，将表 A.1 到 A.6 中的转折点用直线连接起来。
- 对于高于 (3750-175) kHz 的频率，必须在以 f 为横坐标和以 dBm/Hz 表示的极限 PSD 掩模为纵坐标的图上，用直线将表 A.1 到 A.6 中的转折点连接起来。

A.2.1.1 VTU-R在POTS以上工作

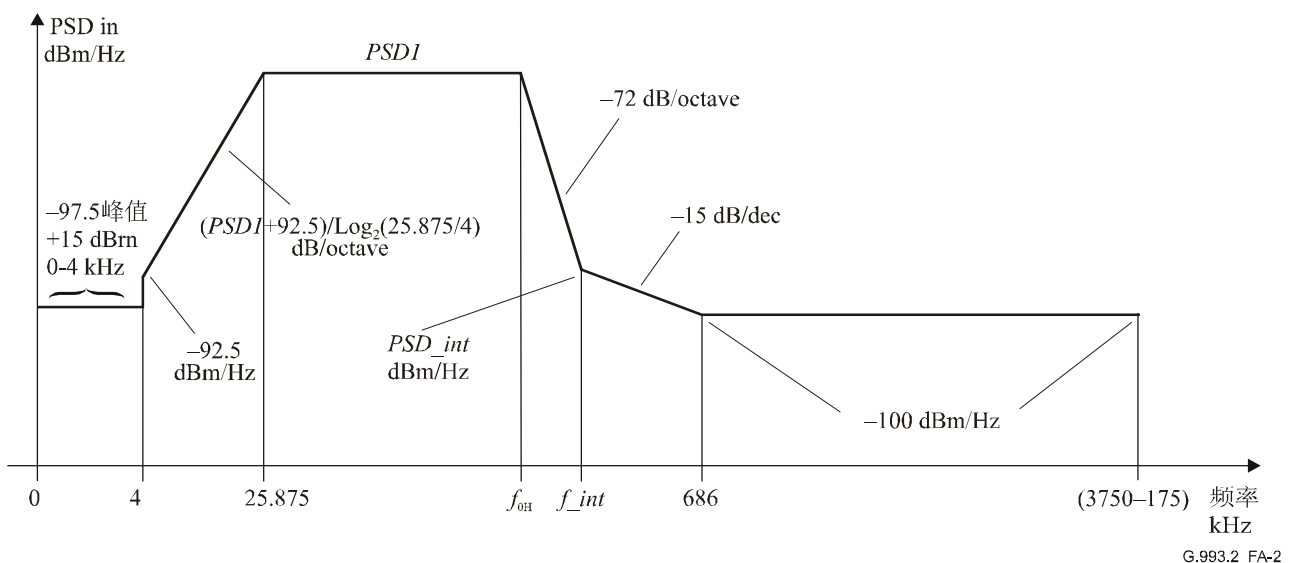


图 A.2/G.993.2—在POTS以上工作的VTU-R US0发信机PSD掩模

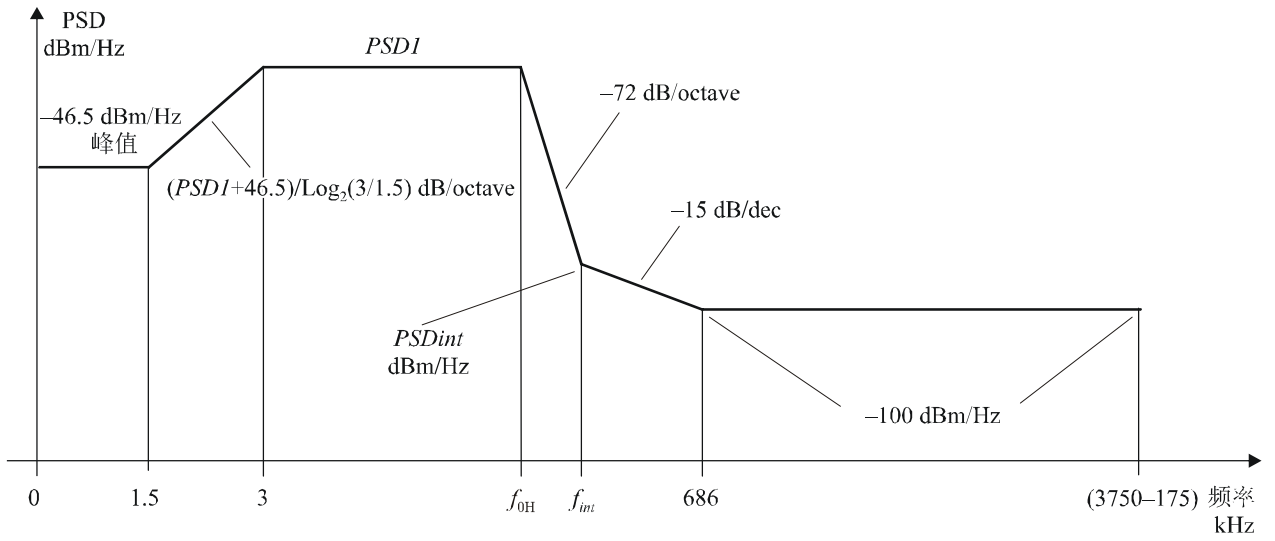
表 A.1/G.993.2—在POTS以上工作的VTU-R发信机的PSD掩模

频率 (kHz)	极限PSD掩模电平 (dBm/Hz)
0	-97.5
4	-97.5
4	-92.5
25.875	PSD_1
f_{0H}	PSD_1
f_{int}	PSD_{int}
686	-100
1104	-100
3750 - 175	-100
3750	-80
3750	-53 + 3.5
5200	-53 + 3.5
5200	-80
5200 + 175	-100
8500 - 175	-100
8500	-80
8500	-54 + 3.5
12000	-54 + 3.5
12000	-80
12000 + 175	-100
30000	-100

表 A.2/G.993.2— PSD_1 , PSD_{int} 和频率 f_{0H} 和 f_{int}

上行掩模号	命名符	PSD_1 (dBm/Hz)	频率 f_{0H} (kHz)	截断频率 f_{int} (kHz)	截断PSD电平 PSD_{int} (dBm/Hz)
1	EU-32	-34.5	138.00	242.92	-93.2
2	EU-36	-35.0	155.25	274.00	-94.0
3	EU-40	-35.5	172.50	305.16	-94.7
4	EU-44	-35.9	189.75	336.40	-95.4
5	EU-48	-36.3	207.00	367.69	-95.9
6	EU-52	-36.6	224.25	399.04	-96.5
7	EU-56	-36.9	241.50	430.45	-97.0
8	EU-60	-37.2	258.75	461.90	-97.4
9	EU-64	-37.5	276.00	493.41	-97.9

A.2.1.2 VTU-R全数字模式工作



G.993.2_FA-3

图 A.3/G.993.2—全数字模式工作的VTU-R US0发信机PSD掩模

表 A.3/G.993.2—全数字模式工作的 VTU-R发信机PSD掩模

频率 (kHz)	PSDI (dBm/Hz)
0	-46.5
1.5	-46.5
3	PSDI
f_{0H}	PSDI
f_{int}	PSDint
686	-100
1104	-100
3750 - 175	-100
3750	-80
3750	-53 + 3.5
5200	-53 + 3.5
5200	-80
5200 + 175	-100
8500 - 175	-100
8500	-80
8500	-54 + 3.5
12000	-54 + 3.5
12000	-80
12000 + 175	-100
30000	-100

表 A.4/G.993.2—PSDI, PSDint 和频率 f_{0H} 和 f_{int}

上行掩模号	命名符	PSDI (dBm/Hz)	频率 f_{0H} (kHz)	截断频率 f_{int} (kHz)	截断PSD 电平 PSDint (dBm/Hz)
1	ADLU-32	-34.5	138.00	242.92	-93.2
2	ADLU-36	-35.0	155.25	274.00	-94.0
3	ADLU-40	-35.5	172.50	305.16	-94.7
4	ADLU-44	-35.9	189.75	336.40	-95.4
5	ADLU-48	-36.3	207.00	367.69	-95.9
6	ADLU-52	-36.6	224.25	399.04	-96.5
7	ADLU-56	-36.9	241.50	430.45	-97.0
8	ADLU-60	-37.2	258.75	461.90	-97.4
9	ADLU-64	-37.5	276.00	493.41	-97.9

A.2.2 VTU-O PSD规范

用下面的内插规则确定转折点之间的极限 PSD 掩模:

- 对于低于 f_1 的频率, 必须在以 $\log_{10}(f)$ 为横坐标和以 dBm/Hz 表示的极限 PSD 掩模作纵坐标的图上, 将表 A.1 到 A.6 中的转折点用直线连接起来。
- 对于 f_1 以上的频率, 必须在以 f 为横坐标和以 dBm/Hz 表示的极限 PSD 掩模为纵坐标的图上, 用直线将表 A.1 到表 A.6 中的转折点连接起来。

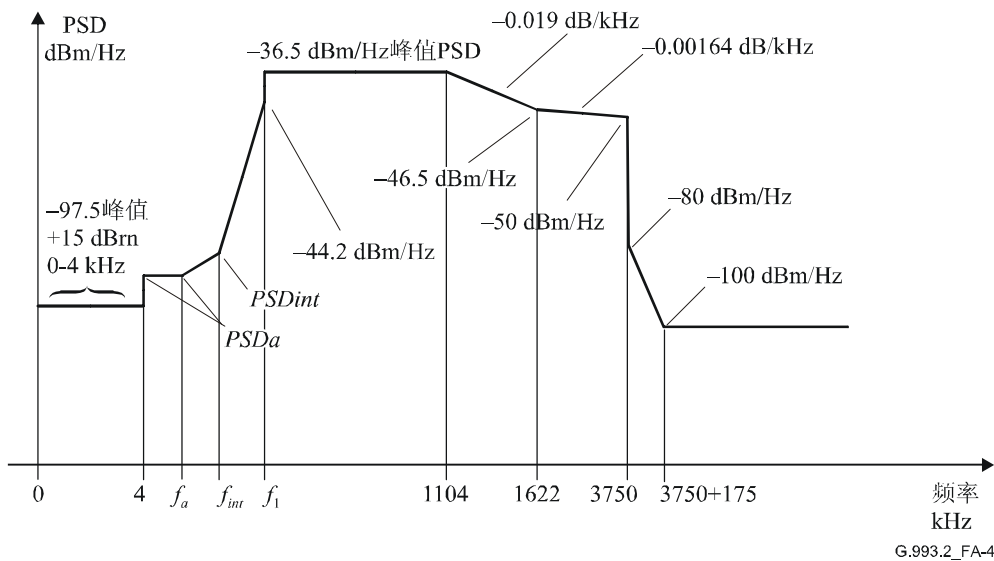


图 A.4/G.993.2—VTU-O DS1发信机PSD掩模

表 A.5/G.993.2—VTU-O发信机PSD掩模

频率(kHz)	极限PSD掩模电平 (dBm/Hz)
0	-97.5
4	-97.5
4	$PSDa$
f_a	$PSDa$
f_{int}	PSD_{int}
f_1	-44.2
f_1	-36.5
1104	-36.5
1622	$-50 + 3.5$
3750	$-53.5 + 3.5$
3750	-80
$3750 + 175$	-100
$5200 - 175$	-100
5200	-80
5200	$-55 + 3.5$
8500	$-55 + 3.5$
8500	-80
$8500 + 175$	-100
30000	-100

表 A.6/G.993.2— PSD_{int} 和 $PSDa$ 和频率 f_1, f_{int} 和 f_a

下行掩模号	命名符	f_1 (kHz)	f_{int} (kHz)	PSD_{int} (dBm/Hz)	f_a (kHz)	$PSDa$ (dBm/Hz)
1	D-32	138.00	80	-72.5	4	-92.5
9	D-64	276.00	227.1	-62	101.2	-90

A.2.3 UPBO参考PSD

参数“a”和“b”的规范有待进一步研究。

附件 B

地区B（欧洲）¹

B.1 频带规划

在本附件中，规定了两种不同的频率规划。这些频率规划是以 ITU-T G.993.1 建议书[1]的频带规划 A 和 B，以前也分别称为规划 998 和规划 997 为基础的。这些频率规划在下面的表 B.1 做了规定。为了适应不同的基本业务（POTS 和 ISDN）和不同的 US0 带宽，对频带规划 997 规定了两种变型，而对频带规划 998 规定了四种变型。

使用 12 MHz 以上频率的附加频率规划有待进一步研究。

表 B.1/G.993.2—频率规划

频率规划	频带边缘频率 (按照通用频率规划图7-1的规定)						
	f_{0L} kHz	f_{0H} kHz	f_1 kHz	f_2 kHz	f_3 kHz	f_4 kHz	f_5 kHz
997	25	138	138	3000	5100	7050	12000
	25	276	276				
998	25	138	138	3750	5200	8500	12000
	25	276	276				
	120	276	276				
	N/A	N/A	138				

注 1 — 用于 US0 的带宽的灵活性正在 ETSI TC-TM6 中进行研究。
注 2 — 在 f_{0L} 和 f_{0H} 列中的 N/A 表示不使用 US0 的频带规划变型。

B.2 极限PSD掩模可选方案

在本附件中对频带规划 997 和 998 规定的极限 PSD 掩模可选方案分别示于表 B.2 和 B.3。

¹ 注 — 本附件没有覆盖欧洲所有的要求和可以预料的对本附件的修改。

表 B.2/G.993.2—频带规划997的欧洲极限PSD掩模的可选方案

短名称	频带规划(长名称)	频率	
		US0型A/B/M(见注)	使用的最高上行或下行频率(kHz)
B7-1	997-M1c-A-7	A	7050
B7-2	997-M1x-M-8	M	8832
B7-3	997-M1x-M	M	12000
B7-4	997-M2x-M-8	M	8832
B7-5	997-M2x-A	A	12000
B7-6	997-M2x-M	M	12000

注—US0型代表:

- US0型A相当于附件A/G.992.5。
- US0型B相当于附件B/G.992.5。
- US0型M相当于附件M/G.992.3/G.992.5。
- US0型N/A表示不使用US0的频带规划变型。

表 B.3/G.993.2—频带规划998的欧洲极限PSD掩模的可选方案

短名称	频带规划(长名称)	频率	
		US0型A/B/M(见注)	使用的最高上行或下行频率(kHz)
B8-1	998-M1x-A	A	12000
B8-2	998-M1x-B	B	12000
B8-3	998-M1x-NUS0	N/A	12000
B8-4	998-M2x-A	A	12000
B8-5	998-M2x-M	M	12000
B8-6	998-M2x-B	B	12000
B8-7	998-M2x-NUS0	N/A	12000

注—US0型代表:

- US0型A相当于附件A/G.992.5。
- US0型B相当于附件B/G.992.5。
- US0型M相当于附件M/G.992.3/G.992.5。
- US0型N/A表示不使用US0的频带规划变形。

B.2.1 在4 kHz以下的频带中的一般要求

在0到4 kHz频带内的PSD噪声计加权测量的限值有待进一步研究。这要求按照附件A/O.41的规定用噪声计加权测量该频带内的功率。

B.2.2 频带规划997的上行极限PSD掩模

表 B.4/G.993.2—频带规划997的上行极限PSD掩模

名称	B7-1	B7-2	B7-3	B7-4	B7-5	B7-6
长名称	997-M1c-A-7	997-M1x-M-8	997-M1x-M	997-M2x-M-8	997-M2x-A	997-M2x-M
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
0	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
4	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
4	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5
25.875	-34.5	-37.5	-37.5	-37.5	-34.5	-37.5
50	-34.5	-37.5	-37.5	-37.5	-34.5	-37.5
80	-34.5	-37.5	-37.5	-37.5	-34.5	-37.5
120	-34.5	-37.5	-37.5	-37.5	-34.5	-37.5
138	-34.5	-37.5	-37.5	-37.5	-34.5	-37.5
225	Interp	-37.5	-37.5	-37.5	Interp	-37.5
243	-93.2	-37.5	-37.5	-37.5	-93.2	-37.5
276	Interp	-37.5	-37.5	-37.5	Interp	-37.5
493.41	Interp	-97.9	-97.9	-97.9	Interp	-97.9
686	-100	-100	-100	-100	-100	-100
783	-100	-100	-100	-100	-100	-100
2825	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3000	-80	-80	-80	-80	-80	-80
3000	-56.5	-56.5	-56.5	-50.3	-50.3	-50.3
3575	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
3750	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
3750	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
5100	-56.5	-56.5	-56.5	-52.6	-52.6	-52.6
5100	-80	-80	-80	-80	-80	-80
5275	-100	-100	-100	-100	-100	-100
5375	-100	-100	-100	-100	-100	-100
6875	-100	-100	-100	-100	-100	-100
7050	-100	-80	-80	-80	-80	-80
7050	-100	-56.5	-56.5	-54	-54	-54
8325	-100	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
8500	-100	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
8500	-100	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
10000	-100	-56.5	-56.5	-55.5	-55.5	-55.5
12000	-100	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5
12000	-100	-80	-80	-80	-80	-80

表 B.4/G.993.2—频带规划997的上行极限PSD掩模

名称	B7-1	B7-2	B7-3	B7-4	B7-5	B7-6
长名称	997-M1c-A-7	997-M1x-M-8	997-M1x-M	997-M2x-M-8	997-M2x-A	997-M2x-M
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
12175	-100	-100	-100	-100	-100	-100
14350	-100	-100	-100	-100	-100	-100
14351	-100	-100	-100	-100	-100	-100
14526	-100	-100	-100	-100	-100	-100
30000	-100	-100	-100	-100	-100	-100

注 1 — 在包含标有“Interp”字样的值的转折点之间的 PSD 值必须按如下方式通过相邻转折点之间的内插来得到：

- 在 (f_2-175) kHz 以下：根据 $\text{dB}/\log_{10}(f)$ ；和
- 在 (f_2-175) kHz 以上：根据 dB/f ；
- f_2 在表 B.1 中加以规定。

注 2 — 在极限 PSD 掩模 B7-2 和 B7-4 中，应该主要考虑 8832 kHz 以上的 PSD。在 8832 kHz 到 12000 kHz 的频带中掩模的减小问题有待进一步研究。为了对共用同一电缆的全部带宽解决方案的不必要的 FEXT 加以限制、为了保护业余无线电频带，和为了给将来的频率规划提供灵活性，必须规定去假频滤波器的最小滚降系数。

B.2.3 频带规划997的下行极限PSD掩模

表 B.5/G.993.2—频带规划997的下行极限PSD掩模

名称	B7-1	B7-2	B7-3	B7-4	B7-5	B7-6
长名称	997-M1c-A-7	997-M1x-M-8	997-M1x-M	997-M2x-M-8	997-M2x-A	997-M2x-M
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
0	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
4	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
4	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5
80	-72.5	-92.5	-92.5	-92.5	-72.5	-92.5
101.2	Interp	-92.5	-92.5	-92.5	Interp	-92.5
138	-49.5	Interp	Interp	Interp	-44.2	Interp
138	-49.5	Interp	Interp	Interp	-36.5	Interp
227.11	-49.5	-62	-62	-62	-36.5	-62
276	-49.5	-48.5	-48.5	-48.5	-36.5	-48.5
276	-49.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5
1104	-49.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5
1622	-49.5	-46.5	-46.5	-46.5	-46.5	-46.5

表 B.5/G.993.2—频带规划997的下行极限PSD掩模

名称	B7-1	B7-2	B7-3	B7-4	B7-5	B7-6
长名称	997-M1c-A-7	997-M1x-M-8	997-M1x-M	997-M2x-M-8	997-M2x-A	997-M2x-M
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
2208	-49.5	-48	-48	interp	interp	interp
2236	-49.5	Interp	Interp	interp	interp	interp
2249	-49.5	-49.5	-49.5	Interp	Interp	Interp
2500	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
3000	-56.5	-56.5	-56.5	-49.6	-49.6	-49.6
3000	-80	-80	-80	-80	-80	-80
3175	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3750	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3750	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3925	-100	-100	-100	-100	-100	-100
4925	-100	-100	-100	-100	-100	-100
5100	-80	-80	-80	-80	-80	-80
5100	-56.5	-56.5	-56.5	-52.6	-52.6	-52.6
5200	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
5200	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp
7050	-56.5	-56.5	-56.5	-54	-54	-54
7050	-80	-80	-80	-80	-80	-80
7225	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8500	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8500	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8675	-100	-100	-100	-100	-100	-100
30000	-100	-100	-100	-100	-100	-100

注 1 — 在包含标有“Interp”的值的转折点之间的 PSD 值必须按下面的规则通过相邻转折点之间的内插得到：
 — 在 f_1 以下，根据 $\text{dB}/\log_{10}(f)$ ；和
 — 在 f_1 以上，根据 dB/f ；
 — f_1 按照表 B.1 中的规定。

注 2 — 在极限 PSD 掩模 B7-2 和 B7-4 中，应当主要考虑 8832 kHz 以上的 PSD。在 8832 kHz 到 12000 kHz 的频带中的掩模的减小问题有待进一步研究。为了限制共用同一电缆的全频带宽度的不必要的 FEXT，为了保护 10.05 MHz 的业余无线电频带和为了给将来的频带规划演进提供灵活性，应该规定去假频滤波器的最小滚降系数。

B.2.4 频带规划998的上行极限PSD掩模

表 B.6/G.993.2—频带规划998的上行PSD掩模

名称	B8-1	B8-2	B8-3	B8-4	B8-5	B8-6	B8-7
长名称	998-M1x-A	998-M1x-B	998-M1x-NUS0	998-M2x-A	998-M2x-M	998-M2x-B	998-M2x-NUS0
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
0	-97.5	-97.5	-100	-97.5	-97.5	-97.5	-100
4	-97.5	-97.5	-100	-97.5	-97.5	-97.5	-100
4	-92.5	-92.5	-100	-92.5	-92.5	-92.5	-100
25.875	-34.5	Interp	-100	-34.5	-37.5	-92.5	-100
50	-34.5	-90	-100	-34.5	-37.5	-90	-100
80	-34.5	-81.8	-100	-34.5	-37.5	-81.8	-100
120	-34.5	-34.5	-100	-34.5	-37.5	-34.5	-100
138	-34.5	-34.5	-100	-34.5	-37.5	-34.5	-100
225	Interp	-34.5	-100	Interp	-37.5	-34.5	-100
243	-93.2	-34.5	-100	-93.2	-37.5	-34.5	-100
276	Interp	-34.5	-100	Interp	-37.5	-34.5	-100
307	Interp	Interp	-100	Interp	Interp	Interp	-100
493.41	Interp	Interp	-100	Interp	-97.9	Interp	-100
508.8	Interp	-98	-100	Interp	Interp	-98	-100
686	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
783	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
2825	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3000	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3000	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3575	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
3750	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
3750	-56.5	-56.5	-56.5	-51.2	-51.2	-51.2	-51.2
5100	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
5100	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
5200	-56.5	-56.5	-56.5	-52.7	-52.7	-52.7	-52.7
5200	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
5275	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp
5375	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
6875	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
7050	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
7050	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
8325	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

表 B.6/G.993.2—频带规划998的上行极限PSD掩模

名称	B8-1	B8-2	B8-3	B8-4	B8-5	B8-6	B8-7
长名称	998-M1x-A	998-M1x-B	998-M1x-NUS0	998-M2x-A	998-M2x-M	998-M2x-B	998-M2x-NUS0
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
8500	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
8500	-56.5	-56.5	-56.5	-54.8	-54.8	-54.8	-54.8
10000	-56.5	-56.5	-56.5	-55.5	-55.5	-55.5	-55.5
12000	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5	-56.5
12000	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
12175	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
14350	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
14351	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
14526	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
30000	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

注— 在包含标有“Interp”的值的转折点之间的 PSD 值必须按下面的规则，通过在相邻转折点之间内插来得到：
 — 在 $(f_2 - 175)$ kHz 以下：根据 $\text{dB}/\log_{10}(f)$ ；和
 — 在 $(f_2 - 175)$ kHz 以上：根据 dB/f ；
 — f_2 按照表 B.1 中规定。

B.2.5 频带998的下行极限PSD掩模

表 B.7/G.993.2—频带998的下行极限PSD掩模

名称	B8-1	B8-2	B8-3	B8-4	B8-5	B8-6	B8-7
长名称	998-M1x-A	998-M1x-B	998-M1x-NUS0	998-M2x-A	998-M2x-M	998-M2x-B	998-M2x-NUS0
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
0	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
4	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5	-97.5
4	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5	-92.5
80	-72.5	-92.5	-72.5	-72.5	-92.5	-92.5	-72.5
101.2	Interp	-92.5	Interp	Interp	-92.5	-92.5	Interp
138	-44.2	Interp	-44.2	-44.2	Interp	Interp	-44.2
138	-36.5	Interp	-36.5	-36.5	Interp	Interp	-36.5
227.11	-36.5	-62	-36.5	-36.5	-62	-62	-36.5
276	-36.5	-48.5	-36.5	-36.5	-48.5	-48.5	-36.5
276	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5

表 B.7/G.993.2—频带规划998的下行极限PSD掩模

名称	B8-1	B8-2	B8-3	B8-4	B8-5	B8-6	B8-7
长名称	998-M1x-A	998-M1x-B	998-M1x-NUS0	998-M2x-A	998-M2x-M	998-M2x-B	998-M2x-NUS0
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz	dBm/Hz
1104	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5	-36.5
1622	-46.5	-46.5	-46.5	-46.5	-46.5	-46.5	-46.5
2208	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48
2236	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp
2249	-49.5	-49.5	-49.5	Interp	Interp	Interp	Interp
2500	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
3000	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
3000	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
3175	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
3750	-56.5	-56.5	-56.5	-51.2	-51.2	-51.2	-51.2
3750	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
3925	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
4925	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
5025	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
5100	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp
5100	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp	Interp
5200	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
5200	-56.5	-56.5	-56.5	-52.7	-52.7	-52.7	-52.7
7050	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
7050	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
7225	-56.5	-56.5	-56.5	Interp	Interp	Interp	Interp
8500	-56.5	-56.5	-56.5	-54.8	-54.8	-54.8	-54.8
8500	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
8675	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
30000	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100

注 1 — 在包含标有“Interp”的值的转折点之间的 PSD 值必须按照下面的规则，通过在相邻的转折点之间内插来得到：

- 在 f_1 以下，根据 $\text{dB}/\log_{10}(f)$ ；和
- 在 f_1 以上，根据 dB/f ；
- f_1 在表 B.1 中规定。

注 2 — 在极限 PSD 掩模 B-2 和 B-4 中，应当主要考虑在 8832 kHz 以上的 PSD。在 8832 kHz 到 12000 kHz 的频带中的掩模中的减小问题有待进一步研究。为了对共用同一电缆的全频带宽度解决方案的不必要的 FEXT 加以限制，为了保护 10.05 MHz 的业余无线电频带和为了给将来的频带规划的演进提供灵活性，应当规定去假频滤波器的最小的滚降系数。

B.2.6 UPBO参考PSD

参数“*a*”和“*b*”的规范有待进一步研究。

B.3 发信PSD掩模可选方案

发信 PSD 掩模可选方案有待进一步研究。

B.4 模板PSD

B.4.1 定义

在 PSD 为等于或大于 -96.5 dBm/Hz 的频带中, 将模板 PSD 设置为低于 PSD 掩模 3.5 dB。另外在 4 MHz 以下, 该模板设置为 -100 dBm/Hz, 在 4 MHz 和 5 MHz 之间, 设置为 -110 dBm/Hz 或者在 5 MHz 和 30 MHz 之间设置为 -112 dBm/Hz。这相当于在 1 MHz 滑动窗口内 -52 dBm。这是为了与 7.2.2 中的要求和表 7-2 中的最后一列的要求相一致而规定的。

B.4.2 窄频带PSD的验证

与本附件中的 PSD 掩模的窄频带一致性必须经过验证, 方法是在 4 kHz 以上使用以有疑问的频率为中心的 10 kHz 测量带宽, 而在不高于 4 kHz 的频带内, 使用 100 Hz 测量带宽测量功率。

B.4.3 宽频带PSD验证

模板 PSD 的验证有待进一步研究。

注 1 — 同时, 可以使用在 ETSI 技术规范 TS 101 270-1V1.3.1 (2003-07) 附件 E 中所描述的方法。上面规定的模板 PSD 在这一规范中所规定的方法中将用作“模板”。

注 2 — 为了验证表 7-2 中的阻带 PSD 要求的一致性, 为了验证在考虑了增益微调、滤波器特性的波纹和生产方面的可变性以后, 带内 PSD 与预期的发信机 PSD 的模板的一致性, 规定了宽频带 PSD 的限值。

B.4.4 在仿真中使用(资料性)

在 VDSL2 性能仿真中, 可以使用模板 PSD 作为符合相关的极限 PSD 掩模的普通发信机的代表。

B.5 一致性

一致性要求满足下面的通用的或专用的一致性规则。

B.5.1 通用的一致性

通用的一致性要求至少与一个极限 PSD 掩模相一致。

B.5.2 专用的一致性

专用的一致性要求至少与一个发信 PSD 掩模相一致。

附件 C

地区C（日本）

C.1 频带规划

频带规划必须按照图 C.1 所示加以规定。根据表 6-1 中规定的简表，必须选择 US0，DS1，US1，DS2，US2，DS3 和 US3 的适当子集。US0 的使用有待进一步研究。

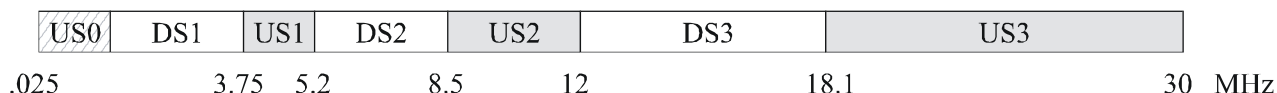


图 C.1/G.993.2— 在25 kHz和30 MHz之间的频率规划

C.2 PSD掩模

C.2.1 发信信号的PSD掩模

C.2.1.1 在POTS频带以上的频率上工作的VDSL 2系统

25 kHz 以上的频率用于 VDSL2。US0 的使用有待进一步研究。对于 US0 以上和 11.825 MHz 以下的频率，PSD 必须符合 F.1.2.1/G.993.1[1]的要求。对于 11.825 MHz 以上的频率，下行的 PSD 必须符合表 C.1 中规定的 PSD 掩模的要求，而上行的 PSD 必须符合表 C.2 中规定的 PSD 掩模的要求。其它 PSD 的限制有待进一步研究。

C.2.1.2 在TCM-ISDN DSL频带以上频率上工作的VDSL 2系统

VDSL 2 使用 640 kHz 以上的频率。320 kHz 以下的频率供 TCM-ISDN DSL 使用。在 320 kHz 和 640 kHz 之间的频带是保护带。不使用 US0，并且 DS1 必须以 640 kHz 为起点。

PSD 掩模在下面的表 C.1 和 C.2 中做了规定。其它 PSD 有待进一步研究。

表 C.1/G.993.2—VTU-O发信PSD要求（在TCM-ISDN频带上面的VDSL2）

频带属性	频带 f [MHz]	最大PSD的限制 (PSD掩模) [dBm/Hz] (注1, 2和4)	在1MHz滑动窗口内的 最大功率限制 [dBm] (注1, 3和4)
DS1	$0 < f < 0.12$	-120	
	$0.12 \leq f < 0.225$	-110	
	$0.225 \leq f < 0.465$	-100	
	$0.465 \leq f \leq 0.640$	$-60 + (40/0.175) \times (f - 0.64)$	
	$0.640 < f < 3.75$	$-60 + 3.5 (= -56.5)$	
	$3.75 \leq f \leq 3.925$	$-80 - (20/0.175) \times (f - 3.75)$	
	$3.925 < f < 5.025$	-100	-50
	$5.025 \leq f \leq 5.2$	$-80 + (20/0.175) \times (f - 5.2)$	

表 C.1/G.993.2—VTU-O发信PSD要求（在TCM-ISDN频带以上的VDSL2）

频带属性	频带 f [MHz]	最大PSD的限制 (PSD掩模) [dBm/Hz] (注1, 2和4)	在1MHz滑动窗口内的 最大功率限制 [dBm] (注1, 3和4)
DS2	$5.2 < f < 8.5$	$-60 + 3.5 (= -56.5)$	
	$8.5 \leq f \leq 8.675$	$-80 - (20/0.175) \times (f - 8.5)$	
	$8.675 < f < 11.825$	-100	-52
	$11.825 \leq f \leq 12$	$-80 + (20/0.175) \times (f - 12)$	
DS3	$12 < f < 18.1$	$-60 + 3.5 (= -56.5)$	
	$18.1 \leq f \leq 18.275$	$-80 - (20/0.175) \times (f - 18.1)$	
	$18.275 < f < 30$	-100	-52
	$30 \leq f$	-110	

注 1 — 所有的 PSD 和功率的测量是在 100 Ω 阻抗上进行的。
 注 2 — 必须用 10 kHz 分辨率带宽测量最大 PSD。
 注 3 — 用 1 MHz 分辨率带宽测量在 1 MHz 滑动窗口内的最大功率。
 注 4 — 阻带 PSD 的要求符合 7.2.2。
 注 5 — 在 30 MHz 频率范围内，PSD 的积分不超过 11.0 dBm。

表 C.2/G.993.2—VTU-R发信PSD要求（在TCM-ISDN频带以上的VDSL2）

频带属性	频带 f [MHz]	最大PSD的限制 (PSD掩模) [dBm/Hz] (注1, 2和4)	在1MHz滑动窗口内的 最大功率限制 [dBm] (注1, 3和4)
US1	$0 < f < 0.12$	-120	
	$0.12 \leq f < 0.225$	-110	
	$0.225 \leq f < 3.575$	-100	
	$3.575 \leq f \leq 3.75$	$-80 + (20/0.175) \times (f - 3.75)$	
	$3.75 < f < 5.2$	$-60 + 3.5 (= -56.5)$	
	$5.2 \leq f \leq 5.375$	$-80 - (20/0.175) \times (f - 5.2)$	
	$5.375 < f < 8.325$	-100	-52
	$8.325 \leq f \leq 8.5$	$-80 + (20/0.175) \times (f - 8.5)$	
US2	$8.5 < f < 12$	$-60 + 3.5 (= -56.5)$	
	$12 \leq f \leq 12.175$	$-80 - (20/0.175) \times (f - 12)$	
	$12.175 < f < 17.925$	-100	-52
	$17.925 \leq f \leq 18.1$	$-80 + (20/0.175) \times (f - 18.1)$	

表 C.2/G.993.2—VTU-R发信PSD要求（在TCM-ISDN频带以上的VDSL2）

频带属性	频带 f [MHz]	最大PSD的限制 (PSD掩模) [dBm/Hz] (注1, 2和4)	在1MHz滑动窗口内的 最大功率限制 [dBm] (注1, 3和4)
US3	$18.1 < f < 30$	$-60 + 3.5 (= -56.5)$	
	$30 \leq f \leq 30.175$	$-80 - (30/0.175) \times (f - 30)$	
	$30.175 < f$	-110	
注 1 — 所有 PSD 和功率的测量是在 100 Ω 阻抗上进行的。			
注 2 — 必须用 10 kHz 的分辨率带宽测量最大 PSD。			
注 3 — 用 1 MHz 分辨带宽测量 1 MHz 滑动窗口内的最大功率。			
注 4 — 阻带 PSD 的要求符合 7.2.2。			
注 5 — 在 30 MHz 的频率范围内, PSD 的积分不超过 12.3 dBm。			

C.2.1.3 在2.208 MHz以下频率上减小PSD的VDSL2系统

在 2.208 MHz 以上频率上的 PSD 掩模不得超过-56.5 dBm/Hz。这些频率的 PSD 掩模有待进一步研究。对于 2.208 MHz 和 11.825 MHz 之间的频率, PSD 必须符合 F.1.2.1/G.993.1[1]的要求。对于 11.825 MHz 以上的频率, 下行 PSD 和上行 PSD 必须符合表 C.1 中规定的 PSD 掩模或者表 C.2 中所规定的 PSD 掩模。其它 PSD 的限制有待进一步研究。

C.2.1.4 上行功率回退 (UPBO) PSD掩模

VTU-R 必须按照 7.2.1.3.2 中的规定, 计算所要求的 UPBO 和它的上行 PSD 掩模。

UPBO 参考 PSD、UPBOPSD (f), 被参数化为 $-a - b \sqrt{f}$ dBm/Hz, 其中 f 用 MHz 来表示。

对于图 C.1 中规定的 US1 和 US2, a 和 b 的值在表 C.3 中给出。这些值必须在 US1 和 US2 的极限 PSD 掩模不超过-56.5 dBm/Hz 时应用。

当 US1 和 US2 的极限 PSD 掩模与不超过-56.5 dBm/Hz 所规定的掩模不同时, 对 UPBOPSD 的 a 和 b 的值有待进一步研究。对于图 C.1 中规定的 US3, UPBOPSD 的 a 和 b 的值有待进一步研究。

表 C.3/G.993.2—UPBOPSD的参数

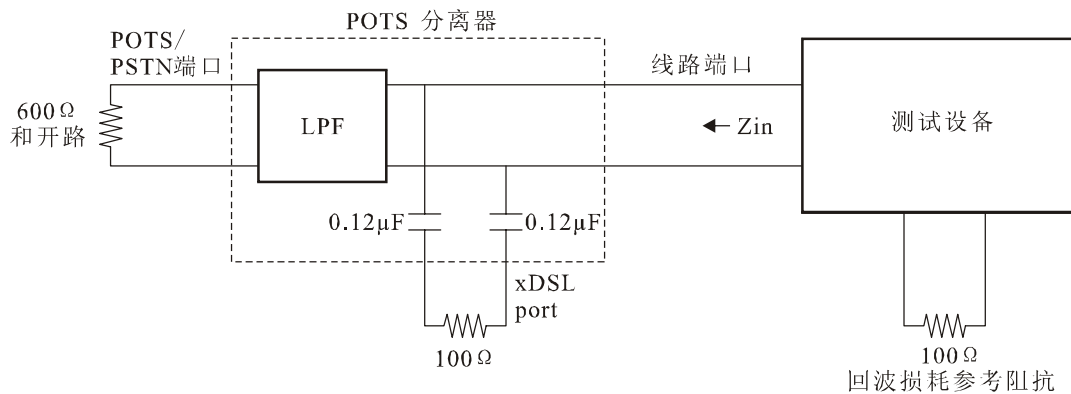
		a	b
极限 PSD 掩模 ≤ -56.5 dBm/Hz	US1	60	10.2
	US2	60	6.42
	US3	进一步研究	进一步研究
其它极限 PSD 掩模	US1		
	US2	进一步研究	进一步研究
	US3		

C.3 业务分离器

见 F.2/G.993.1[1]。

当按照附件 C 进行工作时,在最高在 30 MHz 的频带中,必须满足在 ITU-T G.993.1 建议书[1]中在 12 MHz 以下频带上应用的要求。

然而,必须按照图 C.2 所示来测量在 12 MHz 和 30 MHz 之间那段频带中的 POTS 分离器的回波损耗。



$$\text{回波损耗} = -20 \text{ Log} \left| \frac{100 - Z_{in}}{Z_{in} + 100} \right| \text{ dB}$$

G.993.2_FC-2

图 C.2/G.993.2—CO和远端POTS分离器在12 MHz和30 MHz之间的频带中的阻抗测量

C.4 测试环路和串音干扰源

C.4.1 测试环路

C.4.1.1 环路的结构

对于 12 MHz 以下的频带,见 F.3.1.1/G.993.1[1]。对于使用 12 MHz 以上频带的 VDSL2,在测试环路 VLOOP-J3 上,必须加上下面的关于跨接分支的参数 Y_2 的设置(见图 F.10/G.993.1[1]):

$Y_2 = 1-10 \text{ m}$, 每一步长 1 m。

C.4.1.2 主线路常数

见 F.3.1.2/G.993.1 [1]。

主线路常数的方程可以适用于 30 MHz 以下。

C.4.1.3 线路传递函数和测试环路特性

见 F.3.1.3/G.993.1[1]。

C.4.2 串音干扰源

C.4.2.1 干扰源类型

见 F.3.2.1/G.993.1[1]。

使用 G.992.1 (附件 I)、VDSL2 本身和 PNT3 (ITU-T G.9954 建议书)时,必须加上下面所示的五种干扰源:

- 噪声 $B_5 = 9$ VDSL2 本身的 NEXT 和 FEXT (对于干扰源的 PSD 见表 C.1 和 C.2);

- 噪声 $B_6 = 9$ ADSL [9] NEXT 和 FEXT (关于干扰源的 PSD, 见图 I.13/G.992.1 (I.4.8.1/G.992.1));
- 噪声 $B_7 = 9$ PNT3 (掩模#1) NEXT (关于干扰源的 PSD, 见 6.8.3.1/G.9954 中的表 6-10/G.9954 (掩模#1));
- 噪声 $B_8 = 9$ PNT3 (掩模#2) NEXT (关于干扰源的 PSD, 见 6.8.3.1/G.9954 中的表 6-12/G.9954 (掩模#2)); 和
- 噪声 $B_9 = 9$ PNT3 (掩模#3) NEXT (关于干扰源的 PSD, 见 6.8.3.1/G.9954 中的表 6-14/G.9954 (掩模#3))。

其它干扰源有待进一步研究。

C.4.2.2 干扰源的功率谱密度

见 F.3.2.2/G.993.1[1]。

关于附件 I/G.992.1, 请见图 I.13/G.992.1 (I.4.8.1/G.992.1)。干扰源相对于图 I.13/G.992.1 中所规定的峰值掩模有-3.5 dB 的差值。关于 VDSL2 本身, 见表 C.1 和 C.2。在带内区域, 干扰源相对于表 C.1 和表 C.2 中所规定的峰值掩模, 有-3.5 dB 的差值。关于 PN3 (ITU-T G.9954 建议书[8]), 请见 6.8.3.1/G.9954[8]中的表 6-10/G.9954 (掩模#1)、表 6-12/G.9954 (掩模#2) 和表 6-14/G.9954 (掩模#3)。

C.4.2.3 串音的功率谱密度

见 F.3.2.3/G.993.1[1]。

附 件 D

有待进一步研究。

附 件 E

有待进一步研究。

附 件 F

有待进一步研究。

附 件 G

有待进一步研究。

附 件 H

有待进一步研究。

附 件 I

有待进一步研究。

附 件 J

有待进一步研究。

附 件 K

TPS-TC 功能描述

本附件包含了在 G.993.2 收发信机内可以使用各种各样类型的 TPS-TC 的功能描述。

K.1 STM传输会聚 (STM-TC) 功能

K.1.1 范围

STM-TC 功能在上行或下行方向上，提供传送一个 STM-TC 流的程序。经过 STM-TC 流的传送，字节的边界和最高有效位的位置清晰地保持。STM-TC 流相对于 α/β 接口上的同步信号，在 γ_R 或 γ_O 参考点上同步出现。

对准同步接口的支持正在研究之中。

K.1.2 参考文献

因为没有 STM-TC 专用的参考文献，本节有意空白。

K.1.3 定义

因为没有 STM-TC 专用的定义，本节有意空白。

K.1.4 缩略语

因为没有 STM-TC 专用的缩略语，本节有意空白。

K.1.5 传送能力

STM-TC 功能在上行或下行方向上，提供了一个 STM-TC 流传送的程序。经过 STM-TC 流的传送，必须清楚地保持字节的边界和最高有效位的位置。STM-TC 流相对于 PMD 的比特时钟在 γ_R 或 γ_O 参考点上同步出现。

在已经应用了每一个发送 STM-TC 程序以后，由基本的 PMS-TC 和 PMD 层，通过一系列的数据帧和 PMD 符号完成把 STM-TC 流传送到链路另一端的接收 STM-TC 功能。STM-TC 传送功能由 K.1.7 中所描述的控制参数进行配置。控制参数保证了应用 STM-TC 流的适当的数据速率和特性。在 VTU 初始化或重新配置期间，设置所有控制参数的值。接收 STM-TC 功能恢复出送给相应的发信 STM-TC 功能并且已经在对 VTU-O 和 VTU-R 的 STM-TC、PMS-TC 和 PMD 功能中传送过的输入信号。

发信 STM-TC 接受从 VTU 内的数据平面和控制平面来的各种输入信号。作为一个数据平面元，发信 STM-TC 功能接受从 γ_0 或 γ_R 接口点来的一个 STM-TC 流。该流与一个并且只与一个 STM-TC 功能有关系。按图 K.1 所示，将这些输入信号传递给接收 STM-TC 接口。STM-TC 帧承载信道经过传送后，清楚地保持了字节的边界和最高有效位的位置。

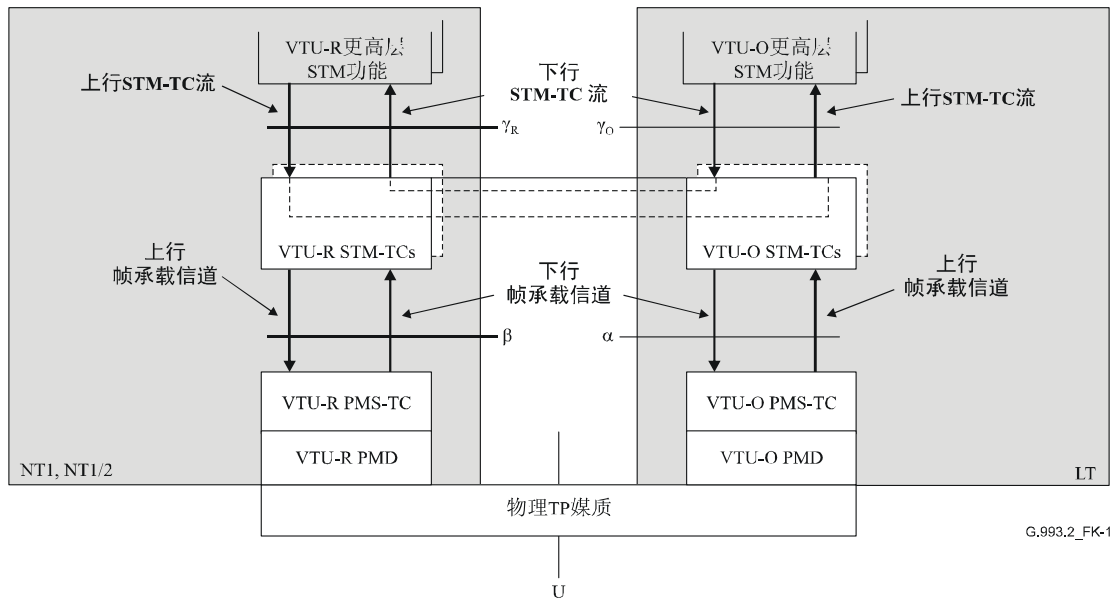


图 K.1/G.993.2—在用户平面内的STM-TC传送能力

作为一个管理平面元，没有 STM-TC 功能所提供的专门的传送功能。然而，有某些本附件定义的用于 STM-TC 功能的专用指示比特和开销响应的定义。

K.1.6 接口原语

如图 K.2 中所示，每一 VTU-O STM-TC 功能有许多接口信号。每一定了名的信号由一个或多个标有方向箭头的原语所组成。与每一箭头有关的原语的类型根据该图的图例来确定。

该图用一条虚线将下行的功能和信号与上行分开。在图的最上面表示的信号将原语传送到更高层的 STM 功能和把原语从更高层 STM 功能传回来。在图最下面所表示的信号将原语传送给 PMS-TC 功能和从 PMS-TC 功能传送回来。

如图 K.3 所示，每一 VTU-R STM-TC 功能有类似的接口信号。在这一图中，上行和下行的标记与图 K.1 正相反。

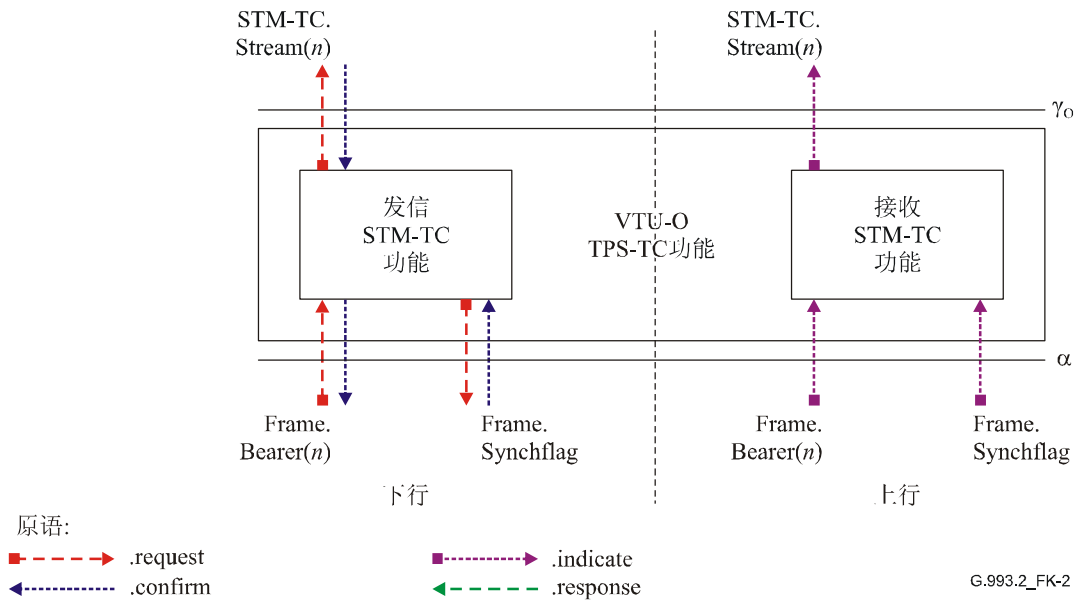


图 K.2/G.993.2—VTU-O STM-TC功能的信号

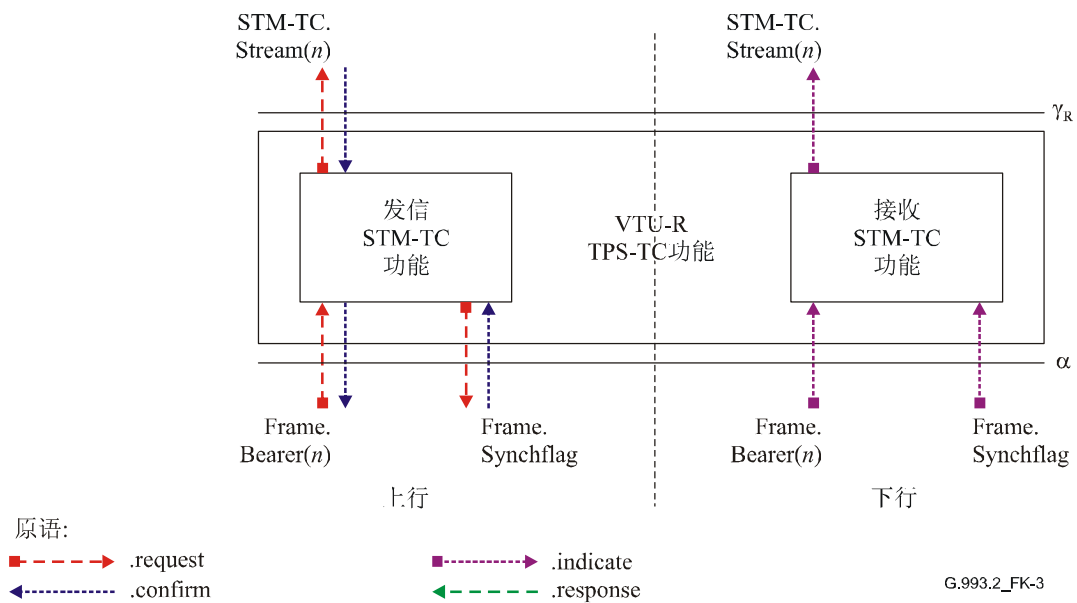


图 K.3/G.993.2—VTU-R STM-TC功能的信号

图 K.2 和 K.3 中所示的信号用于在本建议书的各功能之间载送原语。

在表 K.1 中描述了更高层 STM 功能和 STM-TC 功能之间所用的原语。这些原语支持帧承载数据的交换和数据流为配合 PMS-TC 配置而作的调整。它们还支持 VTU-O 和 VTU-R 的协调一致的在线重新配置。

表 K.1/G.993.2— 在STM更高层功能和STM-TC功能之间的信令原语

信 号	原 语	描 述
TPS-TC.Stream(<i>n</i>).STM	.request	发信 STM-TC 功能使用这一原语向发信的更高层的 STM 功能请求传送一个或多个字节。通过请求和确认的交互工作，使数据流与 STM-TC 的配置（和基本功能）相配。原语标上标号 <i>n</i> ，这里 <i>n</i> 相当于 TPS-TC 功能的 id（例如，对 TPS-TC#0， <i>n</i> =0）。
	.confirm	发信更高层 STM 功能用这一原语向 STM-TC 功能递交一个或多个要传送的字节。一收到这一原语后，STM-TC 功能必须完成在 K.1.8 中的数据平面程序。
	.indicate	接收 STM-TC 功能用这一原语将已经传送的一个或多个字节递交给更高层的接收 STM 功能。

K.1.7 控制参数

除了本建议书正文所规定的控制参数外，STM-TC 功能的配置还受表 K.2 中所定义的一套控制参数所控制。在一对 VTU 的初始化或重新配置（如果应用）期间，必须设置和传递这些控制参数的值。所有的值由应用要求和应用方法所决定，这一点超出了本建议书的范围。

表 K.2/G.993.2— STM-TC参数

参 数	定 义
最小净数据速率 net_min_n	由 STM-TC 流# <i>n</i> 所支持的最小净数据速率。为了提供 net_min_n 数据速率，VTU 必须执行适当的初始化和重新配置程序。
最大净数据速率 net_max_n	由 STM-TC 注# <i>n</i> 所支持的最大净数据速率。在初始化和重新配置程序期间，净数据速率不得超过这个值。
最低保留数据速率 $net_reserve_n$	由 STM-TC 流# <i>n</i> 所支持的，一接到适当的重新配置程序的请求必须总是可以应用的最小净数据速率。 $net_reserve_n$ 的值必须受到下式限制， $net_min_n \leq net_reserve_n \leq net_max_n$ 。在本建议书的这一版本中，不使用这一参数，并且这一参数必须设置为 net_min_n 。利用这一参数的 OLR 程序将在本建议书将来的修订版中规定。
最大的 PMS-TC 等待时间 $delay_max_n$	STM-TC 流# <i>n</i> 必须由所配置的基本 PMS-TC 功能所传送，以使得导出参数 $delay_p$ 不大于这一参数 $delay_max_n$
最小的 PMS-TC 脉冲噪声保护 INP_min_n	STM-TC 流# <i>n</i> 必须由所配置的基本 PMS-TC 功能所传送，以使得导出参数 INP_p 不小于这一控制参数 INP_min_n 。

若 net_min_n , net_max_n 和 $net_reserve_n$ (见表 12-45) 的值被设置于同一个值, 则把该 STM-TC 流称为固定数据速率 STM-TC 流 (即 RA-MODE=MANUAL, 见表 12-40)。若 $net_min_n=net_reserve_n$ 和 $net_min_n \neq net_max_n$, 则该 STM-TC 流被称为可变数据速率的 STM-TC 流。若 $net_min_n \neq net_max_n \neq net_reserve_{max}$, 则该 STM-TC 流称为具有保留数据速率分配的可变数据速率的 STM-TC 流。

在初始化和重新配置程序期间, 流#n 的实际净数据速率必须总是被设置于基本的 PMS-TC 等待时间路径功能的导出参数 NDR_{pn} 的值, 并且必须受到限制, 以使得 $net_min_n \leq net_act_n \leq net_max_n$ 。然而, 在 $net_min_n=net_max_n$ 的情况下, 为了考虑到 PMS-TC 净数据速率的粒度 (见表 5-1), net_act_n 可能会超过 net_max_n , 超过量不大于 8 kbit/s。若 $net_min_n < net_max_n$, 则必须将 net_max_n 设置为至少高于 net_min_n 8 kbit/s, 以便考虑到 PMS-TC 净数据速率粒度满足 $net_min_n \leq net_act_n \leq net_max_n$ 的要求。流#n 的实际等待时间 $delay_act_n$ 必须总是被设置于基本的 PMS-TC 等待时间路径功能的导出参数 $delay_p$ 的值, 并且它必须受到限制, 以使得 $delay_act_n \leq delay_max_n$ 。

流#n 传送的实际脉冲噪声保护 INP_act_n 必须总是被设置于基本的 PMS-TC 路径功能的导出参数 INP_p 的值, 并且它必须受到限制, 以使得 $INP_act_n \geq INP_{min_n}$ 。 net_act_n , $delay_act_n$ 和 INP_act_n 的值不是控制参数; 这些值是特定的初始化和重新配置程序的结果。

K.1.7.1 有效配置

表 K.3 中列出的配置对 STM-TC 功能是有有效配置。

表 K.3/G.993.2—STM-TC功能的有效配置

参 数	能 力
$type_n$	1
net_min_n	对所有的有效成帧配置都可以支持 net_min_n 。
net_max_n	对所有的有效成帧配置都可以支持 net_max_n 。
$net_reserve_n$	对所有的有效成帧配置都可以支持 $net_reserve_n$ 。
$delay_max_n$	所有有效的 $delay_max_n$ 值 (见表 12-42)。
INP_min_n	所有有效的 INP_min_n 值 (见表 12-42)。

K.1.7.2 强制性的配置

若 VTU 配备了 STM-TC, 则 VTU 必须支持分别在表 K.4 和 K.5 中列出的在下行和上行方向上的 STM-TC 功能的 STM-TC 控制参数值的所有组合。发信机和接收机必须支持在这些表中和在表 K.6 中所列出的强制性的性能要求。

表 K.4/G.993.2—STM-TC功能的强制性下行配置

参 数	能 力
$type_n$	1
$delay_max_n$	必须支持所有有效的值。
INP_min_n	必须支持所有有效的值。

表 K.5/G.993.2—STM-TC功能的强制性上行配置

参 数	能 力
$type_n$	1
$delay_max_n$	必须支持所有有效的值。
INP_min_n	必须支持所有有效的值。

表 K.6/G.993.2—STM-TC功能的强制性双向配置

参 数	能 力
bi_net_min	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 的有效成帧配置，都必须支持 bi_net_min 。
bi_net_max	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 的有效成帧配置，都必须支持 bi_net_max 。
$bi_net_reserve$	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 的有效成帧配置，都必须支持 $bi_net_reserve$ 。

K.1.8 数据平面程序

发信 STM-TC 功能一收到 $Frame.Bearer.request(n)$ 原语，它必须将 $TPS-TC.Stream.STM.request$ 通知 STM 更高层功能，请求用于传送的数据。

接收 STM-TC 功能# n 一收到 $TPS-TC.STM.confirm(n)$ 原语，它必须将 $Frame.Bearer(n).confirm$ 原语通知 PMS-TC 功能，为传送提供数据。

接收 STM-TC 功能# n 一收到 $Frame.Bearer.indicate(n)$ 原语，它必须将 $TPS-TC.Stream.STM.indicate$ 通知 STM 更高层功能，提供已经传送的数据。

K.1.9 管理平面程序

K.1.9.1 监视原语

STM-TC 功能的监视原语有待进一步研究。

K.1.9.2 指示比特

TPS-TC # n 和承载信道# n ($n = 0$ 或 1) 的指示比特在 9.5.2.2 中做了规定。对表 9-5 中的用法，必须将 $TIB\#n-0$, $TIB\#n-1$, $TIB\#n-2$ 和 $TIB\#n-3$ 设置为“1”。

K.1.9.3 开销命令格式

K.1.9.3.1 库存命令

有待进一步研究。

K.1.9.3.2 控制值读出命令

有待进一步研究。

K.1.9.3.3 管理计数器读出命令

在对相应于 STM-C 功能的开销管理计数器读出命令的响应中的 TPS-TC 字节正在进行研究。与表 11-17 所描述的消息中返回的与 STM-TC 功能相应的计数器数值的字段长度必须为零。

K.1.10 初始化程序

在初始化期间，STM-TC 必须作如下配置：

- 在信道分析和交换阶段期间（见 12.3.5.2.1），VTU-O 使用 O-MSG 1 的 SOC 消息（见表 12-40），将它的上行和下行 TPS-TC 能力和承载信道的控制参数（见表 K.2）传递给 VTU-R。
- 在信道分析和交换阶段期间（见 12.3.5.2.1），VTU-R 使用 R-MSG 2 的 SOC 消息（见表 12-49），将它的上行和下行 TPS-TC 能力和承载信道的控制参数（见表 K.2）传送给 VTU-O。
- 在信道分析和交换阶段期间（见 12.3.5.2.1.2），VTU-O 使用 O-TPS SOC 消息（见表 12-44）将上行和下行的 TPS-TC 配置传送给 VTU-R。它是基于在 O-MSG1 和 R-MSG2 中所指示出的能力。

K.1.11 在线重新配置

STM-TC 的在线重新配置超出了本建议书的范围。对修改 STM-TC 功能的控制参数值的机制没有规定。从基本的 PMS-TC 等待时间路径功能来的 *net_act* 和 *delay_act* 的值自动更新。

K.1.11.1 对现有的流的改变

现有的 STM-TC 功能的 *net_act* 和 *delay_act* 参数的更新只得在字节边界处发生。发信 STM-TC 功能使用新的 *net_act* 和 *delay_act* 的值，产生跟随在 `Frame.Synchflag.confirm` 原语的信令后面的字节。接收 STM-TC 功能程序使用这些新的参数值，处理跟随在 `Frame.Synchflag.indicate` 原语的信令后面的字节。

K.2 ATM传输会聚（ATM-TC）功能

K.2.1 范围

ATM-TC 功能在上行或下行方向上提供了传送一个 ATM-TC 流的程序。在传送 ATM-TC 流的过程中，必须清楚地保持字节的边界和最高有效位的位置不变。ATM-TC 流相对于 α/β 接口上的同步信号，在 γ_R 或 γ_O 参考点上异步地出现。

K.2.2 参考文献

本附件可以应用的参考文献包含在第 2 节中。

K.2.3 定义

因为没有 ATM-TC 专用的定义，本小节有意空白。

K.2.4 缩写

第 4 节包含了可应用于本附件的缩写。

K.2.5 传送能力

ATM-TC 功能提供了在上行或下行方向上传送一个 ATM-TC 流的程序。在传送 ATM-TC 流的过程中，必须清楚地保持字节的边界和最高有效位的位置不变。ATM-TC 流相对于 PMD 的比特时钟在 γ_R 或 γ_O 参考点上异步地出现。

在已经应用了每一个发信 ATM-TC 程序以后,由基本的 PMS-TC 和 PMD 层通过一系列的数据帧和 PMD 符号完成将 ATM-TC 流传送到链路另一端的接收 ATM-TC 功能。ATM-TC 传送能力由 K.2.7 中所描述的控制参数进行配置。控制参数为应用提供适当的 ATM-TC 流的数据速率和特性。在 VTU 的初始化或重新配置期间,设置所有控制参数的值。接收 ATM-TC 功能恢复出递交给相应的发信 ATM-TC 功能的并已经在一对 VTU-O 和 VTU-R 的 ATM-TC、PMS-TC 和 PMD 功能中传送过的输入信号。

发信 ATM-TC 功能接受从 VTU 内的数据平面和控制平面来的输入信号。作为一个数据平面元,发信 ATM-TC 功能接受从 γ_0 或 γ_R 参考点来的一个 ATM-TC 流。该流与一个,且只与一个 ATM-TC 功能相联系。按照图 K.4 中所示,将这些输入信号传送给接收 ATM-TC 接口。在 ATM-TC 帧承载传送过程中,清楚地保持字节边界和最高有效位的位置不变。

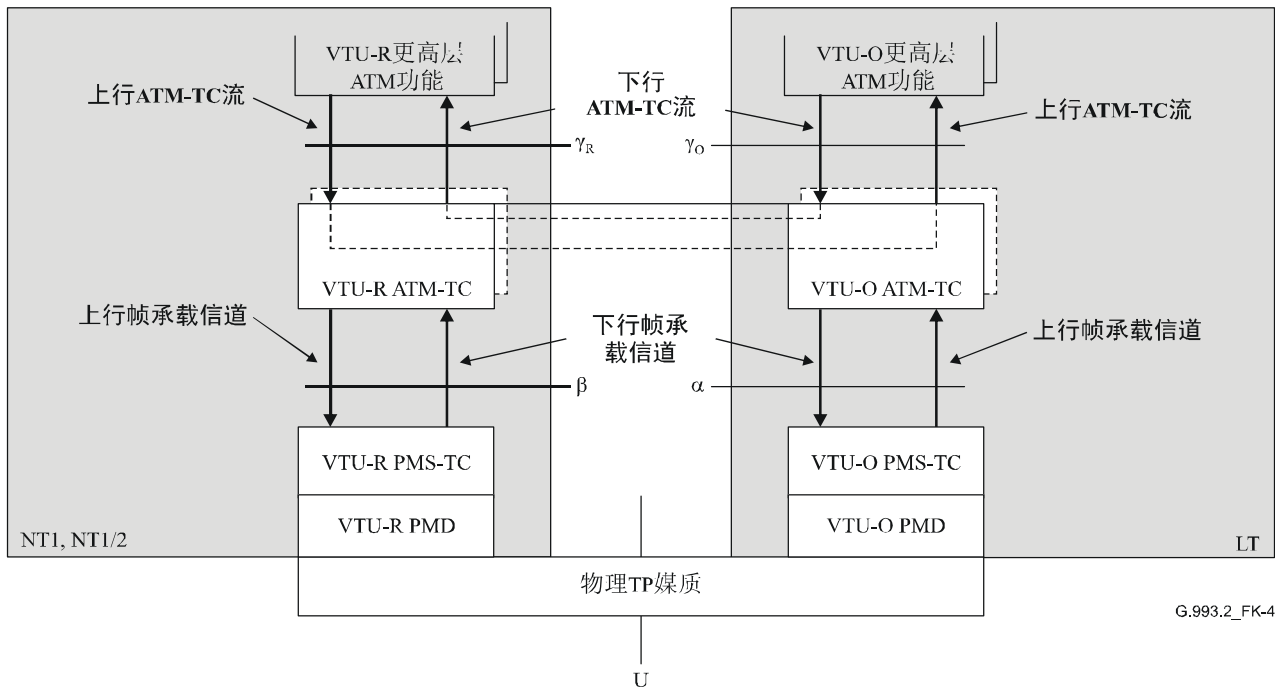


图 K.4/G.993.2—在用户平面内的ATM-TC的传送能力

作为一个管理平面元,没有 ATM-TC 功能所提供的专用传送功能。然而,按照本附件中的规定,有某些 ATM-TC 功能的专用指示比特和开销响应的定义。

K.2.5.1 附加功能

除了传送功能外,根据在 K.2.8 中的描述,ATM-TC 功能还通过 ATM 空闲信元插入、ATM 信头误码控制生成和扰码提供了 ATM-TC 流和帧承载信道的速率去耦的程序。

接收 ATM-TC 功能将每一个列出的程序倒过来,以便可以恢复出所传送的信息。此外,VTU 接收或帧功能提供了与这些程序中的某些程序(例如,ATM 信元描绘状态,HEC 误码检测故障)有关的几个监视指示和缺陷信号。

K.2.6 接口原语

如图 K.5 所示，每一 VTU-O ATM-TC 功能有许多接口信号。每一个定了名的信号由一个或多个由有方向的箭头表示的原语组成。由每一箭头相联系的原语类型根据图中的图例。

该图用一虚线把下行功能和信号与上行功能和信号分隔开来。在最上面表示的信号将原语传送给更高层 ATM 功能和从它那里传送回来。在最下面表示的信号将原语传送给 PMS-TC 功能和从它那里传送回来。

每一 VTU-R ATM TC 功能有类似的接口信号，如图 K.6 所示。在这一图中，上行和下行的标记与图 K.5 正相反。

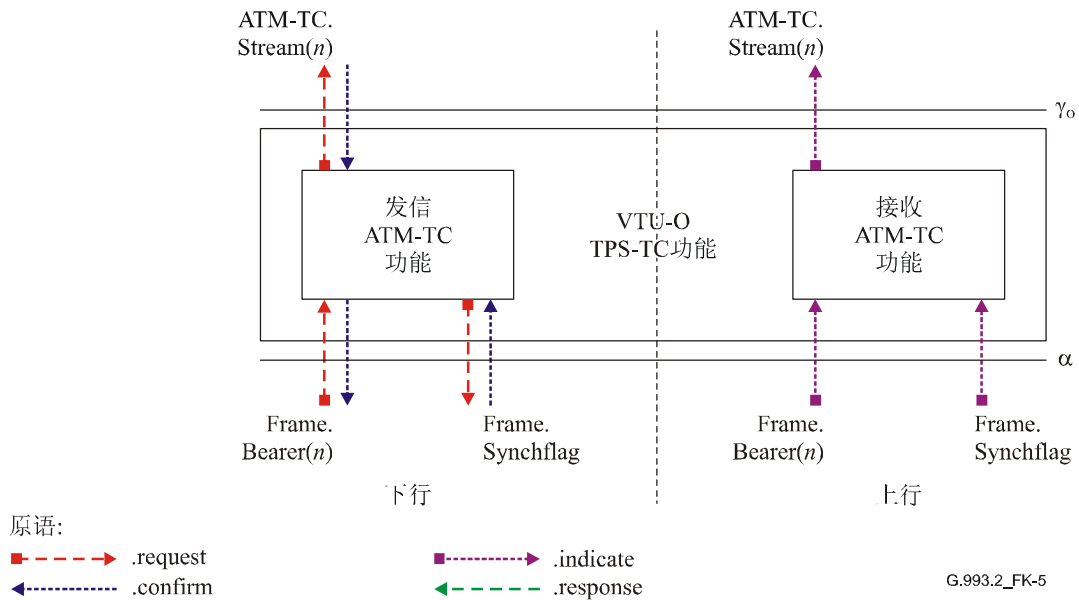


图 K.5/G.993.2—VTU-O ATM-TC功能的信号

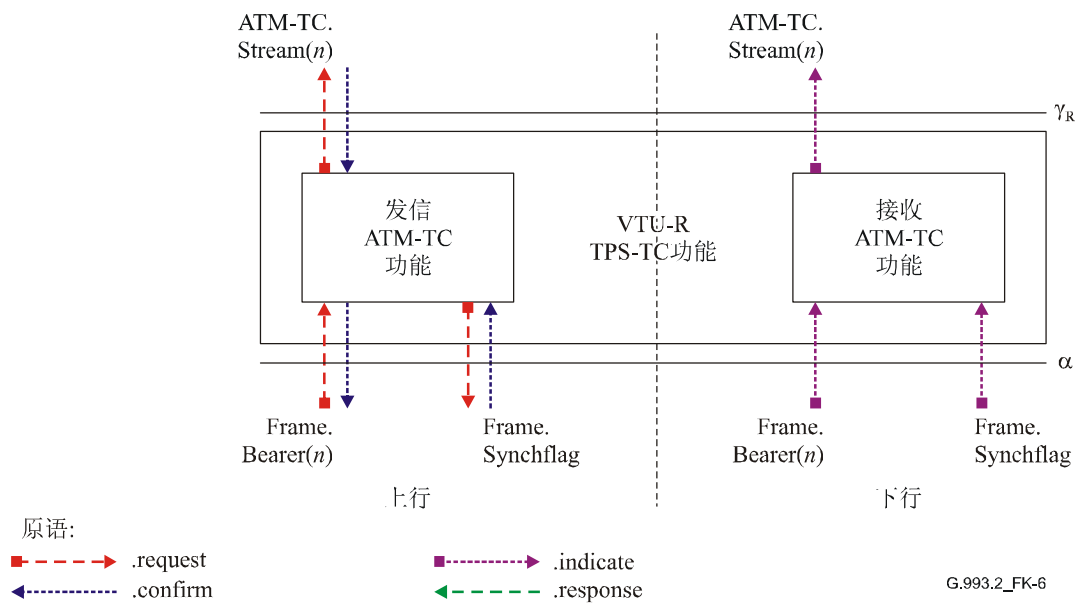


图 K.6/G.993.2—VTU-R ATM-TC功能的信号

用图 K.5 和 K.6 中所示的信号在本建议书的功能之间传送原语。原语仅是用来清楚地规定了保证互操作性的功能。

在更高层 ATM 功能和 ATM 功能之间使用的原语在表 K.7 中做了描述。这些原语支持流和帧承载信道数据的交换以及数据流配合 PMS-TC 配置作调整。它们也支持 VTU-O 和 VTU-R 的协调一致的在线重新配置。

表 K.7/G.993.2—**在ATM更高层功能和ATM-TC功能之间的信令原语**

信 号	原 语	描 述
TPS-TC.Stream(<i>n</i>). ATM	.request	发信 ATM-TC 功能使用这一原语向发信更高层 ATM 功能请求要发送一个或多个 ATM 信元。通过请求和证实交互工作，使数据流与 ATM-TC 配置（和基本功能）相配。原语有标号 <i>n</i> ，其中 <i>n</i> 相当于 TPS-TC 功能的 id（如，TPS-TC#0 时， <i>n</i> =0）。
	.confirm	发信更高层 ATM 功能用这一原语将要传送的一个或多个 ATM 信元传递给 ATM-TC 功能。ATM-TC 功能一收到这一原语，就必须执行 K.2.8.2 中的程序。
	.indicate	接收 ATM-TC 功能用这一原语将一个或多个已经传送的 ATM 信元传递给接收的更高层的 ATM 功能。

K.2.7 控制参数

除了本建议书的正文中所规定的控制参数外，ATM-TC 功能的配置还受一套在表 K.8 中所规定的控制参数所控制。在一对 VTU 的初始化或重新配置（如果可应用）期间，必须设置和传送这些控制参数的值。所有的值由应用要求和方法所确定，这超出了本建议书的范围。

表 K.8/G.993.2—ATM-TC参数

参 数	定 义
最小净数据速率 net_min_n	ATM-TC 流#n 所支持的最小净数据速率。为了提供 net_min_n 数据速率，VTU 必须执行适当的初始化和重新配置程序。
最大净数据速率 net_max_n	ATM-TC 流#n 所支持的最大净数据速率。在激活和重新配置程序期间，净数据速率不得超过这一值。
最小保留数据速率 $net_reserve_n$	根据适当的重新配置程序提出的请求，必须总可以得到的由 ATM-TC 流#n 所支持的最小保留数据速率。值 $net_reserve_n$ 必须受到限制，以使得 $net_min_n \leq net_reserve_n \leq net_max_n$ 。这一参数不在这一版本的本建议书中使用和必须被设置为 net_min_n 。本建议书的将来的修订本中将规定利用这一参数的 OLR 程序。
最大 PMS-TC 等待时间 $delay_max_n$	ATM-TC 流#n 必须用所配置的基本的 PMS-TC 功能来传送，以使得导出参数 $delay_p$ 不大于这一控制参数 $delay_max_n$ 。
最小 PMS-TC 脉冲噪声保护 INP_min_n	ATM-TC 流#n 必须用所配置的基本的 PMS-TC 功能来传送，以使得导出参数 INP_p 不小于这一控制参数 INP_min_n 。

若 net_min_n , net_max_n 和 $net_reserve_n$ 的值（见表 12-45）设置成相同的值，则该 ATM-TC 流被称为固定数据速率的 ATM-TC 流（即 RA-MODE = MANUAL，见表 12-40）。若 $net_min_n = net_reserve_n$ 和 $net_min_n \neq net_max_n$ ，则该 ATM-TC 流称为可变数据速率的 ATM-TC 流。若 $net_min_n \neq net_max_n \neq net_reserve_n$ ，则该 ATM-TC 流被称为具有保留数据速率分配的可变数据速率 ATM-TC 流。

在初始化和重新配置程序期间，流#n 的实际净数据速率 net_act_n 必须总是被设置成基本的 PMS-TC 等待时间路径功能的导出参数 NDR_{pn} 的值，并且必须受限于 $net_min_n \leq net_act_n \leq net_max_n$ 的条件。然而，在 $net_min_n = net_max_n$ 的情况下， net_act_n 最高可能超过 net_max_n 8kbit/s，以便考虑到 PMS-TC 净数据速率的粒度（见表 5-1）。若 $net_min_n < net_max_n$ ，则 net_max_n 必须设置为至少比 net_min_n 高 8 kbit/s，以考虑 PMS-TC 净数据率的粒度，满足 $net_min_n \leq net_act_n \leq net_max_n$ 的要求。流#n 传送的实际等待时间 $delay_act_n$ 必须总是被设置为基本的 PMS-TC 路径功能的导出参数 $delay_p$ 的值，并且必须受限于 $delay_min_n \leq delay_act_n \leq delay_max_n$ 。 net_act_n 和 $delay_act_n$ 的值不是控制参数；这些值是特定的初始化和重新配置程序的结果。

若没有把 ATM 连接设置在 G.994.1 的连接码树上，则上行和下行都必须把 $delay_min_n$ 设置为“0”，并且可以将 $delay_max_n$ 设置为任何有效的值。若设置了 ATM 连接，则 G.994.1 的连接码树包含下行 ATM 连接的 $max_delay_variation$ 控制参数的值，并且下行方向上的 $delay_min_n$ 必须被设置为 $delay_max_n - max_delay_variation$ 。若通过 γ_R 参考点上的 VTU-O 连接管理接口可以得到有关 $delay_min_n$ 的信息，它可以优先于从 G.994.1 连接码树所导出的值。对于上行方向，通过 γ_0 参考点上的 VTU-O 连接管理接口可以得到与 $delay_min_n$ 有关的信息。对上行和下行两个方向，若 $delay_min_n$ 大于 0，存在可能导致连接失败的 $delay_min_n$ 和 $delay_max_n$ 的组合。

流# n 的实际脉冲噪声保护、即流# n 传送的 INP_act_n 必须总是被设置为基本的 PMS-TC 路径功能的导出参数 INP_p 的值，并且必须受到限制，以使得 $INP_act_n \geq INP_min_n$ 。值 net_act_n 、 $delay_act_n$ 和 INP_act_n 不是控制参数；这些值是特定的初始化和重新配置程序的结果。

K.2.7.1 有效配置

对 ATM-TC 功能，表 K.9 中列出的配置是有效的。

表 K.9/G.993.2—ATM-TC功能的有效配置

参 数	能 力
$type_n$	2
net_min_n	对所有有效成帧配置，可能支持 net_min_n 。
net_max_n	对所有有效成帧配置，可能支持 net_max_n 。
$net_reserve_n$	对所有有效成帧配置，可能支持 $net_reserve_n$ 。
$delay_max_n$	$delay_max_n$ 的所有有效的值（见表 12-42）。
INP_min_n	INP_min_n 的所有有效的值（见表 12-42）。

K.2.7.2 强制性配置

若 VTU 配置了 ATM-TC，则 VTU 必须支持分别在表 K.10 和表 K.11 中列出的下行和上行方向上的 ATM-TC 功能#0 的 ATM-TC 控制参数值。发信机和接收机必须支持在这些表中和在表 K.12 中所列出的强制性的性能。

表 K.10/G.993.2—对ATM-TC功能#0的强制性的下行配置

参 数	能 力
$type_n$	2
$delay_max_n$	必须支持所有有效的值。
INP_min_n	必须支持所有有效的值。

表 K.11/G.993.2—对ATM-TC功能#0的强制性的上行配置

参 数	能 力
$type_n$	2
$delay_max_n$	必须支持所有有效的值。
INP_min_n	必须支持所有有效的值。

表 K.12/G.993.2—ATM-TC功能的强制性的双向配置

参 数	能 力
<i>bi_net_min</i>	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 的有效成帧配置，必须支持 <i>bi_net_min</i> 。
<i>bi_net_max</i>	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 的有效成帧配置，必须支持 <i>bi_net_max</i> 。
<i>bi_net_reserve</i>	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 的有效成帧配置，必须支持 <i>bi_net_reserve</i> 。

K.2.8 数据平面程序

K.2.8.1 方框图

图 K.7 表示支持一个单向的 ATM-TC 流和一个帧承载信道的发信 ATM-TC 功能以内的各功能块。在图 K.7 的最左边，表示了进来的 ATM-TC 流。从 ATM-TC 功能输出的信号形成一个帧承载信道（即输入到发信 PMS-TC 功能），并示于图 K.7 的最右边。

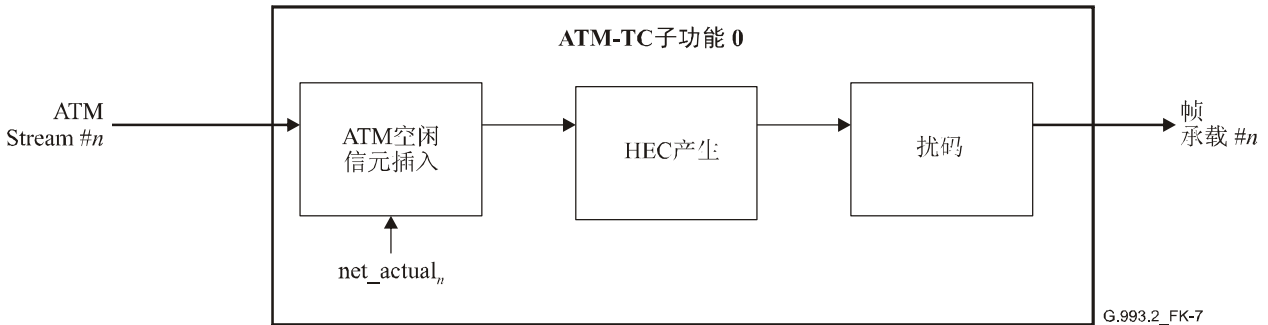


图 K.7/G.993.2—发信ATM-TC功能的方框图

在 ATM-TC 中和在 ATM-TC 功能以内，根据 ITU-T I.361 建议书[13]和 ITU-T I.432.1 建议书[4]，必须首先发送数据字节的 MSB。在 ATM-TC 功能以内，所有的串行程序都必须从 MSB 首先开始。在 VTU 的 α 和 β 接口的下面（以 Frame.Bearer 原语开始），数据字节必须首先传送 LSB。因而，第 1 个 ATM-TC.Stream(*n*).confirm 原语的第 1 个字节的 MSB 将是第 1 个 Frame.Bearer(*n*).confirm 原语的第 1 个字节的 LSB。在 ATM-TC 层以内和在帧承载信道上的各比特的标号如图 K.8 所示。

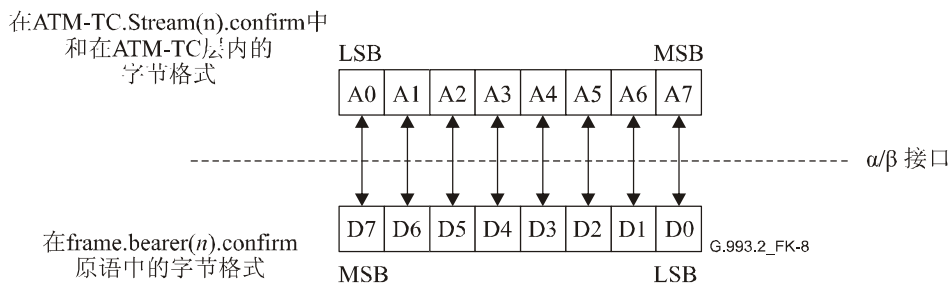


图 K.8/G.992.3—ATM-TC功能的用户平面传送功能的比特映射

K.2.8.2 用空闲信元插入实现速率匹配

为了提供 ATM 信元速率的去耦,发信功能必须插入 ATM 空闲信元。ATM 空闲信元不得由接收 ATM-TC 功能发送到更高层的功能。

ATM 空闲信元由 ITU-T I.432.1 建议书[14]中给出的信元信头的标准化图案加以识别。

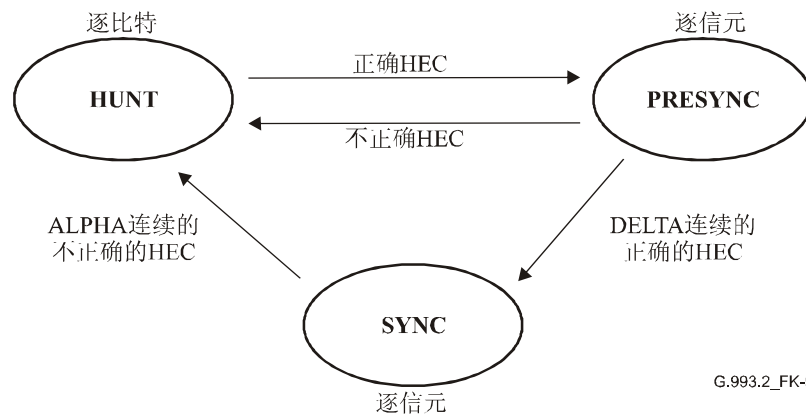
K.2.8.3 HEC 字节

发信 ATM-TC 功能必须根据在 ITU-T I.432.1 建议书[14]中所描述的方式产生一个 HEC 字节,它包含建议的二进制图案 01010101 与 HEC 比特的模 2 加 (XOR)。

HEC 包括整个信元的信头。所使用的生成多项式系数的设置和 HEC 序列的生成程序必须根据 ITU-T I.432.1 建议书[14]。

K.2.8.4 信元描绘

接收机的 ATM-TC 功能必须完成信元描绘。信元描绘程序使得有可能识别出 Frame.Bearer.indicate 原语中的 ATM 信元的分界线。该程序使用信元的信头中的 HEC 域。信元描绘必须使用编码律来实现,根据 ITU-T I.432.1 建议书[14]中所介绍的算法,对信元的信头中的 HEC 域进行校验。信元描绘程序如图 K.9 中的状态机理所示。每一个状态在表 K.9 中做了描述。



G.993.2_FK-9

图 K.9/G.993.2—信元描绘程序的状态机制

表 K.13/G.993.2—ATM信元描绘程序的状态

状 态	定 义
HUNT	在 HUNT 状态中,通过对正确的 HEC 进行逐比特或逐字节的校验的方法,可以完成信元描绘程序。一旦找到了这样一个一致性,就假设已经找到了一个信头,并且程序进入 PRESYNC 状态。当可以找到字节的分界线时,就可以逐个字节完成信元描绘程序。
PRESYNC	在 PRESYNC 状态中,必须通过对正确的 HEC 进行逐比特校验完成信元描绘程序。若正确的 HEC 已经连续确认了 DELTA 次,程序进入 SYNC 状态。若发现了一个不正确的 HEC,程序回到 HUNT 状态。
SYNC	在 SYNC 状态中,若不正确的 HEC 连续出现 ALPHA 次,信元描绘程序回到 HUNT 状态。

具体的 ALPHA 和 DELTA 的值是供货商自行决定的，因为不认为这些值的选择会影响互操作性。

注一 由于 VTU 的传送特性，使用 ITU-T I.4321 建议书[14]所建议的值（ALPHA=7，DELTA=6）可能是不合适的。

K.2.8.5 ATM信元差错检测

按照 ITU-T I.432.1 建议书[14]中的规定，接收机的 ATM-TC 功能必须在整个信元信头上实施差错检测。在 ITU-T I.432.1 建议书[14]中规定的码能够纠正单个比特差错和检测出多个比特差错。然而，VTU 不得实施 HEC 纠错，并且任何 HEC 差错必须视为多个比特差错。

在 TPS-TC.Stream(*n*).ATM.indicate 原语中，不得传递检测到的出错的 ATM 信元。

K.2.8.6 扰码器

发信 ATM-TC 功能必须对信元净荷域进行扰码，以改善信元描绘机制的安全性和健壮性。自同步扰码器使用多项式 $X^{43}+1$ 。必须实施 ITU-T I.432.1 建议书[14]中规定的扰码器程序。

K.2.9 管理平面程序

K.2.9.1 监视原语

ATM-TC 功能的监视原语是与 ATM 路径有关的。对每一接收机的 ATM-TC 功能定义了异常和缺陷。

近端异常定义如下：

- 无信元描绘 (*ncd-n*) 异常：在接收到第 1 个 Frame.Bearer(*n*).indicate 原语后，立刻出现一个 *ncd-n* 异常。当接收 ATM-TC 功能#*n* 的信元描绘过程转换到 SYNC 状态时，异常结束。一旦获得了信元描绘，必须把后续的信元描绘的丢失视为 *ocd-n* 异常。
- 失去信元描绘异常 (*ocd-n*)：当接收 ATM-TC 子功能#*n* 的信元描绘过程从 SYNC 状态转换到 HUNT 状态时，就出现 *ocd-n* 异常。当信元描绘过程从 PRESYNC 状态转换到 SYNC 状态时或者当申告了 *lcd-n* 时，*ocd-n* 异常结束。
- 信头差错校验 (*hec-n*) 异常：每当接收机的 ATM-TC 功能#*n* 的 ATM 信元的信头处理检测出差错时，就出现 *hec-n* 异常。

按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]的规定，这些近端异常在本地进行计数。可以通过在本建议书中没有作出规定的本地命令读出或复位该计数器的值。

三种远端异常定义如下：

- 远端无信元描绘 (*fncd-n*) 异常：*fncd-n* 异常是在远端上检测到的 *ncd-n* 异常。
- 远端失去信元描述 (*focd-n*) 异常：*focd-n* 异常是在远端上检测到的 *ocd-n* 异常。
- 远端信头差错校验 (*fhec-n*) 异常：*fhec-n* 异常是在远端上检测到的 *hec-n* 异常。

这些远端异常不是可以独立观察到的。可以通过在 11.2.3.7 中所定义的开销命令读出或复位这些远端异常的计数。计数器的格式必须按照 K.2.9.3.3 中的描述。

定义了如下一个近端缺陷：

- 信元描绘丢失 (*lcd-n*)：当在每 4 个连续的开销帧中至少存在一个 *ocd-n* 异常或者不存在 *Sef-n* 时，就出现这个缺陷。当在 4 个连续的开销帧中没有 *ocd-n* 异常时，*lcd-n* 结束。

根据 ITU-T G.997.1 建议书[4]由本地处理这一近端缺陷。

定义了如下一个远端缺陷：

- 远端信元描绘丢失 (*flcd-n*)：这一缺陷是在远端检测到的 *lcd-n*。

按照 K.2.9.2 的描述，这一远端缺陷直接通过指示比特观察到。

K.2.9.2 指示比特

TPS-TC#*n* 和承载信道#*n* (*n* = 0 或 1)的指示比特在 9.5.2.2 中做了规定。

按照表 9-5 中的描述，近端缺陷 *lcd-n* 和近端异常 *ncd-n* 和 *ocd-n*(的逻辑或(OR))必须被映射到 TPS-TC 的指示比特 TIB#*n*-0 上，并传送出去。当该比特对表 9-5 中的用法未激活时，必须把该比特编码为“1”。

对表 9-5 中的用法，必须将 TIB#*n*-1，TIB#*n*-2 和 TIB#*n*-3 设置为“1”。

注一 TIB#*n*-0 相当于 ITU-T G.992.1 建议书中定义的 NCD 指示比特。

K.2.9.3 开销命令格式

K.2.9.3.1 库存命令

有待进一步研究。

K.2.9.3.2 控制值读出命令

有待进一步研究。

K.2.9.3.3 管理计数器读出命令

按照 ITU-T G.997.1 建议书[4]的规定，必须提供与 ATM-TC 功能相对应的对开销“管理计数器读出”命令的响应中的 TPS-TC 管理计数器。与 ATM-TC 功能相对应的，在表 11-17 中所描述的消息中返回的计数器值的字段必须是表 K.14 中所描述的格式。

表 K.14/G.993.2—ATM-TC VTU管理计数器的值

长度 (字节)	字节编号	内 容
4	1 到 4	HEC 异常的计数器
4	5 到 8	通过 HEC 功能提供的信元总数计数器
4	9 到 12	递交给更上层的 ATM 功能的信元总数计数器
4	13 到 16	在 ATM 空闲信元净荷中检测出的总比特差错的计数器

K.2.10 初始化程序

在初始化期间，必须用 K.1.10 中描述的相同的程序配置 ATM-TC。

K.2.11 在线重新配置

ATM-TC 的在线重新配置超出了本建议书的范围。没有规定修改 ATM-TC 功能的控制参数值的机制。从基本的 PMS-TC 等待时间路径功能来 *net_act* 和 *delay_act* 的值自动更新。

K.2.11.1 对现有流的改变

现有的 ATM-TC 功能的参数 *net_act* 和 *delay_act* 的更新只得在字节的分界线上发生。发信 ATM-TC 功能使用新的 *net_act* 和 *delay_act* 的值产生信令 `Frame.Synchflag.confirm` 原语随后的字节。接收 ATM-TC 功能的程序使用这些参数的新的值处理信令 `Frame.Synchflag.indicate` 原语以后的字节。

K.3 包传输会聚 (PTM-TC) 功能

K.3.1 范围

PTM-TC 用于以太网传送和通用包传送。PTM-TC 功能在上行或下行方向上提供了传送一个 PTM-TC 流的程序。在传送 PTM-TC 流过程中, 包的分界线、字节分界线和最高有效位的位置清楚地保持。PTM-TC 流相对于 α/β 接口上的同步信号在 γ_R 或 γ_O 参考点上异步出现。

附件 N/G.992.3[10]规定了 PMS-TC 的参考模型、功能性和 γ 接口。参考附件 N/G.992.3 [10]的参考模型, 可以在任何一个已激活的承载信道上建立 VDSL2 的 PTM-TC 功能。

K.3.2 参考文献

对本附件中有用的参考文献包含在第 2 节中。

K.3.3 定义

因为没有 PTM-TC 的专用定义, 这一条有意空白。

K.3.4 缩略语

第 4 节中包含可以用于本附件的缩略语。

K.3.5 传送能力

上行和下行的每一 PTM-TC 功能的净数据速率都可以相互独立地设置, 并且可以设置于任何小于或等于相应方向上所指定的最大净数据速率的一个适当的值。上行和下行的每一 PTM-TC 功能的最大净数据速率都在系统配置期间设置。

可以将 PTM-TC 映射到任何一个已激活的承载信道上, 它可能依次进行交织处理或不进行交织处理。

PTM-TC 必须在 γ_O 和 γ_R 接口之间提供全透明的数据传递 (在 PMD 子层中由于环路中的噪声引起的无法纠错的误码除外)。PTM-TC 必须在它被映射在上面的承载信道上提供包的完整性。

PTM-TC 传送能力由 K.3.7 中所描述的控制参数进行配置。控制参数提供 PTM-TC 流的适合于应用的数据速率和特性。在 VTU 的初始化或重新配置期间设置所有的控制参数值。

发信 PTM-TC 功能接受从 VTU 内的数据平面来的输入信号。作为一个数据平面元，发信 PTM-TC 功能在 γ_0 或 γ_R 参考点上接受一个从 PTM 实体来的 PTM-TC 流。该流与一个并且只有一个 PTM-TC 功能有连系（见图 K.10）。

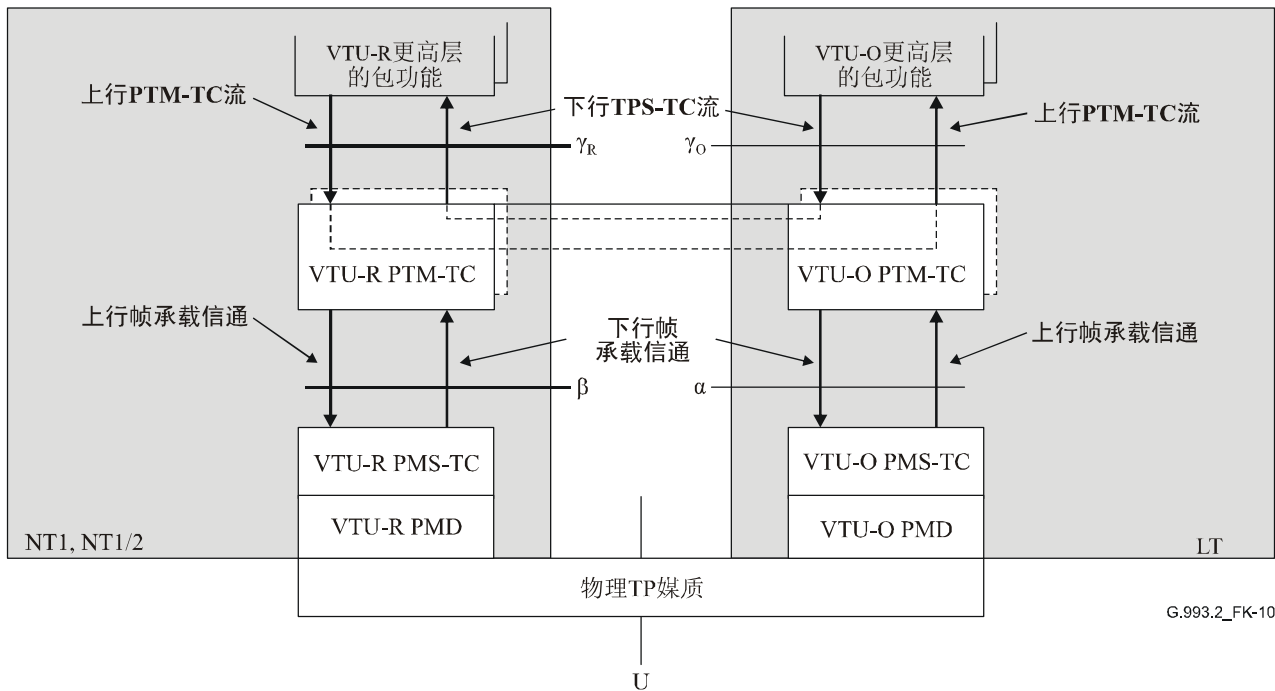


图 K.10/G.993.2—为用户平面内的PTM-TC传送能力

K.3.6 接口原语

在附件 N/G.992.3[10]中，对 PTM-TC 和 PMS-TC 之间 (γ 接口) 的接口信号做了描述。

K.3.7 控制参数

除了本建议书正文中所规定的控制参数外，PTM-TC 功能的配置还受表 K.15 中所定义的一套控制参数所控制。在一对 VTU 初始化或重新配置（如果可以用）期间，必须设置和传送这些控制参数的值。所有的值由应用要求和应用方法所决定，这一点超出了本建议书的范围。

表 K.15/G.993.2—PTM-TC参数

参 数	定 义
最小净数据速率 net_min_n	由 PTM-TC 流# n 所支持的最小净数据速率。为了提供 net_min_n 数据速率, VTU 必须实施适当的初始化和重新配置程序。
最大净数据速率 net_max_n	由 PTM-TC 流# n 所支持的最大净数据速率。在初始化和重新配置程序期间, 净数据速率不得超过这一值。
最小保留数据速率 $net_reserve_n$	PTM-TC 流# n 所支持的最小保留数据速率, 它必须总是可以根据适当的重新配置程序的请求应用的速率。 $net_reserve_n$ 的值必须受到限制, 以使得 $net_min_n \leq net_reserve_n \leq net_max_n$ 。本建议书的这一版本中, 不使用这一参数, 并且必须把它设置为 net_min_n 。本建议书将来修订版中, 将规定利用这一参数的 OLR 程序。
最大 PMS-TC 等待时间 $delay_max_n$	PTM-TC 流# n 必须用所配置的基本 PMS-TC 功能传送, 使得导出参数 $delay_p$ 不大于这一控制参数 $delay_max_n$ 。
最小 PMS-TC 脉冲噪声保护 INP_min_n	PTM-TC 流# n 必须用所配置的基 PMS-TC 功能传送, 使得导出参数 INP_p 不小于这一控制参数 INP_min_n 。

若 net_min_n , net_max_n 和 $net_reserve_n$ 的值 (见表 12-45) 被设置为相同的值, 则该 PTM-TC 流称为固定数据速率的 PTM-TC 流 (即 RA-MODE = MANUAL, 见表 12-40)。若 $net_min_n = net_reserve_n$ 和 $net_min_n \neq net_max_n$, 则该 PTM-TC 流称为可变数据速率的 PTM-TC 流。若 $net_min_n \neq net_max_n \neq net_reserve_n$, 则把该 PTM-TC 流称为具有保留数据速率分配的可变数据速率的 PTM-TC 流。

在初始化和重新配置程序期间, 流# n 的实际净数据速率 net_act_n 必须总是设置为基本 PMS-TC 等待时间路径功能的导出参数 NDR_{pn} 的值, 并且它必须受到限制, 以使得 $net_min_n \leq net_act_n \leq net_max_n$ 。然而, 在 $net_min_n = net_max_n$ 的情况下, 为了考虑 PMS-TC 净数据速率的粒度 (见表 5-1), net_act_n 可能超过 net_max_n , 超过量不多于 8 kbit/s。若 $net_min_n < net_max_n$, 必须把 net_max_n 设置或至少比 net_min_n 高 8 kbit/s, 以便考虑满足 $net_min_n \leq net_act_n \leq net_max_n$ 要求的 PMS-TC 净数据速率的粒度。传送流# n 的实际等待时延 $delay_act_n$ 必须总是设置为基本 PMS-TC 等待时间路径功能的导出参数 $delay_p$ 的值, 并且必须受到限制, 以使得 $delay_act_n \leq delay_max_n$ 。

传送流# n 的实际脉冲噪声保护 INP_act_n 必须总是设置为基本 PMS-TC 路径功能的导出参数的值 INP_p , 并且必须受到限制, 以使得 $INP_act_n \geq INP_min_n$ 。值 net_act_n , $delay_act_n$ 和 INP_act_n 不是控制参数; 这些值是特定的初始化和重新配置程序的结果。

K.3.7.1 有效配置

表 K.16 中列出的配置对 PTM-TC 功能是有效的。

表 K.16/G.993.2—PTM-TC功能的有效配置

参 数	能 力
$type_n$	3
net_min_n	对所有有效的成帧配置，可以支持 net_min_n 。
net_max_n	对所有有效的成帧配置，可以支持 net_max_n 。
$net_reserve_n$	对所有有效的成帧配置，可以支持 $net_reserve_n$ 。
$delay_max_n$	所有有效的 $delay_max_n$ 值（见表 12-42）。
INP_min_n	所有有效的 INP_min_n 值（见表 12-42）。

K.3.7.2 强制性配置

若实现了 PTM-TC 功能,VTU 在下行和上行方向上必须分别支持在表 K.17 和 K.18 中所列出的 PTM-TC 功能#0 的 PTM-TC 控制参数的值的所有组合。发信机和接收机必须支持在这些表中和在表 K.19 中所列出的强制性的性能。

表 K.17/G.993.2—PTM-TC功能#0的强制性下行配置

参 数	能 力
$type_n$	3
$delay_max_n$	必须支持所有有效的值。
INP_min_n	必须支持所有有效的值。

表 K.18/G.993.2—PTM-TC功能#0的强制性上行配置

参 数	能 力
$type_n$	3
$delay_max_n$	必须支持所有有效的值。
INP_min_n	必须支持所有有效的值。

表 K.19/G.993.2—PTM-TC功能的强制性双向配置

参 数	能 力
bi_net_min	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 值的有效成帧配置，必须支持 bi_net_min 。
bi_net_max	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 值的有效成帧配置，必须支持 bi_net_max 。
$bi_net_reserve$	对所有不大于在 6.2.7 中为可以应用的简表所规定的 MBDC 值的有效成帧配置，必须支持 $bi_net_reserve$ 。

K.3.8 功能性

PTM-TC 的功能性必须按照附件 N/G.992.3 [10]中的规定，实现 64/65 字节的封装，并且它必须包含封装、包差错监视、数据速率去耦和帧描绘。

为了监视帧差错，发信 PTM-TC 必须插入在 N.3.3/G.992.3[10]中所规定的 16 比特 CRC。

K.3.9 管理平面程序

K.3.9.1 监视原语

见 N.4/G.992.3 [10]。

K.3.9.2 指示比特

对 TPS-TC #*n* 和承载信道 #*n* (*n* = 0 或 1) 的指示比特在 9.5.2.2 中做了规定。对于表 9-5 中的用法, TIB#*n*-0, TIB#*n*-1, TIB#*n*-2 和 TIB#*n*-3 必须设置为 “1”。

K.3.9.3 开销命令格式

K.3.9.3.1 库存命令

有待进一步研究。

K.3.9.3.2 控制值读出命令

有待进一步研究。

K.3.9.3.3 管理计数器读出命令

与 PTM-TC 功能相对应的在对开销管理计数器读出命令的响应中的 TPS-TC 字节正在进行研究。与 PTM-TC 功能相对应的在表 11-17 中所描述的消息中返回的计数器值的字段长度必须为零。

K.3.10 初始化程序

PTM-TC 必须在初始化期间, 使用 K.1.10 中所描述的相同程序进行配置。

K.3.11 在线重新配置

PTM-TC 的在线重新配置超出了本建议书的范围。没有规定的修改 PTM-TC 功能的控制参数值的机制。值 *net_act* 和 *delay_act* 由基本 PMS-TC 等待时间路径自动更新。

K.3.11.1 对现有流的改变

现有的 PTM-TC 功能的参数 *net_act* 和 *delay_act* 的更新只得在字节的分界线上发生。发信 PTM-TC 功能使用新的 *net_act* 和 *delay_act* 值产生信令 Frame.Synchflag.confirm 原语随后的字节。接收 PTM-TC 功能的程序用这些参数的新的值处理信令 Frame.Synchflag.indicate 原语随后的字节。

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其它组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题