

国 际 电 信 联 盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**G.998.4**

**勘误1**  
(08/2017)

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 – 金属接入网

---

数字用户线路（DSL）收发信机的  
改进脉冲噪音保护

**勘误1**

ITU-T G.998.4 (2015) 建议书 – 勘误1

ITU-T

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
<b>金属接入网</b>	<b>G.990-G.999</b>
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.998.4 建议书

## 数字用户线路（DSL）收发信机的 改进脉冲噪音保护

### 勘误1

#### 摘要

国际电联电信标准化部门（ITU-T）G.998.4建议书规定了除现有ITU-T数字用户线路（DSL）ITU-T G.992.3、ITU-T G.992.5和ITU-T G.993.2建议书定义的那些技术之外的技术，以便提供针对脉冲噪音的增强的保护，或者提高提供脉冲噪音保护（INP）的效率。

本建议书的2015年版本，整合了此前对2010年版ITU-T G.998.4建议书的所有修订和勘误。

勘误1（2017年）纠正了下列功能性：

- RS FEC的有效值（勘误）。

#### 沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一ID*
1.0	ITU-T G.998.4	2010-06-11	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/10418">11.1002/1000/10418</a>
1.1	ITU-T G.998.4 (2010) Cor. 1	2010-11-29	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11017">11.1002/1000/11017</a>
1.2	ITU-T G.998.4 (2010) Cor. 2	2011-04-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11132">11.1002/1000/11132</a>
1.3	ITU-T G.998.4 (2010) Amd. 1	2011-06-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11131">11.1002/1000/11131</a>
1.4	ITU-T G.998.4 (2010) Cor. 3	2011-12-16	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11399">11.1002/1000/11399</a>
1.5	ITU-T G.998.4 (2010) Amd. 2	2012-04-06	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11505">11.1002/1000/11505</a>
1.6	ITU-T G.998.4 (2010) Cor. 4	2012-06-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11646">11.1002/1000/11646</a>
1.7	ITU-T G.998.4 (2010) Cor. 5	2013-03-16	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11894">11.1002/1000/11894</a>
1.8	ITU-T G.998.4 (2010) Amd. 3	2014-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12092">11.1002/1000/12092</a>
1.9	ITU-T G.998.4 (2010) Amd. 4	2015-05-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12377">11.1002/1000/12377</a>
2.0	ITU-T G.998.4	2015-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12376">11.1002/1000/12376</a>
2.1	ITU-T G.998.4 (2015) Cor. 1	2017-08-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13312">11.1002/1000/13312</a>

\* 欲获取本建议书，请在网络浏览器的地址栏内输入以下URL：<http://handle.itu.int/>，后加本建议书的唯一ID，如<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

## 前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息通信技术（ICT）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ITU-T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

本建议书为简要而使用的“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，国际电联尚未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，这可能不是最新信息，因此大力提倡他们查询电信标准化局（TSB）的专利数据库，<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2018

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 .....	1
3	定义 .....	2
4	首字母缩略语和缩写词 .....	2
5	概述 .....	3
6	功能参考模型 .....	4
7	TPS-TC功能 .....	6
7.1	ATM TPS-TC .....	6
7.2	采用64/65字节封装的PTM TPS-TC .....	8
8	重传功能 .....	9
8.1	DTU成帧器 .....	9
8.2	重传复用器 .....	14
8.3	发射机重传状态机 .....	14
8.4	重传返回信道（RRC） .....	14
8.5	双程 .....	16
8.6	重传控制参数 .....	17
9	PMS-TC功能 .....	19
9.1	扰码器 .....	19
9.2	FEC .....	19
9.3	等待时间路径复用器 .....	20
9.4	成帧参数 .....	20
9.5	脉冲噪音保护 .....	25
10	PMD功能 .....	26
10.1	MTBE的定义 .....	26
10.2	信号噪音比余量的一般定义 .....	27
10.3	MTBE_min的定义 .....	27
10.4	MTBE加速测试 .....	27
11	操作、管理和维护（OAM）管理功能 .....	28
11.1	配置参数 .....	28
11.2	测试参数 .....	31
11.3	OAM线路相关原语 .....	33
11.4	功能监控参数 .....	34
11.5	信道初始化策略 .....	36
12	DTU计数器 .....	37
13	在线重新配置（OLR） .....	37
13.1	比特交换 .....	37

	页码
13.2 无缝速率自适应 (SRA) .....	37
13.3 SOS.....	37
13.4 类型5和类型6修改的OLR命令的转换机制 .....	37
附件A – ITU-TG.992.3对ITU-TG.998.4的支持 .....	39
A.1 具体要求 .....	39
A.2 初始化 .....	39
A.3 管理平面程序 .....	48
A.4 控制参数修改OLR时间 .....	51
附件B – ITU-TG.992.5对ITU-T G.998.4的支持 .....	52
B.1 具体要求 .....	52
B.2 初始化 .....	52
B.3 管理平面程序 .....	53
B.4 控制参数修改OLR时间 .....	54
附件C – ITU-T G.993.2对ITU-TG.998.4的支持 .....	55
C.1 具体要求 .....	55
C.2 初始化 .....	58
C.3 管理平面程序 .....	71
C.4 控制参数修改时间 .....	76
附件D – ITU-T G.993.5对ITU-T G.998.4的支持 .....	78
附件E – VDSL2低功率模式操作 .....	82
E.1 范围 .....	82
E.2 功能 .....	82
E.3 链路状态和链路状态图 .....	83
E.4 CO-MIB配置和状态报告 .....	99
E.5 VTU-O和VTU-R之间协调链路状态转换 .....	102
附录I – 发射状态机 .....	110
I.1 参考发射状态机 .....	110
I.2 最后机会重传状态机 .....	111
附录II – MTBE加速测试的原因 .....	112
参考书目 .....	114

## 数字用户线路（DSL）收发信机的改进脉冲噪音保护

### 勘误1

编辑说明：本文是一份纯文字出版物。本勘误做出的修改在ITU-T G.998.4（2015）建议书及其勘误的基础之上用修订符标出。

#### 1 范围

本建议书规定的技术规范超出了现有ITU-T数字用户线路（DSL）[\[ITU-T G.992.3\]](#)、[\[ITU-T G.992.5\]](#)和[\[ITU-T G.993.2\]](#)的范围，这些技术规范提供了对脉冲噪音更强的防护和提供了更有效的脉冲噪音保护（INP）效率。

脉冲噪音是有限时长、能够劣化一个或多个已传输信号的噪音事件。与DSL中出现的各种持续噪音不同，脉冲噪音的持续时间短，可能随机或周期性重复出现。那些看似不是周期重复出现的且不能预期出现的脉冲噪音被称为单高脉冲噪音事件（SHINE）。电力干线引起的并因此以本地交流电频率相关常数重复出现的脉冲被称为重复性电力脉冲噪音（REIN）。

脉冲噪音保护技术一般是DSL收发信机使用的技术，用于防范脉冲噪音对发送信号产生的影响。现有DSL建议书规定了如前向纠错（FEC）编码和交织等方法。

本建议书规定了一种物理层重传方法，以增强INP。附件特别提供了实施支持[\[ITU-T G.992.3\]](#)、[\[ITU-T G.992.5\]](#)和[\[ITU-T G.993.2\]](#)的收发信机所需技术所需的细节。通过技术而非物理层重传来增强INP这一方法有待进一步研究。

#### 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都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

[\[ITU-T G.992.3\]](#) ITU-T G.992.3建议书（2009年），第二代不对称数字用户线收发信机（ADSL2）。

[\[ITU-T G.992.5\]](#) ITU-T G.992.5建议书（2009年），第二代不对称数字用户线收发信机（ADSL2）。

[\[ITU-T G.993.2\]](#) ITU-T G.993.2建议书（2015年），甚高速数字用户线路收发信机2（VDSL2）。

[\[ITU-T G.993.5\]](#) ITU-T G.993.5 建议书（2015年），用于 VDSL2 收发信机的自 FEXT 消除（矢量）。

### 3 定义

本建议书定义了如下术语：

**3.1 组合数据速率（ADR）：**按等待时长计算的全部等待时间路径和重传返回信道（RRC）的组合数据速率之和。如果已启用重传，#1等待时间路径的组合数据速率是净数据速率加数据传输单元（DTU）成帧器造成的开销速率之和，#0等待时间路径的组合数据速率是开销速率。RRC的组合数据速率是扣除Golay码的速率。组合数据速率是指A参考点的速率。

**3.2 预期吞吐量（ETR）：**在Showtime期间 $\alpha/\beta$ 参考点上可用的速率，假定对与管理信息库（MIB）中参数表明的脉冲噪声环境相应的某种脉冲噪声环境具有完全的防护。

**3.3 前向：**它是指DTU的传输方向。

**3.4 脉冲噪声保护（INP）：**在 $\delta$ 参考点上出现的连续DMT符号的数目，在此数目内，不管出现差错的离散多音（DMT）符号内有多少差错，均可借助重传功能彻底纠错。

**3.5 抗重复电脉冲噪声的脉冲噪声保护（INP\_REIN）：**在 $\delta$ 参考点上出现的被重复电脉冲噪声（REIN）损坏的连续DMT符号的数目，在此数目内，不管出现差错的DMT符号内有多少差错，均可借助重传功能彻底纠错。

**3.6 线路速率（LR）：**U接口的数据速率。

**3.7 净数据速率（NDR）：**假定不发生重新发送的情况下，在 $\alpha/\beta$ 参考点的任一方向上所有延迟路径上的所有帧承载数据速率之和。

**3.8 开销速率（OR）：**分配给延迟路径#0的开销信道的载送速率。

**3.9 重复电脉冲噪声（REIN）：**数字用户线路上遇到的一种电噪音。它是一种明显的连续和周期性短脉冲噪声事件流。单个的脉冲的持续时间一般不超过1毫秒。REIN通常是由交流电网供电的设备的耦合效应引起的，重复频率为交流电源频率的两倍（100或120 Hz）。

**3.10 反向：**它是指对已收到DTU进行发送确认（在RRC中）的方向。

**3.11 单发强脉冲事件（SHINE）：**数字用户线（DSL）上遇到的一种电噪音。SHINE通常是以周期性脉冲流的形式出现的，其基本上随机的到达间隔时间和脉冲宽度都与强度成反比。总的来说，SHINE与持续时间为毫秒到秒范围的强脉冲有关。

**3.12 总数据速率（TDR）：**按等待时长计算的全部等待时间路径上的总数据速率与RRC速率之和，包括其前向纠错（FEC）开销（Golay）。它是指C参考点的速率。

### 4 首字母缩略语和缩写词

本建议书采用以下首字母缩略语和缩写词：

ATM	异步传送模式
ATTNDR	可达到净数据速率
ATU-C	局端 ADSL2/ADSL2plus 收发信机单元



ATU-R	远程ADSL2plus收发信机单元
CRC	循环冗余校验
DMT	离散多音
DTU	数据传送单元
EFTR	无差错吞吐量
ETR	预期吞吐量
eoc	嵌入式操作信道
FEC	前向纠错
LSB	最低有效位
MIB	管理信息库
MTBE	误码事件的平均间隔时间
NDR	净数据速率
NMS	网络管理系统
PMD	物理介质相关
PMS-TC	物理介质特定—传输汇聚
PSD	功率谱密度
PTM	包传送模式（64/65字节封装）
REIN	重复电脉冲噪音
RRC	重传反向信道
SDO	定时非连续操作
SHINE	单发强脉冲事件
SID	序列标识符/
TC	传输汇聚（层）
TPS-TC	传送协议特定—传输汇聚（子层）
TS	时间戳
VTU-O	VDSL2收发信机单元—光端
VTU-R	VDSL2收发信机单元—远端

## 5 概述

本建议书应与以下ITU-T建议书（称为“相关建议书”）一并实施：[\[ITU-T G.992.3\]](#)（ADSL2）、[\[ITU-T G.992.5\]](#)（ADSL2plus）和[\[ITU-T G.993.2\]](#)（VDSL2）。

主要规定了与相关建议书独立的元素，包括：

- 当再传输功能允许方向上的数据路径和返程信道。
- 再传输功能的管理和控制。

附件规定了与相关建议书有关的元素，其中包括：

- 与相关建议书直接相关的数据路径要求。
- 相关建议书的初始化程序的变化。
- EOC消息的变化。

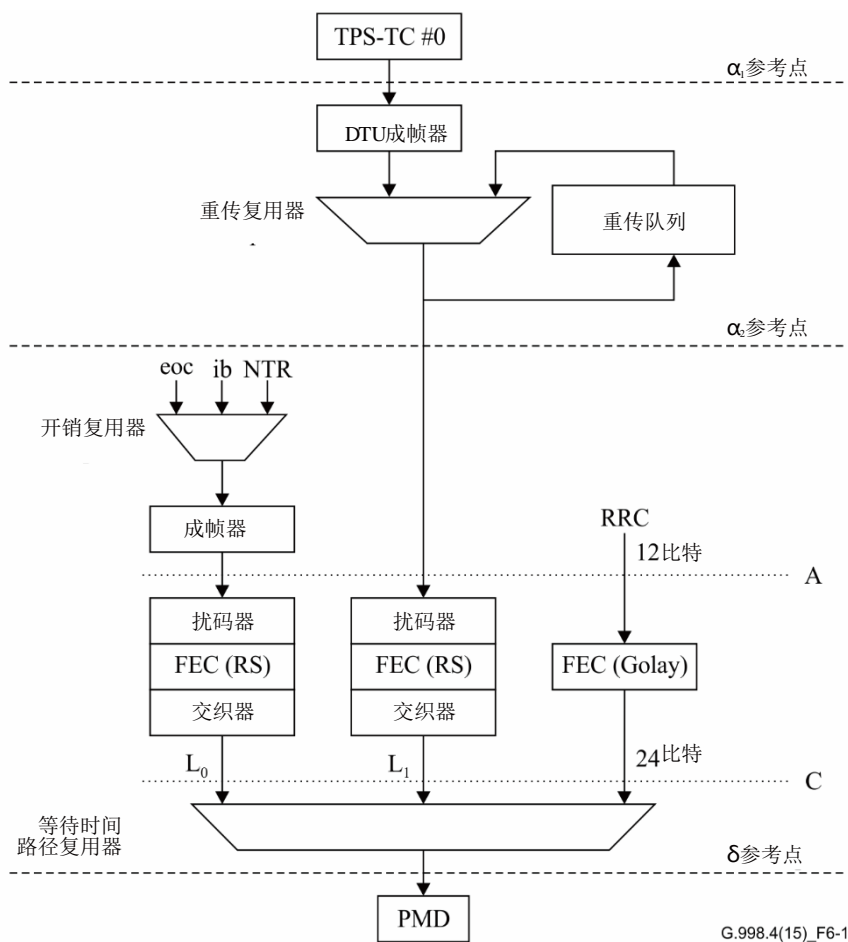
遵守本建议书的收发信机应遵守其正文、相关建议书之一以及各附件。

## 6 功能参考模型

图6-1为在两个传输方向上均启用重传时的功能参考模型。

在前向，只有一个承载信道（#0）处于激活状态。来自该承载信道的字节被封装在数据传输单元（DTU）中。发送后的DTU存储在重传队列中。DTU复用器将选择一个新DTU或从重传队列中选择一个DTU，以通过 $\alpha_2$ 参考点进行传输。

PMS-TC包含两个等待时间路径和一个重传请求信道（RRC）。#0等待时间路径仅包含开销数据，而#1等待时间路径仅包含DTU（即来自 $\alpha_2$ 参考点的字节）。RRC承载对已收到DTU的确认。等待时间路径使用Reed-Solomon编码进行扰码和编码。RRC使用扩展的Golay码进行编码。来自等待时间路径和RRC的输出比特被复用成一个数据帧，该帧通过 $\delta$ 参考点传输到PMD。



G.998.4(15)\_F6-1

图6-1 – 双向均启用重传时的参考模型

图6-2是单向启用重传时的前向功能参考模型。该功能参考模型与图6-1中的模型相同，只是没有RRC。

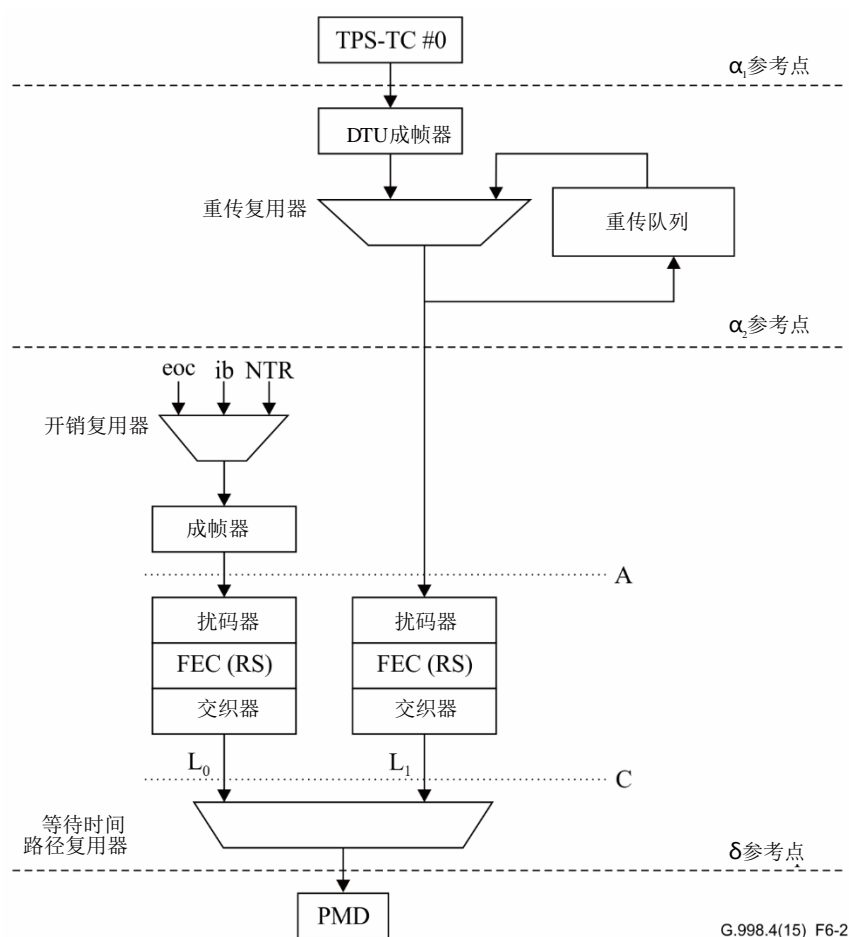


图6-2 – 单向启用重传时的前向参考模型

图6-3是单向启用重传时的反向功能参考模式。TPS-TC的功能参考模型与适用的相关建议书（[\[ITU-T G.992.3\]](#)、[\[ITU-T G.992.5\]](#)或[\[ITU-T G.993.2\]](#)）中的TPS-TC功能模型相同。PMS-TC由一个等待时间路径和RRC组成。等待时间路径的功能模型与适用的相关建议书（[\[ITU-T G.992.3\]](#)、[\[ITU-T G.992.5\]](#)或[\[ITU-T G.993.2\]](#)）中的功能模型相同。RRC与等待时间路径的输出一起被复用成一个数据帧，该帧通过 $\delta$ 参考点传输到PMD。

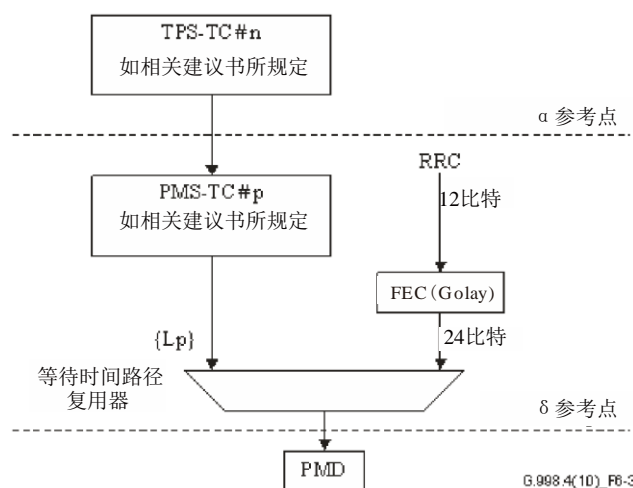


图6-3 – 单向启用重传时的反向参考模型

在图6-1和图6-2的参考模型中，重传队列显示的位置在TPS-TC和扰码器之间，仅用于定义数据传输单元（DTU）帧结构，在第8条中对该结构进行说明。注意，定义DTU帧结构为了使其在重传队列中的位置是透明的，该队列可以放置在收发信机结构中的某一层，并可以与把该队列放在不同层的另一设备实现交互。

## 7 TPS-TC功能

遵守本建议书的收发信机应支持采用64/65字节封装的ATM TC或PTM TC，或者二者均支持。

### 7.1 ATM TPS-TC

ATM TC应在ADSL2、ADSL2plus或VDSL2的相关ITU-T建议书中予以具体规定，除了[ITU-T G.992.3]和[ITU-T G.993.2]第K.2.8款中定义的ATM有效载荷扰码器应被禁用，并包含以下条款中规定的控制参数。对相关ITU-T建议书中控制参数的修改在附件A、B和C中进行说明。

#### 7.1.1 ITU-T G.998.4特有的控制参数

表7-1中定义了ITU-T G.998.4特有的ATM TPS-TC控制参数。

表7-1 – ATM TPS-TC的控制参数

参数	定义
<i>ETR_min</i>	允许的ETR最小值，单位为kbit/s。
<i>ETR_max</i>	允许的ETR最大值，单位为kbit/s。
<i>net_max</i>	允许的NDR最大值，单位为kbit/s。
<i>INP_min</i>	DMT符号中抗SHINE的最小脉冲噪音保护（INP）。
<i>SHINERatio</i>	考虑运营商预期在其服务中以可接受概率出现的SHINE脉冲噪音环境，将1秒间隔内的速率损失以NDR为单位进行表示。

表7-1 – ATM TPS-TC的控制参数

参数	定义
<i>INP_min_rein</i>	DMT符号中抗重复电脉冲噪音（REIN）的最小脉冲噪音保护。
<i>iat_rein_flag</i>	表示REIN的到达间隔时间的配置标志。如果到达间隔时间源于100Hz的REIN，则该标志应设为0。如果到达间隔时间源于120Hz的REIN，则该标志应设置为1（注1、2）。
<i>delay_max</i>	最大时延（参见第8.1.6款），单位为ms。
<i>delay_min</i>	最小时延（参见第8.1.6款），单位为ms。
<i>lefr_thresh</i>	用于声明lefr缺陷的阈值（见第11.3.3款），作为NDR的一部分表示。值0是一个特殊值，表示接收机应使用一个特殊值来声明lefr缺陷。声明lefr的最小有效阈值是ETR/2。接收机应忽略小于最小值的阈值，而应使用ETR/2来声明Lefr缺陷（参见第11.3.3款）。
<i>Cpolicy</i>	该承载信道使用的信道初始化策略。
注1 – 如果INP_min_rein设为0，则不涉及该参数。 注2 – REIN周期性源于50Hz或60Hz的每个AC周期有2个等距脉冲的假设。2个脉冲不等距的情况有待进一步研究。	

### 7.1.2 有效配置

ATM TPS-TC的有效配置应包括表7-2中规定的每个控制参数的配置及其中一个效值。

表7-2 – ATM TPS-TC的有效配置

参数	能力
<i>ETR_min</i>	其有效值是从0到相关建议书中规定的最小净数据速率的最大有效值范围内所有8的倍数。
<i>ETR_max</i>	其有效值是从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大有效值范围内所有8的倍数。
<i>net_max</i>	其有效值是从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大有效值范围内所有8的倍数。
<i>INP_min</i>	对于子载波间隔为4.3125 kHz的系统，有效值是从0到63范围内的所有整数。 对于子载波间隔为8.625 kHz的系统，有效值是从0到127范围内的所有整数。
<i>SHINERatio</i>	有效值是从0到0.1中所有0.001的倍数。
<i>INP_min_rein</i>	对于子载波间隔为4.3125 kHz的系统，有效值是从0到7范围内的所有整数。 对于子载波间隔为8.625 kHz的系统，有效值是从0到13范围内的所有整数。
<i>iat_rein_flag</i>	有效值是0和1。

表7-2 – ATM TPS-TC的有效配置

参数	能力
<i>delay_max</i>	有效值是从1到63范围内的所有整数。
<i>delay_min</i>	有效值是从0到63范围内的所有整数。
<i>lefr_thresh</i>	有效值是从0.01到0.99范围内所有0.01的倍数。
<i>Clpolicy</i>	有效值为0。

### 7.1.3 强制性配置

支持的TPS-TC强制性配置应为有效配置的一个子集，他们应包括表7-3中规定的每个控制参数的配置及其强制值之一。

表7-3 – ATM TPS-TC的强制性配置

参数	能力
<i>ETR_min</i>	其强制值是从0到相关建议书中规定的最小净数据速率的最大强制值范围内所有8的倍数。
<i>ETR_max</i>	其强制值是从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大强制值范围内所有8的倍数。
<i>net_max</i>	其强制值是从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大强制值范围内所有8的倍数。
<i>INP_min</i>	应支持所有有效值。
<i>SHINratio</i>	应支持所有有效值。
<i>INP_min_rein</i>	应支持所有有效值。
<i>iat_rein_flag</i>	应支持所有有效值。
<i>delay_max</i>	应支持所有有效值。
<i>delay_min</i>	应支持所有有效值。
<i>lefr_thresh</i>	应支持所有有效值。
<i>Clpolicy</i>	应支持所有有效值。

## 7.2 采用64/65字节封装的PTM TPS-TC

采用64/65字节封装的PTM TC应在相关ITU-T建议书中予以明确规定，并包含以下条款中规定的控制参数。对相关ITU-T建议书中控制参数的修改在附件A、B和C中进行说明。

### 7.2.1 ITU-T G.998.4特有的控制参数

ITU-T G.998.4特有的PTM TPS-TC控制参数与ATM TPS-TC相同（参见表7-1）。

### 7.2.2 有效配置

ITU-T G.998.4特有的PTM TPS-TC控制参数的有效配置与ATM TPS-TC相同（参见表7-2）。

### 7.2.3 强制性配置

ITU-T G.998.4特有的PTM TPS-TC控制参数的强制性配置与ATM TPS-TC相同（参见表7-3）。

## 8 重传功能

### 8.1 DTU成帧器

每个DTU应包含整数个53字节的ATM信元（数据或空闲信元）或整数个64/65字节的PTM码字及如下字节：

- 一个包含序列标识符（SID）的字节。
- 一个包含时间戳（TS）的字节。
- W字节，包含8比特CRC的开销。
- V字节，包含填充字节。

SID和TS的内容在第8.1.5款和第8.1.6款中规定。用于插入8比特CRC的W字节的内容在DTU成帧的条款中规定。填充字节的内容是由供应商自行决定的。每个DTU的填充字节的数目V应由接收机在初始化过程中选择。

DTU应映射到RS码字的整数个数 $Q$ 中并与其同步。因此，每个Reed-Solomon码字的有效载荷字节数 $H$ （参见表9-2）和每个DTU的RS码字数 $Q$ 之间的一般关系为：

$$(Q * H - 2 - V - W) = A * 53 \text{ for ATM}$$

$$(Q * H - 2 - V - W) = A * 65 \text{ for PTM}$$

A是ATM信元或PTM码字的整数个数。

如第8.1.1款所述，发射机应支持没有CRC的帧结构。

此外，发射机在初始化过程中应支持条款8.1.2、8.1.3和8.1.4中所述的其中一个DTU结构。条款8.1.2、8.1.3和8.1.4中所述的DTU结构另外包含一个8比特CRC，便于检测TPS-TC上的错误。W是将CRC添加到DTU时插入的字节数。

在初始化过程中，接收机应选择发射机在初始化过程中表示支持的无CRC的DTU结构或者有CRC的DTU结构。

DMT符号中的DTU大小为 $S * Q$ 。在操作处于L0状态的线路时，发射机和接收机都应支持0.5至4范围内的所有 $S * Q$ 值。

条款8.1.1、8.1.2、8.1.3和8.1.4中描述了有效配置的结构。

#### 8.1.1 无8比特CRC的DTU成帧器（成帧类型1）

DTU成帧类型1不应包含8比特CRC（ $W=0$ ）。SID、TS和填充字节应首先按此顺序映射，后跟A个ATM信元或64/65字节码字。SID字节应映射到RS码字的第一个字节。每个Reed-Solomon码字中的有效载荷字节数 $H$ 与每个DTU中的RS码字数 $Q$ 之间的关系如下：

$$(Q * H - 2 - V) = A * 53 \text{ for ATM}$$

$$(Q * H - 2 - V) = A * 65 \text{ for PTM}$$

图8-1简述了采用成帧类型1的DTU集合及其与RS码字的同步。

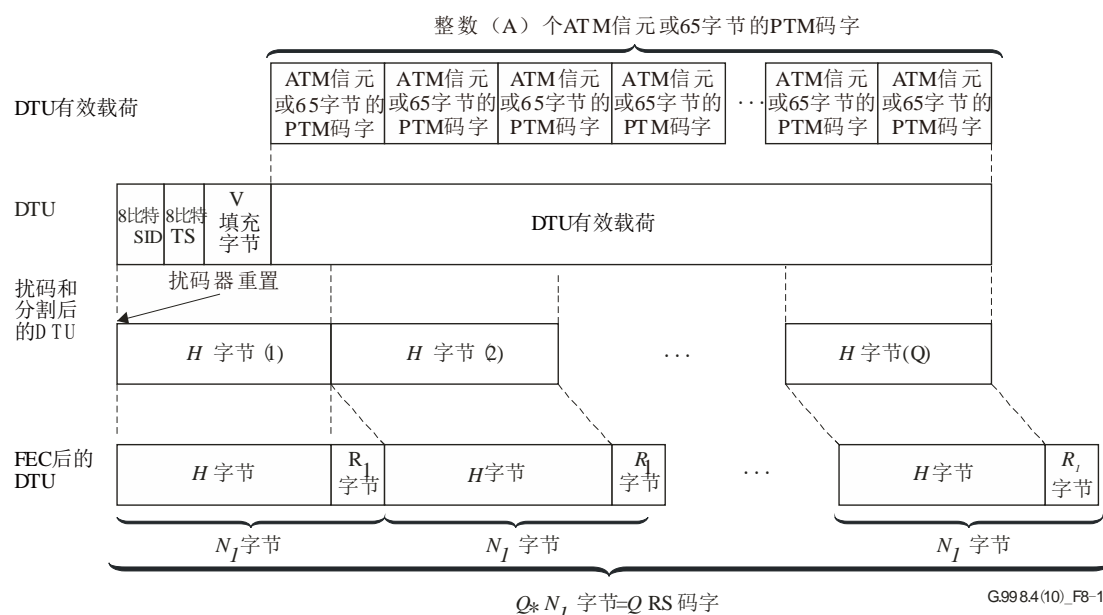


图8-1 – 无CRC的DTU结构（成帧类型1）及其与RS码字的同步

### 8.1.2 有CRC-8的DTU成帧器（成帧类型2）

在这种模式下，DTU结构与第8.1.1款中的相同，在DTU的尾部另外插入一个8比特CRC（即W=1）。该CRC应在加扰DTU的有效载荷字节、SID、TS和填充字节之前计算。8比特CRC应生成为[ITU-T G.993.2]第9.5.2.3款规定的PMS-TC的CRC。SID应映射到Reed-Solomon码字的第一个字节。图8-2简述了采用成帧类型2的DTU结构及其与RS码字的同步。

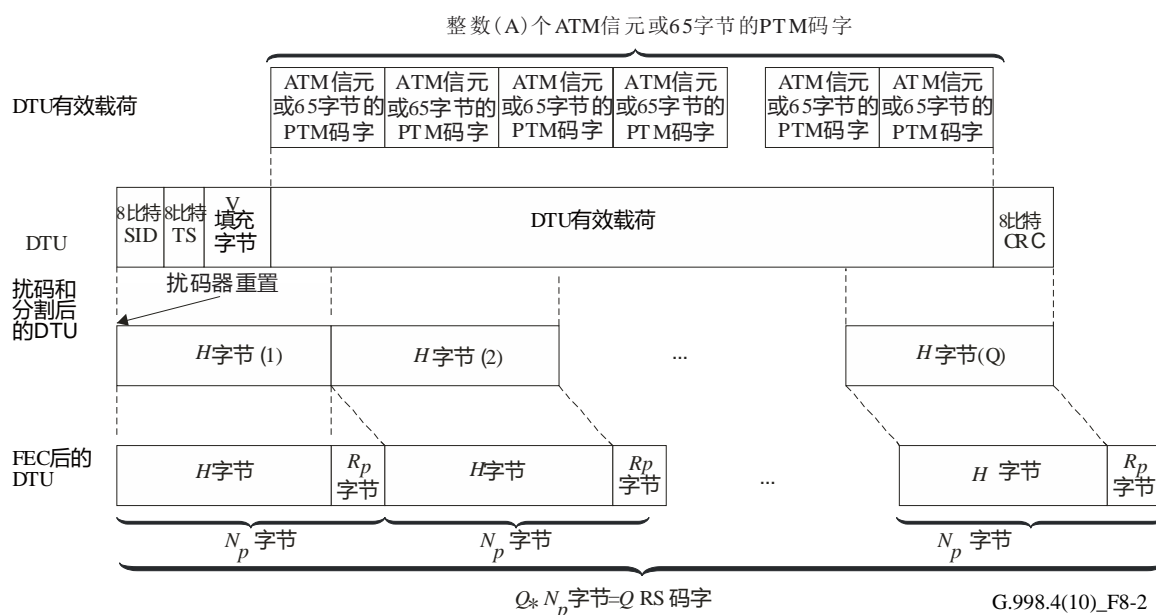


图8-2 – CRC在尾部的DTU结构（成帧类型2）及其与RS码字的同步



CRC (W = 1) 的DTU结构中Q、H、A和V之间的关系如下。

$$(Q * H - 3 - V) = A * 53 \text{ for ATM}$$

$$(Q * H - 3 - V) = A * 65 \text{ for PTM}$$

### 8.1.3 有CRC-8的DTU成帧器（成帧类型3）

在这种模式下，DTU结构与第8.1.1款中的相同，8比特CRC作为DTU的第一个字节插入。该CRC应在加扰DTU（先前通过 $\alpha 2/\beta 2$ 参考点传输）的有效载荷字节、SID、TS和填充字节之前计算。8比特CRC应生成为[ITU-T G.993.2]第9.5.2.3款定义的PMS-TC的CRC。8比特CRC应映射到Reed-Solomon码字的第一个字节。

CRC字节后面的字节应为SID、TS和填充字节，后跟A个ATM信元或64/65字节码字。

图8-3简述了采用成帧类型3的DTU结构及其与RS码字的同步。

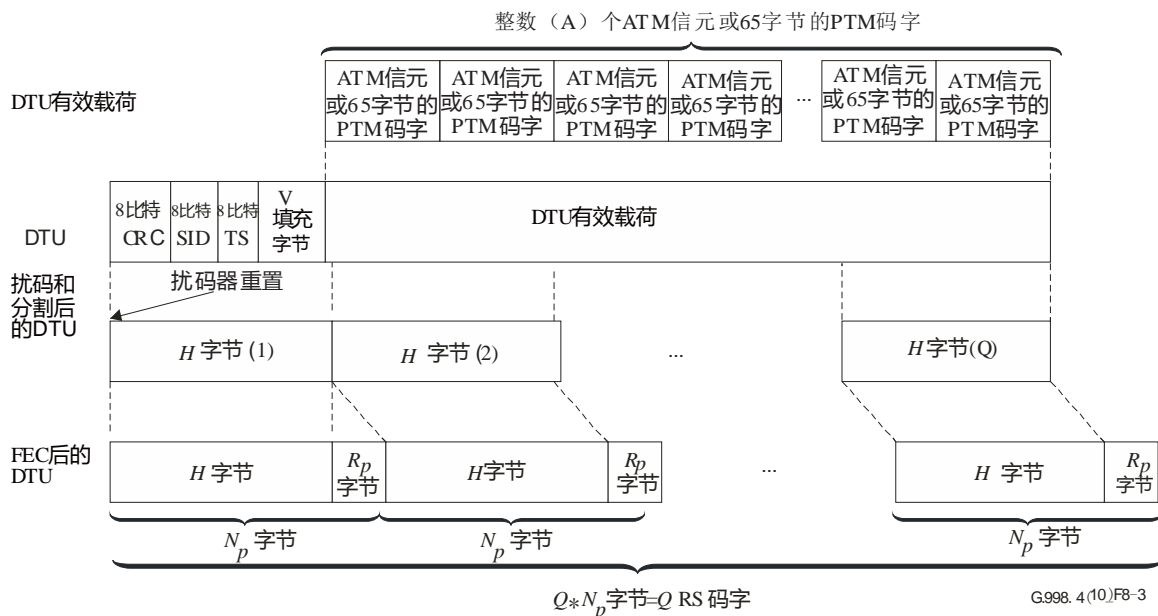


图8-3 – 在CRC头部的DTU结构（成帧类型3）及其与RS码字的同步

有CRC的DTU结构中Q、H、A和V之间的关系如下。

$$(Q * H - 3 - V) = A * 53 \text{ for ATM}$$

$$(Q * H - 3 - V) = A * 65 \text{ for PTM}$$

### 8.1.4 有CRC-8的DTU成帧器（成帧类型4）

在这种模式下，DTU结构与第8.1.1款中的相同，8比特CRC作为DTU的第一个字节插入。该CRC应在加扰DTU（先前通过 $\alpha 2/\beta 2$ 参考点传输）的有效载荷字节、SID、TS和填充字节之前计算。8比特CRC应生成为[ITU-T G.993.2]第9.5.2.3款定义的PMS-TC的CRC。8比特CRC应映射到Reed-Solomon码字的第一个字节。每个DTU中通过此方法插入的字节数是 $SEQ_1$ 。成帧参数的选择应满足以下约束条件：

- $W = SEQ_1$ ，其中ADSL的 $SEQ_1 = 2$ 、VDSL的 $SEQ_1 = 8$
- $M_1 \times Q \times G_1 = T_1 \times SEQ_1$ ，其中：

- $G_1 = 1$ ，如果 $SEQ_1 = 2$
- $T_1/M_1$ 是一个整数，如果 $SEQ_1 = 8$

–  $H = M_1 \times (B_{10} + \lceil G_1 / T_1 \rceil)$ ，其中 $G_1 = 1$ ，如果 $SEQ_1 = 2$

其中 $SEQ_1$ 、 $M_1$ 、 $G_1$ 和 $T_1$ 对应于相关建议书中用于等待时间路径 $p = 1$ 的 $SEQ_p$ 、 $M_p$ 、 $G_p$ 、 $T_p$ ， $B_{10}$ 对应于相关建议书中用于等待时间路径 $p = 1$ 和帧承载 $n = 0$ 的 $B_{pn}$ ， $\lceil x \rceil$ 表示 $x$ 的上限。

通过上述成帧器设置，附加的 $W-I$ 字节被插入到DTU中。附加字节的值应为 $FF_{16}$ 。如果相关建议书是[ITU-T G.992.3]或[ITU-T G.992.5]，则 $W$ 应等于2，如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]则 $W$ 应等于8。当 $G_1 = 1$ 时，附加字节以相等的距离插入。

8比特CRC之后的字节是在SID、TS和填充字节，后跟ATM信元或64/65字节码字的序列， $FF_{16}$ 字节插入DTU中的正确位置。 $W$ 个字节在 $T_1$ 个MDF中的分布应按照[ITU-T G.993.2]的第9.5.2.1款执行，而且如果 $W = 2$ ，则 $G_1 = 1$ 。有CRC的DTU和相应的 $FF_{16}$ 字节被映射到 $Q$ 个RS码字并与其同步，如图8-4所示，其中 $W=2$ 、 $Q=2$ 、 $M_1=2$ 。

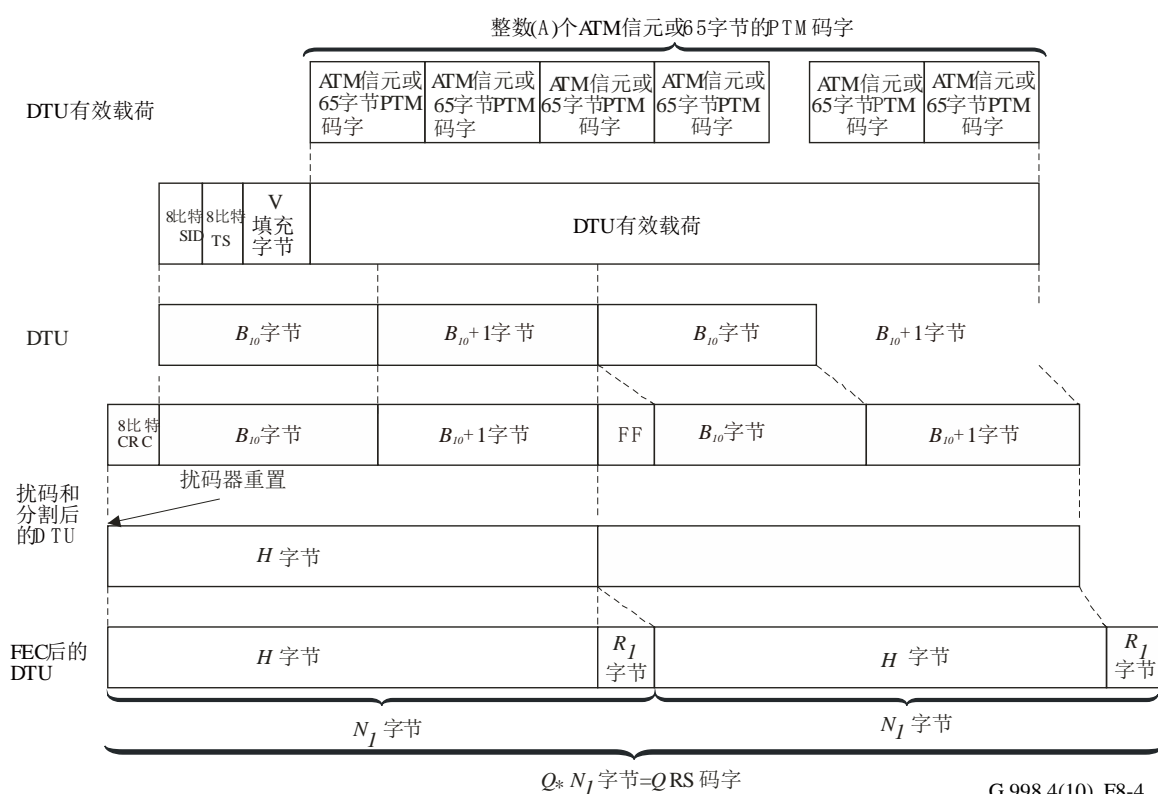


图8-4 – 在CRC头部的DTU结构示例（成帧类型4， $W=2$ ）及其与RS码字的同步[ $M_1=2$ 、 $T_1=Q=2$ 、 $SEQ_1 = 2$ 、 $B_{10} = (H/2) - 1$ ]

有CRC的DTU结构中 $Q$ 、 $H$ 、 $A$ 、 $V$ 和 $W$ 之间的关系以下。

$$(Q * H - 2 - W - V) = A * 53 \text{ for ATM}$$

$$(Q * H - 2 - W - V) = A * 65 \text{ for PTM}$$

注 – 所选 $W = 8$ 字节的位置应使得当OH帧与DTU重合时，它们与携带OH帧类型2的VDSL2 OH帧中字节的位置重合。所选 $W = 2$ 字节的位置应使得当OH帧与DTU重合时，它们与表7-14中 $SEQ_1 = 2$ 时的VDSL2 OH帧中字节的位置重合。

### 8.1.5 序列标识符 (SID)

每个DTU中的SID字节标识传输序列中的DTU。发射机增加每个新成帧DTU的SID。重传的DTU应具有与第一次传输相同的SID。SID字节应该被初始化为00<sub>16</sub>，它应该是在Showtime期间第一次传输DTU的SID。在达到SID值FF<sub>16</sub>后，下一SID值应为00<sub>16</sub>。

### 8.1.6 时间戳

时间戳用于两个功能：

1. 时间戳应用于控制DTU的 $\alpha 1$ - $\beta 1$ 时延及其相关数据有效载荷。
2. 时间戳可用于减少发射机和接收机 $\gamma$ 接口之间的时延抖动。

时间基准（也称为DMT符号ID）是在进入Showtime之后通过线路发送的所有DMT符号（即数据符号和同步符号）的计数。

一个DTU的时间戳字节应包含DMT符号（它应包含该DTU的第一个比特）的基准时间模255的值，这是假定在DTU的成帧和其在线路上的传输之间不发生重传事件。

TS字节中的值FF<sub>16</sub>(255)被保留。

1. 通常，每个DTU中的时间戳字节（TS）既用于绑定组中的线路，也用于没有绑定的线路：

为了控制DTU及其相关数据载荷的最大 $\alpha 1$ - $\beta 1$ 时延，配置参数 $delay\_max$ 应是时延的上限，该时延被添加到仅由重传引起的传输时延中。在这里，接收机和/或发射机应识别并丢弃所有如下DTU：其有效载荷无法在不违反 $delay\_max$ 限制的情况下通过接收机上的 $\beta 1$ 参考点传送。时间戳应是丢弃DTU的标准。

在考虑重传数据路径方向上的 $delay\_max$ 时，应排除重传数据路径方向上接收机的U接口与重传子层（ $\beta 2$ 参考点）之间的处理时延。

注1 – 因此， $\alpha 1$ 参考点和 $\beta 1$ 参考点之间的端到端时延可能会超过 $delay\_max$ 的值，超过量为发射机和接收机的处理时延。

为了减少从发射端 $\gamma$ 接口到接收机 $\gamma$ 接口的时延变化：

1. 应支持接收机的出口整形。
2.  $\gamma$ 接口和 $\alpha 1$ 参考点之间的时延以及 $\beta 1$ 参考点和 $\gamma$ 接口之间的时延应与DTU的重传无关。

配置参数 $delay\_min$ 应是如下时延的下限：该时延被添加到仅由重传引起的传输时延中。时间戳应在出口整形功能中使用，以确定DTU的有效载荷何时应发送到 $\beta 1$ 参考点来满足时延限制。出口整形功能应将可能在 $delay\_min$ 之上引入的额外时延最小化，并且永远不会超过 $delay\_max$ 。

注2 – 由于重传队列存储器有限（参见条款A.1.1、B.1.1和C.1.1），XTU可能需要限制净数据速率以满足 $delay\_min$ 限制。

3. 如果将XTU配置为绑定组的一部分，则要求一个组中所有绑定线路之间物理层的差分时延仍是有界限的。

注3 – 绑定组内的所有线路需要满足适用绑定规范（例如，适用于ATM绑定的ITU-T G.998.1或适用于PTM绑定的ITU-T G.998.2）的差分时延要求。

## 8.2 重传复用器

对于每个H\*Q字节（与#1等待时间路径的综合数据速率有关），DTU应通过 $\alpha_2$ 参考点传输。重传复用器选择要传输DTU的类型。DTU应该是从DTU成帧器取得的新的DTU，或者是从重传队列中取出的先前传输的DTU。基于RRC的内容以及在等待时间路径中传输的承载上配置的INP和时延的要求，由发射机重传状态机完成对选择的控制。

## 8.3 发射机重传状态机

在发射机中，如果满足最大时延的约束条件，则任何未被确认的DTU应该被重新发送。DTU重发的确切时间是有明确规定的，但发射机应确保至少可以在不违反最大时延约束的情况下，重传相同DTU的NRET（参见第8.6.4款）。即使接收机发出请求，已经确认的DTU也无需重新发送。

## 8.4 重传返回信道（RRC）

重传返回通道用于确认DTU。它包括与每个数据帧的等待时间路径复用的24比特字节。RRC有效载荷包含三个字段：

1. 5比特的字段AbsoluteDTUCountLsbs，它包含前一已收到DTU的绝对数的最低有效位（LSB）。DTU的绝对数是自进入Showtime以来在此DTU之前收到的所有DTU（不论新的或重传的，有错误或没有错误）的计数。对于进入Showtime后收到的第一个DTU，其AbsoluteDTUCountLsbs应为0。
2. 2比特的字段Nack[k] (k=0,1)，表示前两个已收到DTU的状态。Nack[0]表示最后收到的DTU的状态，Nack[1]表示倒数第二个收到的DTU的状态。如果DTU被确认，则Nack[k] = 0，否则Nack[k] = 1。
3. 5比特的字段ConsecutiveGoodDTUs，它表示：
  - 如果Nack[1] = 0，则该字段表示倒数第二个收到的DTU之前已确认DTU的数量。如果数量大于31，则该字段应设置为31。
  - 如果Nack[1] = 1，则该字段表示已确认连续DTU的数量，其中连续DTU从倒数第二个收到的DTU之前的1b（参见第8.6款）个DTU开始计数。

这些字段由冗余的12比特字节保护。其整体结构见图8-5。

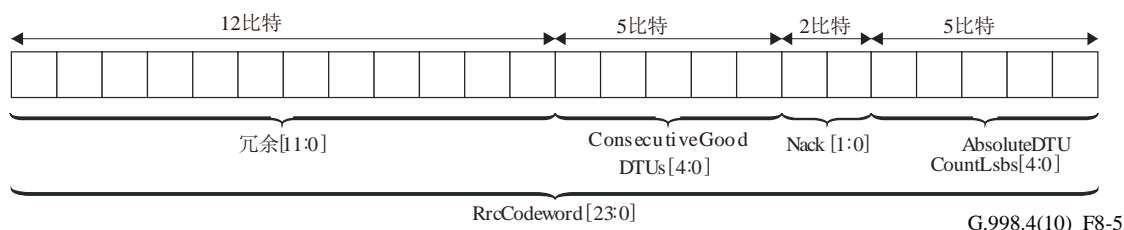


图8-5 – RRC码字的内容和结构

数据首先在RRC码字LSB中传输，即：

$$\begin{aligned} \text{RrcCodeword}[4:0] &= \text{AbsoluteDTUCountLsbs}[4:0] \\ \text{RrcCodeword}[6:5] &= \text{Nack}[1:0] \end{aligned}$$

RrcCodeword[11:7] = ConsecutiveGoodDTUs[4:0]

RrcCodeword[23:12] = Redundancy[11:0]

注 – 如果符号率为4 kHz，则RRC速率为96 kbit/s。

图8-6为ConsecutiveGoodDTUs的评估示例。

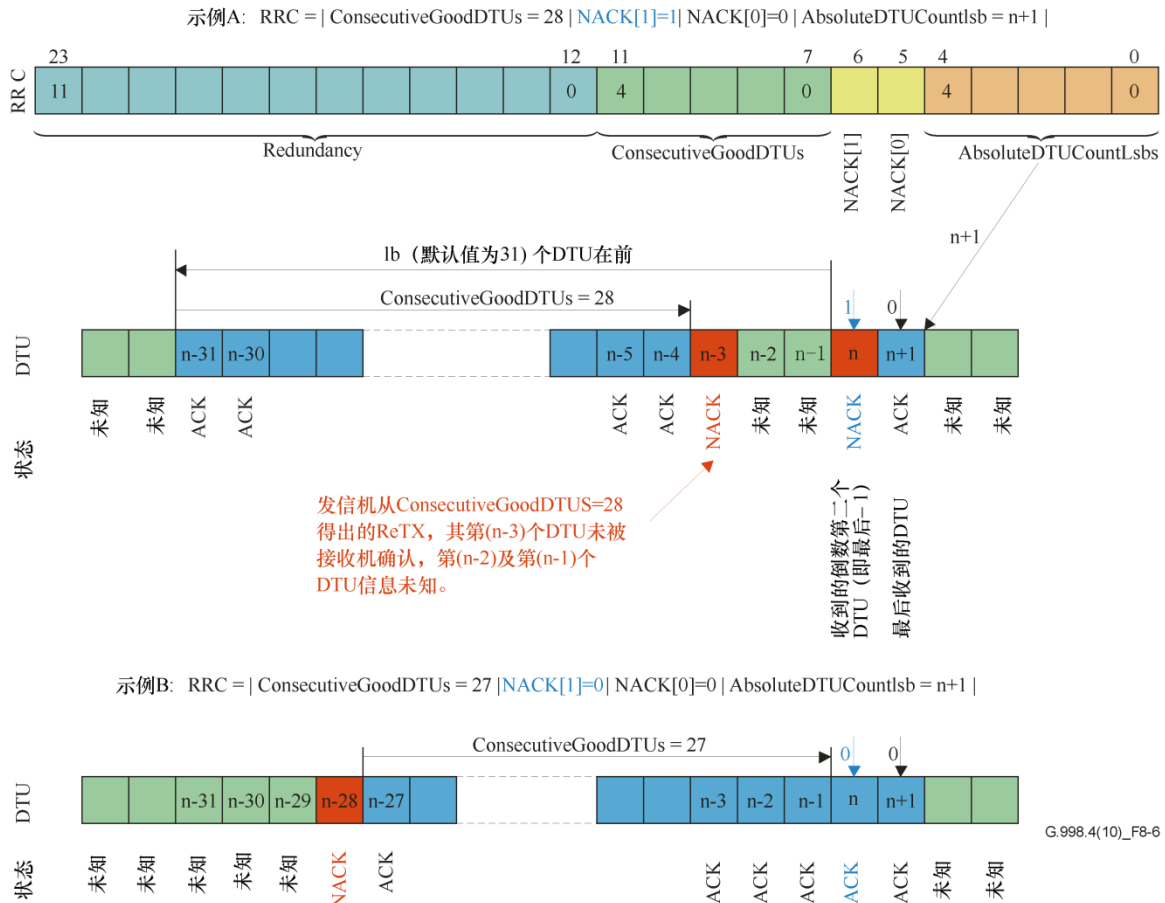


图8-6 – ConsecutiveGoodDtus的评估示例 ( $lb = 31$ )

#### 8.4.1 RRC字段初始化

假设在进入Showtime之前已经正确接收了33个DTU，并且不需要重传，则应为接收的DTU创建虚拟扩展。

#### 8.4.2 扩展Golay码说明

RRC码字的冗余比特[b<sub>12</sub> b<sub>13</sub> ... b<sub>23</sub>]应包含修改的扩展 (24,12) Golay码的校验位。

对于传输12比特数据消息的RRC帧，应使用GF(2)中的以下运算来计算Golay冗余比特 [b<sub>13</sub> b<sub>14</sub> ... b<sub>23</sub>]:

$$C(D) = M(D) \times D^{11} \text{ modulo } G(D),$$

其中 $D$ 是时延算子，且

$$M(D) = b_0 D^{11} + b_1 D^{10} + \dots + b_{10} D + b_{11}$$

是数据消息多项式，

$$G(D) = D^{11} + D^9 + D^7 + D^6 + D^5 + D + 1$$

是发生器多项式，

$$C(D) = b_{17}D^{10} + b_{18}D^9 + b_{22}D^8 + b_{21}D^7 + b_{14}D^6 + b_{19}D^5 + b_{23}D^4 + b_{13}D^3 + b_{20}D^2 + b_{15}D + b_{16}$$

是奇偶校验多项式。

比特 $b_{12}$ 是GF(2)中计算的整体奇偶校验位，如下所示：

$$b_{12} = \sum_{k=0}^{11} b_k + \sum_{k=13}^{23} b_k$$

## 8.5 双程

每个方向的双程分为两部分：一部分是源于DTU的发射机，称为发射机半双程，表示为 $HRT_{tx}$ ，另一部分是源于DTU的接收机，称为接收机半双程，表示为 $HRT_{rx}$ 。两个半双程都有以DMT符号表示的部分（表示为 $HRT_{tx}^S$ 和 $HRT_{rx}^S$ ）和在DTU中计算的部分（表示为 $HRT_{tx}^D$ 和 $HRT_{rx}^D$ ）。

接收机半双程的符号部分 $HRT_{rx}^S$ 被定义为U接口处测量的DMT符号中的最大时间值，该值介于收到的最后一个DTU比特（绝对数为 $k + HRT_{rx}^D$ ）和发送的第一个包含DTU信息的RRC（绝对数为 $k$ ）之间。该值四舍五入到最接近的整数。

发射机半双程的符号部分 $HRT_{tx}^S$ 被定义为在U接口处测量的DMT符号中的最大时间值，该值介于收到的第一个包含DTU的重传请求的RRC（绝对数为 $k$ ）和在实际重传绝对数为 $k$ 的DTU之前发送的 $HRT_{tx}^D$ DTU的第一个比特之间。该值假定重发的DTU尽快发送，即不被发射状态机延迟，且不会由于通过U接口发送当前DTU而延迟。该值四舍五入到最接近的整数。

计算 $HRT_{rx}^S$ 和 $HRT_{tx}^S$ 值时都假定从首次发送绝对数为 $k$ 的DTU到其再发送期间在任何方向都没有传输同步符号。

根据半双程的定义，传输队列最小值 $Q_{tx,min}$ 的计算如下：

$$Q_{tx,min} = \left\lceil \frac{HRT_{tx}^S + HRT_{rx}^S + 1}{Q \times S_1} \right\rceil + HRT_{tx}^D + HRT_{rx}^D + 1$$

其关系如图8-7所示。

注 – 向上取整功能中的额外符号考虑了上行和下行方向之间同步符号可能存在的不一致问题。如果DTU发射方向上的同步符号与RRC方向上的同步符号在从 $-HRT_{rx}^S + \left\lceil (HRT_{rx}^D + 1) \times Q \times S_1 \right\rceil$ 到 $HRT_{tx}^S + \left\lfloor HRT_{tx}^D \times Q \times S_1 \right\rfloor - 1$ 的DMT符号范围内一致，则可取消该额外符号，其中正值表示DTU发射方向上的同步符号在RRC方向上的同步符号之后发送。

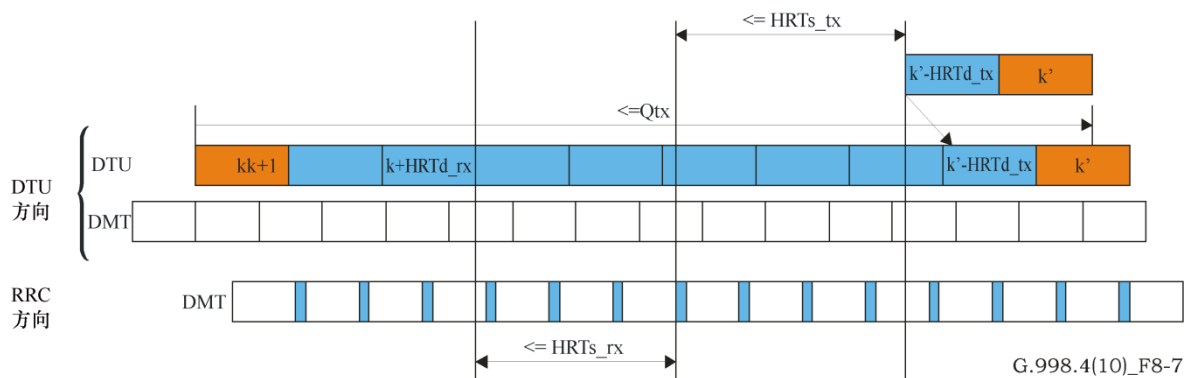


图8-7 – 半双程定义与最小值 $Q_{tx}$ 之间的关系

包括接收机和发射机部分的全双程时间（RTT）单位为毫秒，计算如下：

$$RTT = \frac{Q_{tx, \min} \times Q \times S_1}{f_s}$$

其中 $f_s$ 是数据符号率，单位为ksymbols/s。

## 8.6 重传控制参数

### 8.6.1 控制参数

表8-1定义了重传控制参数。

表8-1 – 重传功能的控制参数

参数	定义
<i>FramingType</i>	DTU成帧类型。
$Q$	每个DTU中的Reed-Solomon码字数。
$V$	每个DTU中的填充字节数。
$HRT_{tx}^S$	发射机半双程的符号部分（单位为DMT符号），如第8.5款中定义。
$HRT_{tx}^D$	发射机半双程的DTU部分（单位为DTU），如第8.5款中定义。
$HRT_{rx}^S$	接收机半双程的符号部分（单位为DMT符号），如第8.5款中定义。
$HRT_{rx}^D$	接收机半双程的DTU部分（单位为DMT符号），如第8.5款中定义。
$Q_{tx}$	接收机为参考状态机假定的同一个DTU两次连续传输之间的DTU时延。
$lb$	环回值（参见第8.4款）

### 8.6.2 有效配置

重传功能的有效配置应包括表8-2中规定的每个控制参数的配置及其中一个效值。

表8-2 – 重传功能的有效配置

参数	能力
成帧类型	有效值为1、2、3和4。
$HRT_{tx}^S$	如果相关建议书是[ITU-T G.992.3]、[ITU-T G.992.5]或[ITU-T G.993.2]（无配置文件30a），则有效值是从0到15范围内的任何整数。 如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]（有配置文件30a），则有效值是从0到30范围内所有2的倍数。
$HRT_{tx}^D$	有效值从0到2范围内的任何整数。
$HRT_{rx}^S$	如果相关建议书是 [ITU-T G.992.3]、[ITU-T G.992.5]或[ITU-T G.993.2]（无配置文件30a），则有效值是从1到16范围内的任何整数。 如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]（有配置文件30a），则有效值是从2到32范围内所有2的倍数。
$HRT_{rx}^D$	有效值从0到2范围内的任何整数。
$Q_{tx}$	有效值从1到63范围内的任何整数。 有效配置应与相关附件中定义的存储器兼容。
$lb$	有效值从1到31范围内的任何整数。 有效配置应使得 $lb \leq \min(31, Q_{tx})$ 。

### 8.6.3 强制性配置

支持的重传功能强制性配置应为有效配置的一个子集，他们应包括表8-3中规定的每个控制参数的配置及其强制值之一。

表8-3 – 重传功能的强制性配置

参数	能力
成帧类型	发射机应支持FramingType 1以及FramingType 2、3、4中至少一个。
$Q_{tx}$	应支持所有有效值。
$lb$	应支持所有有效值。

### 8.6.4 参数值的选择

定义参考发射状态机是为了允许接收机得到重传路径的设置（ $H$ ,  $Q$ ,  $V$ ,  $R$ ,  $L$ ）和队列时延的设置（ $Q_{tx}$ ）。这些设置基于以下约束条件：

- 对时延的约束：delay\_min、delay\_max。
- 对脉冲噪音的约束：INP\_min、INP\_min\_rein和iat\_rein\_flag。
- 对噪音的约束：SNR\_margin。
- 对速率的约束。

注 – 应采取预防措施确保接收机稳健，以防止非固定的RFI。



在最后一次发送相同的DTU之后，参考发射状态机将重传任一未确认的DTU，作为固定数量的DTU（即 $Q_{tx}$ ）。第一次发送相同的DTU加 $delay\_max$ 后，未确认的DTU不会重传。因此，使用参考发送状态机，有可能对同一个DTU进行不超过 $NRET = \left\lceil \frac{delay\_max \times f_s}{Q_{tx} \times Q \times S} \right\rceil$ 次的重传。

发射机报告的实际INP取决于实际的发射状态机。实际的发射状态机重传DTU的间隔可能不同于 $Q_{tx}$  DTUs。这些状态机的实例可以在附录I中找到。它们可能不同于利用从参考状态机得到的公式计算出的值。在MIB中报告的实际INP值应该是由发射机得到的值。

## 9 PMS-TC功能

PMS-TC功能模型由两个等待时间路径组成。但是，开销数据和用户数据的复用应有下述限制。

#0等待时间路径应该只包含开销信道，而不包含用户数据（即 $B_{0n} = 0$ ）。该等待时间路径支持FEC和交织。对于该等待时间路径，只允许减量的L、N、R和D组合。这些组合在各个附件中予以规定。

#1等待时间路径将仅承载#0承载的用户数据（即， $n \neq 0$ 时 $B_{1n} = 0$ ），且应通过重传保护。#1等待时间路径应使用第8.1和8.2款中所述的DTU成帧。

第9.3款描述了两个等待时间路径和RRC的复用。

### 9.1 扰码器

用于#1等待时间路径的PMS-TC扰码器应与相关建议书（[\[ITU-T G.993.2\]](#)第9.2款、[\[ITU-T G.992.3\]](#)第7.7.1.3款）中规定的PMS-TC扰码器相同，但其状态应在每个DTU的第一个比特上复位为全0。复位扰码器，以便在扰码之前或之后每个DTU的前两个字节是相同的。对于成帧类型1和2的DTU，这允许在解扰之前解码接收机的SID和TS。

### 9.2 FEC

对于遵照附件A的操作，FEC应与[\[ITU-T G.992.3\]](#)中的要求相同。在#0等待时间路径上使用的交织应该与[\[ITU-T G.992.3\]](#)中定义的卷积交织相同。

对于遵照附件B的操作，FEC应与[\[ITU-T G.992.5\]](#)中的要求相同。在#0等待时间路径上使用的交织应该与[\[ITU-T G.992.5\]](#)中定义的卷积交织相同。

对于遵照附件C的操作，FEC应与[\[ITU-T G.993.2\]](#)中的要求相同。在#0等待时间路径上使用的交织应该与[\[ITU-T G.993.2\]](#)中定义的卷积交织相同。

在#1等待时间路径上使用的交织应该是块交织。交织块的大小应有 $D_1 \times N_{FEC}$ 个字节，其中 $N_{FEC}$ 是RS码字的长度， $D_1$ 是交织深度。如果 $D_1 = 1$ ，则交织块等于一个RS码字。如果 $D_1 = Q$ （每个DTU的RS码字数），则交织块等于一个DTU。交织块内的每个字节 $B_k$ （在位置 $k$ 处输入，索引 $k$ 在间隔0到 $D_1 \times N_{FEC} - 1$ 中）应位于位置 $l$ 处的交织函数的的输出处（由 $l = i \times D_1 + j$ 得出，其中 $i = k \text{ MOD } N_{FEC}$ ， $j = \text{floor}(k/N_{FEC})$ ）。块交织器如图9-1a所示。

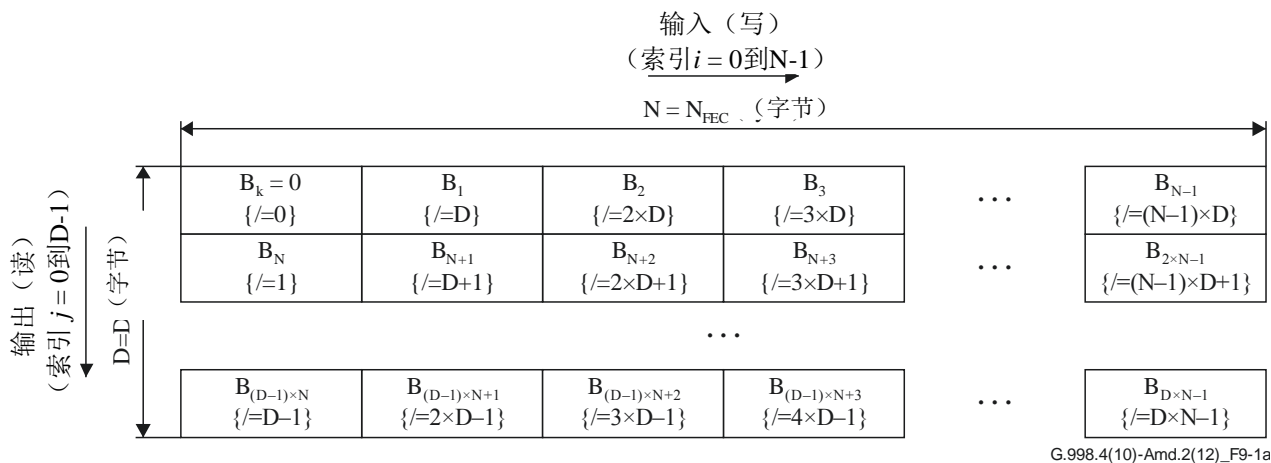


图9-1a – 块交织器示意图

### 9.3 等待时间路径复用器

RRC应首先映射到数据帧。然后，等待时间路径应该按照相关建议书的顺序进行映射。图9-1（[\[ITU-T G.993.2\]](#)）和图9-2（[\[ITU-T G.992.3\]](#)和[\[ITU-T G.992.5\]](#)）描述了RRC和等待时间路径的复用。

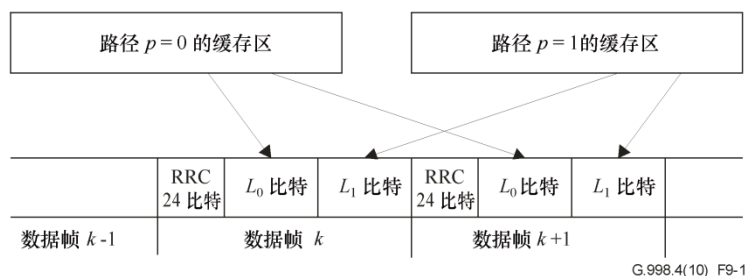


图9-1 – ITU-T G.993.2的RRC和等待时间路径复用

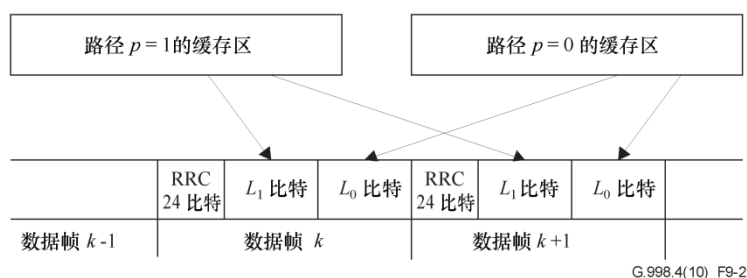


图9-2 – ITU-T G.992.3和ITU-T G.992.5的RRC和等待时间路径复用

### 9.4 成帧参数

以下条款给出了两个等待时间路径的成帧参数。对两种成帧参数进行了定义：

- 原始成帧参数：在初始化过程中交换的参数。
- 衍生成帧参数：可以使用原始参数作为输入来计算的参数。衍生参数可用于验证数据速率或原始参数有效性的附加限制。

#### 9.4.1 原始参数

表9-1列出了原始参数。

表9-1 – 原始成帧参数

参数	定义
$B_{pn}$	在#p等待时间路径中，来自承载信道n的每个MDF的字节数。 #1等待时间路径中每个MDF的字节数的实际数量可能在 $B_{1n}-V-W-2$ 和 $B_{1n}+1$ 之间变化，具体取决于DTU的成帧类型。
成帧类型	DTU成帧结构（注1）。
$Q$	每个DTU的RS码字数（注1）。
$D_1$	#1等待时间路径的交织深度。
$V$	每个DTU的填充字节数（注1）。
$R_p$	在#p等待时间路径中，每个Reed-Solomon码字的冗余字节数（注2）。
$M_p$	每个Reed-Solomon码字的MDF数（注2）
$L_p$	每个数据符号中传输的、来自#p等待时间路径的比特数（注2）。
$G_p$	OH子帧中的开销字节的总数（注3）。
$T_p$	携带 $G_p$ 开销字节的MDF数。
<p>注1 – 此参数仅适用于#1等待时间路径。</p> <p>注2 – #0等待时间路径只包含开销流量。该参数在#0等待时间路径中的有效值应该按照附件中所述进行限制。</p> <p>注3 – 如果相关建议书是<a href="#">ITU-T G.992.3</a>或<a href="#">ITU-T G.992.5</a>，则不定义该参数。在这种情况下，等效参数假定为特殊值0或1（参见表9-3）。</p>	

#### 9.4.2 衍生参数

表9-2列出了衍生参数。

表9-2 – 衍生成帧参数

参数	定义
$W$	CRC插入相关的DTU开销字节： <ul style="list-style-type: none"> <li>– 如果<math>FramingType = 1</math>，则<math>W = 0</math></li> <li>– 如果<math>FramingType = 2</math>或<math>3</math>，则<math>W = 1</math>，</li> <li>– 如果<math>FramingType = 4</math>的且相关建议书是<a href="#">ITU-T G.992.3</a>或<a href="#">ITU-T G.992.5</a>，则<math>W = 2</math>，</li> <li>– 如果<math>FramingType = 4</math>的且相关建议书是 <a href="#">ITU-T G.993.2</a>，则<math>W = 8</math></li> </ul>
$N_{FECp}$	Reed-Solomon码字大小： $N_{FEC1} = M_1 \times \left( B_{10} + \left\lceil \frac{G_1}{T_1} \right\rceil \right) + R_1$ $N_{FEC0} = M_0 \times \left\lceil \frac{G_0}{T_0} \right\rceil + R_0$ <p>按照约定，如果<math>G_l = T_l = 0</math> <math>\left\lceil \frac{G_l}{T_l} \right\rceil = 1</math>，。</p>
$H$	DTU中每个Reed-Solomon码字的有效载荷字节数： $H = N_{FEC1} - R_1$

表9-2 – 衍生成帧参数

参数	定义
$S_p$	在#p等待时间路径中，每个Reed-Solomon码字的数据符号数： $S_p = \frac{8 \times N_{FECp}}{L_p}$
$DTU_{framingOH}$	DTU成帧导致的相对开销： $\frac{V + W + 2}{Q \times H}$
$f_{DMT}$	DMT符号传输速率，单位为kHz。 – 如果相关建议书是[ITU-T G.992.3]或[ITU-T G.992.5].3125*16/17 kHz，则 $f_{DMT} = 4.3125*16/17$ kHz – 如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]，则在该建议书第10.4.4款中对 $f_{DMT}$ 予以规定。
$f_s$	数据符号传输速率，单位为kHz – 如果相关建议书是[ITU-T G.992.3]或[ITU-T G.992.5]，则 $f_s = 4$ kHz， – 如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]，则在该建议书第10.4.4款中对 $f_s$ 予以规定。
$TDR_p$	每个等待时间路径的总数据速率，单位为kbit/s： $TDR_p = L_p \times f_s$
$TDR$	总数据速率，单位为kbit/s： 如果在该方向有RRC，则 $TDR = \sum_p TDR_p + 24 \times f_s$ 。 如果在该方向没有RRC，则 $TDR = \sum_p TDR_p$ 。
$NDR_p$	每个等待时间路径的净数据速率： 如果启用重传，则 $NDR_1 = L_1 \times f_s \times \frac{H}{N} \times (1 - DTU_{framingOH})$ ，且 $NDR_0 = 0$ 。 如果禁用重传，每个等待时间路径的净数据速率在相关建议书中予以定义。
$OR_p$	每个等待时间路径的开销速率： 如果启用重传，则 $OR_0 = 8 \times f_s \times \frac{G_0 \times M_0}{S_0 \times T_0}$ ，且 $OR_1 = 0$ 。 如果禁用重传，每个等待时间路径的开销速率在相关建议书中予以定义。
$ADR_p$	每个等待时间路径的组合数据速率： $ADR_p = NDR_p + OR_p \text{ kbit/s.}$
$ADR$	组合数据速率： $ADR = \sum_p ADR_p + 12 \times f_s$ 如果在该方向有RRC，则 kbit/s。 $ADR = \sum_p ADR_p$ 如果在该方向没有RRC，则 kbit/s。

表9-2 – 衍生成帧参数

参数	定义
$RTxOH$	<p>需要重传开销防止出现最坏情况下的脉冲噪声环境（如在MIB和平稳噪声中所配置的情形一般）。</p> $RTxOH = REIN\_OH + SHINE\_OH + STAT\_OH$ <p>其中</p> <p>如果<math>INP\_min\_rein &gt; 0</math>，则<math>REIN\_OH = \left( \frac{INP\_min\_rein}{Q \times S_1} + 1 \right) \times Q \times S_1 \times \left( \frac{f_{DMT}}{f_{REIN}} \right)^{-1}</math>，</p> <p>其中<math>f_{REIN}</math>  <math>REIN</math>重复频率，单位为kHz。如果<math>INP\_min\_rein = 0</math>，则<math>REIN\_OH = 0</math>  <math>SHINE\_OH = SHINEratio</math>  <math>STAT\_OH = 10^{-4}</math></p>
$ETRu$	<p>无限制的预期吞吐量，单位为kbit/s：  <math>(1 - RTxOH) \times NDR</math></p>
$ETR$	<p>预期吞吐量，单位为kbit/s：  <math>ETR = \min(ETRu, ETR\_max)</math></p>

#### 9.4.3 有效配置

表9-3中列出了成帧参数的有效值以及任何附加约束条件。

表9-3 – 成帧参数的有效配置

参数	定义
$B_{pn}$	<p><math>B_{10}</math>的有效值是从0到254范围内的任何整数。  <math>B_{00}</math>、<math>B_{01}</math>和<math>B_{11}</math>的有效值是0。</p>
$FramingType$	有效值是1、2、3或4，分别对应成帧类型1~4（参见第8.1.1款~第8.1.4款）。
$Q$	<p>如果相关建议书是<a href="#">[ITU-T G.993.2]</a>，则<math>Q</math>的有效值是从1到64范围内的任何整数。</p> <p>如果相关建议书是<a href="#">[ITU-T G.992.3]</a>或<a href="#">[ITU-T G.992.5]</a>，则<math>Q</math>的有效值是从1到16范围内的任何整数。</p> <p>而且<math>Q</math>的有效配置应使得在<math>L_0</math>状态下<math>0.5 \leq Q \times S_1 \leq 4</math>。</p>
$D_1$	<p>如果相关建议书是<a href="#">[ITU-T G.992.3]</a>或<a href="#">[ITU-T G.992.5]</a>，则<math>D_1</math>的唯一有效值是1。</p> <p>如果相关建议书是<a href="#">[ITU-T G.993.2]</a>，则<math>D_1</math>的有效值是从1到64范围内的任何整数，但仅限于远端发射机建议的值集合（参见条款C.2.1.1和C.2.2.1）。而且<math>D_1</math>的有效值应使得<math>D_1 = Q</math>或者<math>D_1 = 1</math>。</p>
$V$	$V$ 的有效值是从0到15范围内的任何整数。
$R_p$	<p><math>R_1</math>的有效值是0、2、4、6、8、10、12、14或16。</p> <p><math>R_0</math>的有效值在附件A、B和C中定义。</p>
$M_p$	<p>如果<math>FramingType = 1</math>、2或3，则<math>M_1</math>的有效值是1。</p> <p>如果<math>FramingType = 4</math>，则<math>M_1</math>的有效值在第8.1.4款中定义。</p>

表9-3 – 成帧参数的有效配置

参数	定义
$L_p$	$L_1$ 的有效值与相关建议书中规定的#0等待时间路径的有效值相同。 $L_0$ 的有效值在附件A、B和C中予以定义。
$G_p$	如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]，则 $G_0$ 的有效值在附件C中予以定义。 如果相关建议书是[ITU-T G.992.3]或[ITU-T G.992.5]，则 $G_0$ 的有效值是1。 如果 $FramingType = 1、2$ 或3，则 $G_1$ 的有效值是0。 如果 $FramingType = 4$ ，则 $G_1$ 的有效值在第8.1.4款中定义。
$T_p$	$T_0$ 的有效值在附件A、B和C中定义。 如果 $FramingType = 1、2$ 或3，则 $T_1$ 的有效值是0。 如果 $FramingType = 4$ ，则 $T_1$ 的有效值在第8.1.4款中予以定义。
$N_{FECp}$	如果相关建议书是[ITU-T G.992.3]或[ITU-T G.992.5]，则 $N_{FEC1}$ 的有效值是从1到255范围内的任何整数。 如果相关建议书是[ITU-T G.993.2]，则 $N_{FEC1}$ 的有效值是从32到255范围内的任何整数。 $N_{FEC0}$ 的有效值在附件A、B和C中予以定义。
$S_1$	有效值与相关建议书中规定的#0等待时间路径的有效值相同。

#### 9.4.4 强制性配置

表9-4中列出了成帧参数的强制值。强制性配置适用于发射机端。

表9-4 – 成帧参数的强制性配置

参数	能力
$B_{pn}$	应支持所有有效值。
$FramingType$	发射机应支持 $FramingType = 1$ 以及其它 $FramingType$ 值（2、3、4）中至少一个。 接收机应支持发射机应支持 $FramingType = 1$ 或者全部 $FramingType = 2、3$ 和4。
$Q$	应支持所有有效值。
$D_1$	$D_1$ 的唯一强制值是1。
$V$	应支持所有有效值。
$R_p$	应支持所有有效值。
$M_p$	应支持所有有效值。
$L_p$	应支持的 $L_0$ 所有有效值。 $L_1$ 的强制值与相关建议书中规定的#0等待时间路径的强制值相同。
$G_p$	应支持所有有效值。
$T_p$	应支持所有有效值。
$N_{FECp}$	应支持所有有效值。
$S_1$	强制值与相关建议书中规定的#0等待时间路径的强制值相同。

## 9.5 脉冲噪音保护

在初始化过程中，接收机应选择成帧参数的值，以保证能够防止出现由相关MIB参数定义的最坏情况下的脉冲噪音环境。

这些MIB参数是：

- **INP\_min**: 抗SHINE脉冲的最小脉冲噪音保护，以 $\delta$ 参考点的DMT符号进行表示；
- **INP\_min\_rein**: 抗REIN脉冲的最小脉冲噪音保护，以 $\delta$ 参考点的DMT符号进行表示；
- **fREIN**: REIN的重复频率，单位为kHz。只能取两个值（0.1和0.12 kHz），通过 *iat\_rein\_flag* 进行配置。

最坏情况下的脉冲噪音环境假设：

- 每个脉冲都会导致重传与脉冲重叠的所有DTU；
- 每个脉冲都是最大长度（**INP\_min**或**INP\_min\_rein** DMT符号，取决于脉冲类型）；
- 假定SHINE脉冲是孤立的。

为了得到成帧器的设置，接收机应采用第8.6.4款中所述的发射机参考模型和最坏情况下的脉冲噪音环境。

以下条款列出了满足条件所必需的成帧参数约束条件。约束条件将根据单一类型脉冲（REIN或者SHINE）组成的脉冲噪音环境还是由REIN和SHINE混合组成的脉冲噪音环境而不同。

### 9.5.1 仅SHINE或仅REIN脉冲噪音环境

如果噪音环境仅包含单一类型的脉冲，成帧参数应满足如下所述的约束条件。在这些公式中，根据噪音环境的类型，**INP\_min** 应被解释为 **INP\_min**（对应SHINE INP）或 **INP\_min\_rein**（对应REIN INP）。

1. 发射机重传队列双程约束：

$$Q_{tx} \geq \left\lceil \frac{HRT_{tx}^S + HRT_{Rx}^S + 1}{S_1 \times Q} \right\rceil + HRT_{Tx}^{DTU} + HRT_{Rx}^{DTU} + 1$$

2. 接收机上重传重新调度FIFO。应该有一个  $N_{ret} \geq 1$  的整数，能够满足以下两个约束：

a. 
$$N_{ret} \times Q_{tx} \times S_1 \times Q \leq \lfloor delayMax \times f_{DMT} \rfloor - \lfloor delayMax \times f_{sync} \rfloor$$

b. 
$$N_{ret} \times Q_{tx} \geq \left\lceil \frac{INP\_min}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1$$

3. 如果**INP\_min\_REIN**大于0，则会包含额外的REIN约束：

$$N_{ret} \times Q_{tx} \leq \left\lfloor \left( \left\lfloor \frac{f_{DMT}}{f_{REIN}} - INP\_min\_rein \right\rfloor - \left[ \left( \frac{1}{f_{REIN}} - \frac{INP\_min\_rein}{f_{DMT}} \right) \times f_{sync} \right] \right) \times \frac{1}{S_1 \times Q} \right\rfloor - 1$$

在上面的等式中， $f_{sync}$ 是同步符号的重复率（单位为kHz）。

注 – 重传提供长度为**INP\_min**的SHINE脉冲校正，其到达间隔时间大于 $delay\_max + (S_1 \times Q \times Q_{tx})/f_s$ 。

## 9.5.2 SHINE-REIN混合脉冲噪声环境

如果噪声环境包含REIN和SHINE的混合脉冲噪声，成帧参数应满足如下所述的约束条件。

1. 重传发射机队列双程约束：

$$Q_{tx} \geq \left\lceil \frac{HRT_{tx}^S + HRT_{Rx}^S + 1}{S_1 \times Q} \right\rceil + HRT_{Tx}^{DTU} + HRT_{Rx}^{DTU} + 1$$

2. 接收机上重传重新调度的FIFO。应该有一个  $N_{ret} \geq 2$  的整数和一个  $k \geq 1$  的整数，能够满足以下两个约束：

$$a. \quad N_{ret} \times Q_{tx} \times S_1 \times Q \leq \lfloor delayMax \times f_{DMT} \rfloor - \lfloor delayMax \times f_{sync} \rfloor$$

$$b. \quad \left( N_{ret} \times Q_{tx} + \left\lceil \frac{INP\_min\_rein}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1 \right) \times S_1 \times Q \leq \left\lfloor \frac{k \times f_{DMT}}{f_{REIN}} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{k \times f_{sync}}{f_{REIN}} \right\rfloor \text{ and}$$

$$c. \quad N_{ret} \times Q_{tx} \geq \left\lceil \left( \left\lfloor \frac{(k-1) \times f_{DMT}}{f_{REIN}} + INP\_min\_rein \right\rfloor - \left\lfloor \left( \frac{(k-1)}{f_{REIN}} + \frac{INP\_min\_rein}{f_{DMT}} \right) \times f_{sync} \right\rfloor \right) \times \frac{1}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1$$

3. 参考发射状态机REIN约束：

$$\left( Q_{tx} + \left\lceil \frac{INP\_min\_rein}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1 \right) \times S_1 \times Q \leq \left\lfloor \frac{f_{DMT}}{f_{REIN}} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{f_{sync}}{f_{REIN}} \right\rfloor$$

4. 参考发射状态机SHINE约束：

$$\left\lceil \frac{INP\_min}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1 \leq (N_{ret} - 1) \times Q_{tx}$$

在上面的等式中， $f_{sync}$ 是同步符号的重复率（单位为kHz）。

注 – 重传提供长度为 $INP\_min$ 的SHINE脉冲校正，其到达间隔时间大于 $delay\_max + (S_1 \times Q \times Q_{tx})/f_s$ 。

## 10 PMD功能

PMD功能应符合相关建议书，以下条款除外。

### 10.1 MTBE的定义

误码事件平均间隔时间（MTBE）是两个误码事件之间的平均秒数。误码事件被定义为一个或多个连续的未纠正DTU块。

在平稳噪声中，可以假设每个误码事件由单个损坏的DTU组成。在这种情况下，MTBE可以按如下计算：

$$MTBE = \left( \frac{Measurement\_Time}{Number\_of\_uncorrected\_DTUs} \right)$$

其中：

**MTBE:** 单位为秒

**Measurement\_Time:** 单位为秒

**Number\_of\_uncorrected DTUs:** 是在接收机上检测到的错误DTU数，并且没有通过重传进行纠正。（参见第12条中的DTU计数器rtx-uc）



$f_s$ : 是数据符号率, 单位为ksymbols/s。

此计算仅在平稳噪音假设下有效。

## 10.2 信号噪音比余量的一般定义

如果在给定方向使用重传, 则在1 dB信号噪音比余量工作点定义参考MTBE。

因此, 信号噪音比余量等于1dB加上在所有相关频率处的参考噪音功率频谱密度(PSD)的最大增量(标量增益, 单位为dB), 这些频率上有源TPS-TC流的MTBE不低于为该TPS-TC流指定的最小MTBE(MTBE\_min, 参见第10.3款), 而不会改变PMD参数(如比特和增益)和PMS-TC参数(例如 $L_p$ , FEC参数), 且EFTR(见第11.2.2款)  $\geq$  ETR。重传后PMS-TC功能的输出参考MTBE(即 $\alpha_1/\beta_1$ 参考点)。

在测试信号噪音比余量期间, 只应使用平稳噪音(即不应存在脉冲噪音)。

参考噪音PSD的定义取决于[ITU-T G.992.3]、[ITU-T G.992.5]或[ITU-T G.993.2]中分别定义的控制参数SNRM\_MODE。

## 10.3 MTBE\_min的定义

最小MTBE(MTBE\_min)定义为14400秒(对应于平均4小时内一个误码事件)。

注 – 该值取自宽带论坛[b-TR-126], 对应HDTV质量。

## 10.4 MTBE加速测试

为了便于测试, 定义了一种特殊的测试模式, 其中重传不应由接收机请求, 也不应由发射机自主发送。只有在存在平稳噪音的情况下才能进行该测试。远端在eoc请求时应进入测试模式(参见A.3.1.3.1和C.3.1.3.1款)。

测试模式应通过设置RTX\_ENABLE = RTX\_TESTMODE来选择。通过eoc发送诊断命令, 强制远端进入该状态。

$P_{DTU}$ 定义为DTU容器被破坏的概率, 即DTU在单次传输中未被正确接收。在此测试模式下, 它可以从DTU计数器按如下方式计算得出:

$$P_{DTU} = \left( \frac{\text{Number\_of\_uncorrected\_DTUs}}{\text{Measurement\_Time}/T_{DTU}} \right)$$

其中:

Measurement\_Time: 单位为秒

$T_{DTU}$ : DTU的时长, 单位为秒

Number\_of\_uncorrected DTUs: 是在接收机上检测到的错误DTU数, 因为没有重传所以被检测为未纠正。因此, Number\_of\_uncorrected DTUs等于Number\_of\_errored DTUs。

在加速测试中,  $P_{DTU}$ 的要求是:

$$P_{DTU} \leq \frac{8.3333 \times 10^{-3}}{\sqrt{f_s}} \times (T_{DTU\_in\_DMT})^{1/2}$$

其中 $f_s$ 是符号率, 单位为Hz。

注 – 附录II提供了形成该要求的计算。

## 11 操作、管理和维护 (OAM) 管理功能

### 11.1 配置参数

#### 11.1.1 最小预期吞吐量 (MINETR\_RTX)

MINETR\_RTX是一个用于得到控制参数 $ETR_{min}$ 的配置参数，该控制参数规定了预期吞吐速率 $ETR$ 的最小允许值（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

MINETR\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围从0到相关建议书中规定的最小净数据速率的最高有效值，步长为1,000 bit/s。

控制参数 $ETR_{min}$ 是通过将MINETR\_RTX向上取整到下一个8 kbit/s的倍数而得出的。

#### 11.1.2 最大预期吞吐量 (MAXETR\_RTX)

MAXETR\_RTX是一个用于得到控制参数 $ETR_{max}$ 的配置参数，该控制参数规定了预期吞吐速率 $ETR$ 的最大允许值（参见第7条）。

它用于把ETR定义为极限值。

MAXETR\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大有效值，步长为1000 bit/s。

控制参数 $ETR_{max}$ 是通过将MAXETR\_RTX向下取整到下一个8 kbit/s的倍数而得出的，如果在相应方向上取整后 $ETR_{min} \leq ETR_{max}$ 。否则， $ETR_{max}$ 设置为 $ETR_{max} = ETR_{min}$ 。

#### 11.1.3 最大净数据速率 (MAXNDR\_RTX)

MAXNDR\_RTX是一个用于得到控制参数 $net_{max}$ 的配置参数，该控制参数规定净数据速率 $NDR$ 的最大允许值（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

MAXNDR\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大有效值，步长为1000 bit/s。

通过将MAXNDR\_RTX向下取整到下一个8 kbit/s的倍数而得出 $net_{max}$ 。

#### 11.1.4 最大时延 (DELAYMAX\_RTX)

DELAYMAX\_RTX是一个用于得到控制参数 $delay_{max}$ 的配置参数，该控制参数规定重传的最大允许时延（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

DELAYMAX\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围是1到63 ms，步长为1 ms。

控制参数 $delay_{max}$ 的值应与配置参数DELAYMAX\_RTX相同。

### 11.1.5 最小时延 (DELAYMIN\_RTX)

DELAYMIN\_RTX是一个用于得到控制参数 $delay\_min$ 的配置参数，该控制参数规定重传的最小允许时延（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

DELAYMIN\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围是0到63 ms，步长为1 ms。

控制参数 $delay\_min$ 的值应与配置参数DELAYMIN\_RTX相同。

### 11.1.6 对采用4.3125 kHz子载波间隔的系统进行抗SHINE的最小脉冲噪音保护 (INPMIN\_SHINE\_RTX)

INPMIN\_SHINE\_RTX是一个用于得到控制参数 $INP\_min$ 的配置参数（在采用4.3125 kHz子载波间隔的情况下），该控制参数规定抗SHINE的最小脉冲噪音保护（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

INPMIN\_SHINE\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

4.3125 kHz的取值范围是0到63 DMT符号，步长为1 DMT。

控制参数 $INP\_min$ 的值应与配置参数INPMIN\_SHINE\_RTX相同。

### 11.1.7 对采用8.625 kHz子载波间隔的系统进行抗SHINE的最小脉冲噪音保护 (INPMIN8\_SHINE\_RTX)

INPMIN8\_SHINE\_RTX是一个用于得到控制参数 $INP\_min$ 的配置参数（在采用8.625 kHz子载波间隔的情况下），该控制参数规定抗SHINE的最小脉冲噪音保护（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

INPMIN8\_SHINE\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

8.625 kHz的取值范围是0到127 DMT符号，步长为1 DMT。

控制参数 $INP\_min$ 的值应与配置参数INPMIN8\_SHINE\_RTX相同。

### 11.1.8 SHINERATIO\_RTX

SHINERATIO\_RTX是一个用于得到控制参数 $SHINERatio$ 的配置参数，该控制参数用于定义预期吞吐速率 $ETR$ （参见第7条）。

其下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围是0到0.1，步长为0.001。

注 – 通常情况下，运营商不能预先知道SHINE脉冲噪音环境的详细特性。因此，预计该参数将由运营商根据经验来设定。

控制参数 $SHINERatio$ 值的设定应与配置参数SHINERATIO\_RTX相同。

#### 11.1.9 对采用4.3125 kHz子载波间隔的系统进行抗REIN的最小脉冲噪音保护 (INPMIN\_REIN\_RTX)

INPMIN\_REIN\_RTX是一个用于得到控制参数 $INP_{min}$ 的配置参数（在采用4.3125 kHz子载波间隔的情况下），该控制参数规定抗SHINE的最小脉冲噪音保护（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

INPMIN\_REIN\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

4.3125 kHz的取值范围是0到7 DMT符号，步长为1 DMT。

控制参数 $INP_{min}$ 的值应与配置参数INPMIN\_REIN\_RTX相同。

#### 11.1.10 对采用8.625 kHz子载波间隔的系统进行抗REIN的最小脉冲噪音保护 (INPMIN8\_REIN\_RTX)

INPMIN8\_REIN\_RTX是一个用于得到控制参数 $INP_{min}$ 的配置参数（在采用8.625kHz子载波间隔的情况下），该控制参数规定抗REIN的最小脉冲噪音保护（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

INPMIN8\_REIN\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

8.625 kHz的取值范围是0到13 DMT符号，步长为1 DMT。

控制参数 $INP_{min}$ 的值应与配置参数INPMIN8\_REIN\_RTX相同。

#### 11.1.11 重传的REIN到达间隔时间 (IAT\_REIN\_RTX)

IAT\_REIN\_RTX是一个用于得到控制参数 $iat\_rein\_flag$ 的配置参数，该控制参数规定REIN到达间隔时间（参见第7条）。

它用于信道初始化策略和在线重新配置程序。

IAT\_REIN\_RTX的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

其值为0和1。

控制参数 $iat\_rein\_flag$ 的值应与配置参数IAT\_REIN\_RTX相同。

#### 11.1.12 声明“*lefr*”缺陷的阈值 (LEFTR\_THRESH)

LEFTR\_THRESH是一个用于得到控制参数 $lefr\_thresh$ 的配置参数，该控制参数规定用作声明 $lefr$ 缺陷阈值，单位为NDR（参见第7条）。

LEFTR\_THRESH的下行和上行值应在CO-MIB中配置。

取值范围是0.01到0.99，粒度为0.001，特殊值表示ETR应用作声明 $lefr$ 缺陷的阈值。

控制参数 $lefr\_thresh$ 的值应与配置参数LEFTR\_THRESH相同。

LEFTR\_THRESH的特殊值应映射到 $lefr\_thresh=0$ 。

声明 $lefr$ 缺陷的最小有效阈值是 $ETR/2$ 。如果运营商将阈值配置为小于 $ETR/2$ 的值，则接收机应使用 $ETR/2$ 。

### 11.1.13 重传模式 (RTX\_MODE)

RTX\_MODE是一个用于在初始化过程中控制重传激活的配置参数。

该参数有4个有效值：

- 0: RTX\_FORBIDDEN: 不允许ITU-T G.998.4重传。
  - 1: RTX\_PREFERRED: 运营商首选ITU-T G.998.4重传。  
(即如果两个XTU都支持ITU-T G.998.4 RTX性能, 那么XTU应该为这个方向选择ITU-T G.998.4操作。)
  - 2: RTX\_FORCED: 强制使用ITU-T G.998.4重传。  
(即如果两个XTU都不支持或都没选择这个方向上的ITU-T G.998.4 RTX能力, 则将导致初始化失败。)
- 注 – 由于ITU-T G.998.4重传在上行方向可选, 即使XTU支持ITU-T G.998.4 (下行), 在上行中使用RTX\_FORCED也可能导致初始化失败。
- 3: RTX\_TESTMODE: 在第10.4款所述的测试模式下强制使用ITU-T G.998.4重传。  
(即如果两个XTU都不支持或都没选择ITU-T G.998.4 RTX能力, 则会导致初始化失败。)

## 11.2 测试参数

以下条款中规定了ITU-T G.998.4特定的多个通用测试参数。

测试参数通过发射或接收功能进行计算/测量, 并应在请求时向近端管理实体报告。在Showtime期间, 近端管理实体应在请求时将测试参数值发送到远端管理实体, 使用测试参数读取附件中定义eoc命令。

下列测试参数应经请求从接收PMS-TC功能传递到近端ME:

- 预期吞吐量 (ETR)。
- 重传的实际时延 (*delay\_act\_RTX*)。

下列测试参数应在请求时从发射PMS-TC功能传输到近端ME:

- 抗SHINE的实际脉冲噪声保护 (*INP\_act\_SHINE*)。
- 抗REIN的实际脉冲噪声保护 (*INP\_act\_REIN*)。

### 11.2.1 预期吞吐量 (ETR)

表9-2定义了测试参数预期吞吐量 (ETR) :

$$ETR = \min(ETRu, ETR\_max) \text{ kbit/s}$$

其中:

*ETRu*: 是无限制的ETR, 计算如下

$$ETRu = (1 - RTxOH) \times NDR$$

它应由接收机在初始化时进行计算并在OLR时更新。

RTxOH (参见表9-2) 是预期速率损失, 单位为净数据速率 (NDR), 这是由于以下组合因素的影响:

- 抗最坏条件下 REIN 脉冲（如 CO-MIB 中的配置参数 INPMIN\_REIN\_RTX 和 IAT\_REIN\_RTX所述的脉冲）的脉冲噪音保护，；
- 抗最坏条件下 SHINE（如 CO-MIB 中的配置参数 INPMIN\_SHINE\_RTX 和 SHINERATIO\_RTX所述）的脉冲噪音保护，；
- 由校正平稳噪音错误形成的开销。

其有效值是从0到相关建议书中规定的最大净数据速率的最大有效值范围内的所有整数。

测试参数 $ETR$ 应表示为代表 $ETR$ 值（单位为kbit/s）的无符号32比特整数。这种数据格式支持1 kbit/s的粒度。

测试参数 $ETR$ 应映射到报告参数“实际数据速率”。下行和上行值应在CO-MIB中报告。

### 11.2.2 无差错吞吐量（ $EFTR$ ）

无差错吞吐量（ $EFTR$ ）定义为在1秒时间窗内、在 $\beta 1$ 参考点处计算的、DTU始发比特的平均比特率，该DTU在通过 $\beta 1$ 参考点时检测到不包含错误。1秒的时间窗是连续且不重叠的。由于使用本定义， $EFTR \leq NDR$ 。

$EFTR$ 应由接收机在Showtime期间计算。

应计算xTU处于Showtime状态的每一整秒的 $EFTR$ 。只为此类秒，才对 $EFTR$ 作出定义。

$EFTR$ 不是直接报告给ME的测试参数，而是间接用于定义相关参数 $EFTR_{min}$ 和 $leftr$ 缺陷。

### 11.2.3 抗SHINE的实际INP（ $INP_{act\_SHINE}$ ）

测试参数 $INP_{act\_SHINE}$ 被定义为在以下特定条件下重传时等待时间路径抗SHINE的实际INP：

假设抗REIN的脉冲噪音保护等于 $INP_{min\_rein}$

假设 $EFTR \geq ETR$

注1 – 如果发射机使用参考发射状态机（第8.6.4款），则重传时等待时间路径的实际INP是 $INP_{min}$ 的最大值，该最大值符合第9.5.1款或第9.5.2款中所述的约束条件和上述具体条件。

它应由发射机在初始化时进行计算并在OLR时更新。

测试参数 $INP_{act\_SHINE}$ 应表示为代表以下值的无符号16比特整数：单位为DMT符号，粒度为0.1个符号。

有效范围是从0到204.6。特殊值204.7表示204.7或更高的值。

注2 – 选择线性格式是为了简单起见，并不代表将来的精度要求。

测试参数 $INP_{act\_SHINE}$ 应映射到报告参数ACTINP。下行和上行值应在CO-MIB中报告。

### 11.2.4 抗REIN的实际INP（ $INP_{act\_REIN}$ ）

测试参数 $INP_{act\_SHINE}$ 被定义为如下最小值

- 1) 在以下特定条件下重传时等待时间路径抗REIN的实际INP：
  - 假设抗SHINE的脉冲噪音保护等于 $INP_{min\_SHINE}$ 。

- 假设 $EFTR \geq ETR$ ；且

注1 – 如果发射机使用参考发射状态机（第8.6.4款），则重传时等待时间路径抗REIN的实际INP是 $INP_{min\_rein}$ 的最大值，该最大值符合第9.5.1款或第9.5.2款中所述的约束条件和上述具体条件。

## 2) 携带开销信道的等待时间路径的实际INP。

它应由发射机在初始化时进行计算并在OLR时更新。

测试参数 $INP_{act\_REIN}$ 应表示为代表值的无符号8比特整数。它编码时的单位为DMT符号，粒度为0.1个符号。

取值范围是从0到25.4。特殊值25.5表示25.5或更高的值。

注2 – 选择线性格式是为了简单起见，并不代表将来的精度要求。

测试参数 $INP_{act\_REIN}$ 应映射到报告参数ACTINP\_REIN。下行和上行值应在CO-MIB中报告。

### 11.2.5 实际时延RTX ( $delay\_act\_RTX$ )

如果在给定发射方向上使用重传，则测试参数 $delay\_act\_RTX$ 被定义为由重传功能产生的、 $\alpha_1$ 和 $\beta_1$ 参考点之间时延的时间无关分量的实际值。根据成帧参数的实际设置，这可以计算为 $\alpha_1$ 和 $\beta_1$ 参考点之间的最小可能瞬时时延。

它应由接收机在初始化时进行计算并在OLR时更新。

测试参数 $delay\_act\_RTX$ 编码时的单位为ms（取整为最近的ms），应表示为无符号8比特整数。有效值范围是从0到63 ms。

测试参数 $delay\_act\_RTX$ 应映射到报告参数“实际时延”。下行和上行值应在CO-MIB中报告。

## 11.3 OAM线路相关原语

### 11.3.1 与线路有关的原语

根据相关建议书中的定义重新定义以下近端异常，它们仅限于携带DTU的#1等待时间路径：

- 前向纠错 $fec-p$  ( $p = 1$ )：即使这个Reed-Solomon码字是被丢弃或通过重传纠正的DTU的一部分，在收到通过FEC纠正的任何Reed Soloman码字时都会出现 $fec-p$ 异常。如果检测到错误并且不可纠正，则此异常不被断言。
- 循环冗余校验 $crc-p$  ( $p = 1$ )：由于携带DTU的等待时间路径没有CRC，通过每17ms间隔至少检测一个未纠正的DTU来重新定义 $crc-p$ 异常。

注1 –  $crc-p$ 不应与DTU成帧类型2、3和4中的CRC-8混淆。

注2 – 根据相关建议书，由重新定义的 $crc-p$ 异常以及其它异常或缺陷得出CV和ES。根据相关建议书，由重新定义的 $crc-p$ 异常以及其它异常或缺陷加ITU-T G.998.4建议书的 $seftr$ 缺陷得出SES。

携带开销信道的等待时间路径没有定义缺陷、异常和故障。

### 11.3.2 近端异常

本建议书没有定义近端异常。

### 11.3.3 近端缺陷

无差错吞吐率低 (*lefr*) 缺陷的定义如下:

对于已定义*EFTR*的秒:

- 如果*lefr\_thresh*设置为非0的值:  
*lefr*缺陷出现, 如果  $EFTR < \max(lefr\_thresh * NDR, ETR/2)$   
*lefr*缺陷终止, 如果  $EFTR \geq \max(lefr\_thresh * NDR, ETR/2)$
- 如果*lefr\_thresh*设置为特殊值0:  
*lefr*缺陷出现, 如果  $EFTR < 0.998 \times ETR$   
*lefr*缺陷终止, 如果  $EFTR \geq 0.998 \times ETR$

对于未定义*EFTR*的秒, *lefr*缺陷应终止或保持关闭状态。

无差错吞吐率严重损失 (*sefr*) 缺陷的定义如下:

对于已定义*EFTR*的秒, 如果 $EFTR < ETR/2$ 则*sefr*缺陷出现, 如果 $EFTR \geq ETR/2$ 则*sefr*缺陷终止。

对于未定义*EFTR*的秒, *sefr*缺陷应终止或保持关闭状态。

### 11.3.4 远端缺陷

本建议书没有定义远端缺陷。

## 11.4 功能监控参数

以下条款中规定了多个ITU-T G.998.4特定的通用性能监控参数。

性能监控参数通过发射或接收功能测量, 并应在请求时向近端管理实体报告。在Showtime期间, 近端管理实体应在请求时将测试参数值发送到远端管理实体, 使用管理计数器读取附件中定义的eoc命令。

下列性能监控参数应在请求时从接收PMS-TC功能传输到近端ME:

- 两个计数器
  - *lefr*缺陷秒计数器
  - 无差错比特计数器
- 一个参数
  - 最小无差错吞吐量 (*EFTR\_min*) 参数。

#### 11.4.1 “*lefr*” 缺陷秒计数器

这是一个存在近端 “*lefr*” 缺陷的秒的近端计数器。

它是一个32比特环绕计数器。电源接通时, 计数器必须复位。链路状态转换时, 计数器不得复位, 并且当读取数据时也不得复位。

上行值应作为近端值在CO-MIB中报告。

下行值应作为远端值在CO-MIB中报告。



### 11.4.2 无差错比特计数器

这是一个近端计数器，用于统计通过 $\beta 1$ 参考点传输的无差错比特数，除以 $2^{16}$ 。无差错比特是DTU始发的比特，该DTU在通过 $\beta 1$ 参考点时检测到不包含错误。

它是一个32比特环绕计数器。电源接通时，计数器必须复位。链路状态转换时，计数器不得复位，并且当读取数据时也不得复位。

上行值应作为近端值在CO-MIB中报告。

下行值应作为远端值在CO-MIB中报告。

### 11.4.3 最小无差错吞吐量 (*EFTR\_min*) 参数

性能监控参数最小无差错吞吐量 (*EFTR\_min*) 被定义为自上次读取*EFTR\_min*以来秒数中观测到的EFTR最小值，不包括以下秒：

- *EFTR*值小于 $ETR/2$ 的秒；
- 未定义*EFTR*的秒；
- 有*seftr*缺陷秒的前一秒；
- 有*seftr*缺陷秒的后一秒。

*EFTR\_min*应由接收机在Showtime期间测量。xTU-C管理实体（即[ITU-T G.993.2]的VME）应通过U接口上的eoc命令读取远端*EFTR\_min*。xTU-C管理实体应通过MPS-TC（即通过[ITU-T G.993.2]的 $\gamma_o$ 接口）读取来自近端接收PMS-TC的近端*EFTR\_min*。

有效值是从 $ETR/2$ 到相关建议书中规定最大NDR的最大有效值范围内的所有整数。

性能监控参数*EFTR\_min*应表示为代表*EFTR\_min*值的无符号32比特整数，单位为kbit/s。这种数据格式支持1 kbit/s的粒度。如果观测周期内未定义*EFTR*或在整个观测周期内总是小于 $ETR/2$ 或两种情况同时出现，*EFTR\_min*的值应设置为32比特特殊值0xFFFFFFFF<sub>16</sub>。

如果自前一次读取*EFTR\_min*以来没有完成*EFTR*测量，则应报告*EFTR\_min*的前一个值。

注1 – 以上要求包括两次通过eoc检索*EFTR\_min*的时间间隔少于1秒并且没有新的*EFTR*测量可用的情况，因为*EFTR*的更新间隔为1秒。

尽管是通过管理计数器读取eoc命令报告参数*EFTR\_min*，但此性能监控参数不是计数器。因此，适用于计数器的[ITU-T G.992.3]、[ITU-T G.993.2]和[ITU-T G.997.1]要求通常不适用于该参数。

通过Q接口报告给CO-MIB的参数MINEFTR被定义为在15分钟或24小时累计周期内观测到的*EFTR\_min*最小检索值。

XTU-C管理实体应检索远端*EFTR\_min*，以计算在Q接口上定义的远端MINEFTR。xTU-C管理实体应检索近端*EFTR\_min*，以计算在Q接口上定义的近端MINEFTR。

注2 – 近端和远端的检索频率取决于精确监控所需的实现情况。

上行MINEFTR值应作为近端值在CO-MIB中报告。

下行MINEFTR值应作为远端值在CO-MIB中报告。

## 11.5 信道初始化策略

由接收机选择这些值所使用的方法与实施方案有关。然而，在本地的PMD所提供的原始数据速率和编码增益的极限以内，选择出的值必须满足在交换阶段以前，发射机所交流的如下限制条件，包括：

- 净数据速率 $\geq$ 所有承载信道的最小净数据速率。
- $ETR \geq ETR_{min}$ 。
- 脉冲噪声保护至少阻止最坏REIN脉冲（由CO-MIB参数INPmin\_REIN和IAT\_REIN\_flag描述）和最坏SHINE脉冲（由CO-MIB参数INPmin描述）的组合威胁。
- 最小时延 $\leq$ 时延 $\leq$ 最大时延。
- SNR余量 $\geq$ TARSNRM。

若ATU之一设置了探测比特，在初始化程序完成时，发射机必须进入SILENT状态（见附件D），而不是SHOWTIME状态。

在这些约束条件下，接收机应根据下面优先级列表中所示的优先级来选择优化值。信道初始化策略仅适用于初始化期间选择交换值，但在Showtime期间不适用。

定义了以下信道初始化策略：

- 策略0，如果 $CIpolicy = 0$ ，则：
  - 1) 最大化ETR，直到ETR\_max限值
  - 2) 最大化NDR，直到net\_max限值
  - 3) 最大化余量，直到MAXSNRM
  - 4) 通过增益调整（参见[ITU-T G.993.2]第10.3.4.2款）将最大SNR余量MAXSNRM的超额余量最小化。可用其它控制参数实现此目的（如MAXMASK，参见[ITU-T G.993.2]第7.2.3款）。

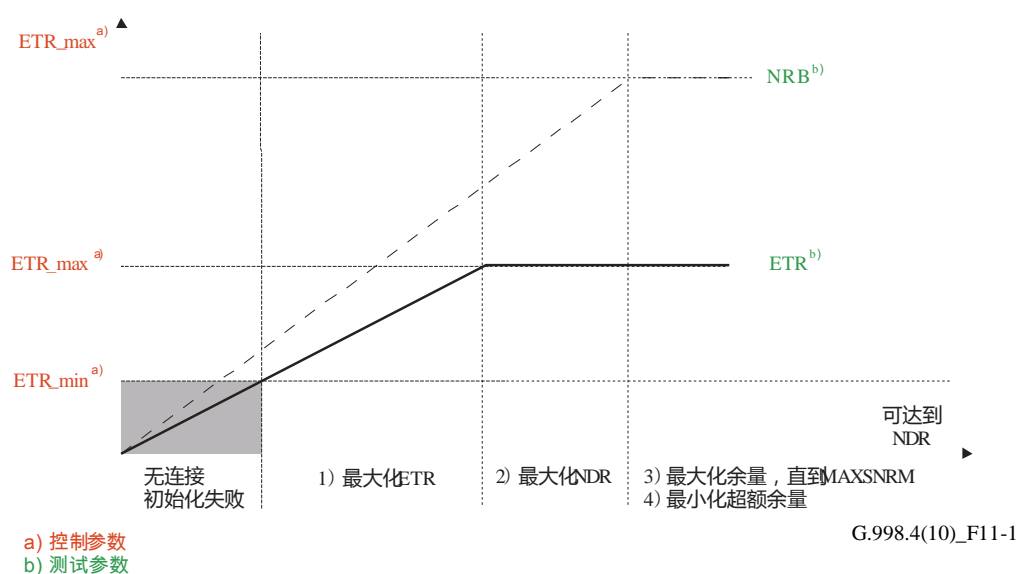


图11-1 –  $CIpolicy=0$ 示意图

必须支持信道初始化策略0。

非0的 $CIpolicy_n$ 参数值由ITU-T保留使用。

## 12 DTU计数器

为了重传功能的故障排除和测试，定义了三个DTU计数器来监控重传：

- 未纠正DTU的计数器（rtx-uc）：这个计数器在每次检测到一个错误DTU且在delay\_max约束内没有通过单次或多次重传纠正时就会增加；
- 纠正DTU的计数器（rtx-c）：这个计数器在每次检测到一个错误DTU且已通过重传成功纠正时就会增加；
- 发射机重传DTU的计数器（rtx-tx）：这个计数器在每次发射机重新发送一个DTU时就会增加。同一DTU的多次重传按照其重传次数进行统计。

这些计数器是32比特循环计数器，且应由xTU来维护。他们应在通过eoc请求时可用。电源接通时，计数器必须复位。链路状态转换时，计数器不得复位，并且当读取数据时也不得复位。

## 13 在线重新配置（OLR）

任何未下面的子条款中定义的在线重新配置（OLR）有待进一步研究。

### 13.1 比特交换

使用类型1 OLR开销信道消息进行的比特交换应按照相关建议书的规定进行：[\[ITU-T G.992.3\]](#)、[\[ITU-T G.992.5\]](#)和[\[ITU-T G.993.2\]](#)。

### 13.2 无缝速率自适应（SRA）

SRA应使用修改的类型5 OLR开销信道消息（在建议书ITU-T G.998.4（本建议书）相关附件中规定）。

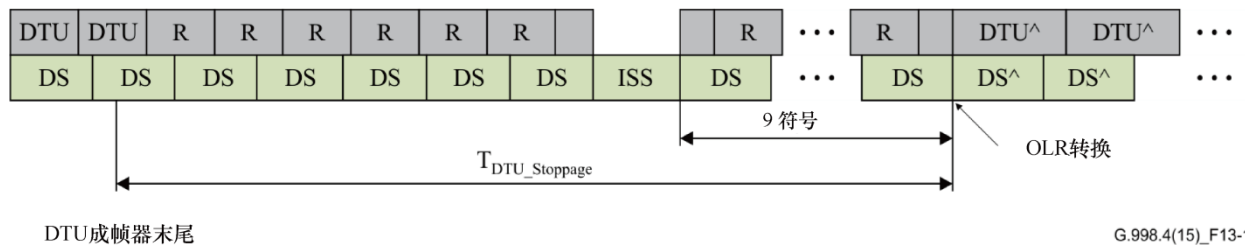
### 13.3 SOS

SOS应使用修改的类型6 OLR开销信道消息（在建议书ITU-T G.998.4（本建议书）相关附件中规定）。

注 – 类型6在相关建议书[\[ITU-T G.992.3\]](#)和[\[ITU-T G.992.5\]](#)中不支持。

### 13.4 类型5和类型6修改的OLR命令的转换机制

在重传发射机已经从重传接收机通过类型5 OLR开销信道消息收到SRA请求或通过类型6 OLR开销信道消息收到SOS请求时，该程序应如图13-1中所示，且在本条中进一步定义。



DS SRA/SOS转换执行前的数据符号  
ISS 在同步符号周期相关同步符号的正常位置的反向同步符号  
DS<sup>^</sup> SRA/SOS转换执行且应用新成帧后的数据符号  
DTU SRA/SOS转换前的DTU  
R 从重传缓存区传输的SRA/SOS转换前的DTU  
DTU<sup>^</sup> SRA/SOS转换后的DTU

图13-1 – 转换成新OLR配置参数的机制

在发送转换原语结束之前，DTU成帧器应停止一段时间（ $T_{\text{DTU-stoppage}}$ ）。

$T_{\text{DTU-stoppage}}$ 应为以下持续时间中的最大值：

- 满足 $INP_{\text{min}}$ 和 $INP_{\text{min\_rein}}$ 配置所需的最短停止时间；和
- 通过 $\text{delay\_min}$ 配置的最小时延。

注 – 如果使用发射机中的参考状态机，则满足 $INP_{\text{min}}$ 和 $INP_{\text{min\_rein}}$ 配置所需的最短停止时间等于 $N_{\text{ret}} * Q_{\text{tx}} * T_{\text{DTU}}$ ，其中 $N_{\text{ret}}$ 是满足第9.5款中规定的约束条件的最小整数。

在DTU成帧器停止后，来自重传缓冲区的DTU将被发送到重传复用器。如果发射机使用除参考状态机之外的其它发射状态机，在停止期间发送的DTU可能包含前向确认的DTU。

转换原语包括反向同步符号、ISS标记（如[ITU-T G.992.3]、[ITU-T G.992.5]和[ITU-T G.993.2]中定义），后跟开始用新成帧参数传输数据符号之前的9个瞬时DMT符号。

转换原语之后的第一个DMT符号应携带成帧改变后的第一个DTU。DTU开始点与DMT数据符号开始点之间的对齐应与进入Showtime时的对齐相同。

成帧改变后第一个DTU的 $\text{absoluteDTUcounts}$ 应被重置为0。在成帧改变后的第一个DTU被确认时，相反方向（相对于成帧改变相关的方向）的RRC应该按照第8.4.1款中规定的条件进行重置。

成帧改变后第一个DTU的SID字节应该重置为0，如同进入Showtime时。

在应用新成帧时，TS字节不应被重置，而是应在整个成帧过程中保持有效，使得它在OLR转换后仍然可以用于降低发射机和接收机 $\gamma$ 接口之间的延迟抖动。

## 附件A

### ITU-TG.992.3对ITU-TG.998.4的支持

(本附件是本建议书不可分割的组成部分。)

#### A.1 具体要求

对于[ITU-T G.992.3]，仅在下行方向定义重传（即仅在下行方向上发送DTU，且仅在上行方向上发送RRC）。

##### A.1.1 存储器

CO中的发射机重传队列的大小限制在下行交织器时延的一半（单位为字节），即：

$$Q_{tx} * Q * H \leq [\text{ITU-T G.992.3}] \text{的8001字节}$$

其中 $Q_{tx}$ 是DTU中发射机重传队列的长度。

接收机重传队列的最小存储器应与相关发射机队列的存储器量相同。

单位为字节的DTU最大长度（ $Q * H$ ）应为1024。

##### A.1.2 开销信道接入（ITU-T G.992.3第7.8.2补充款）

对于 $MSG_{LP} = 0$ ，开销信道应包含#0等待时间路径（如[ITU-T G.992.3]中 $MSG_{LP}=0$ 的规定）中，对等待时间路径#0附加约束条件：

- $L_0$ 应为8的倍数。
- $T_0 = 1$ 。
- $B_{0n}$ 应等于0。
- $R_0$ 应等于16。 $N_{FEC,0}$ 应大于或等于32。
- $D_0$ 的有效值应为1、2或4。
- $INP_0$ （如[ITU-T G.992.3]表7-7中规定的等待时间路径的INP）至少应为7。
- $N_0$ 、 $D_0$ 和 $L_0$ 之间应保持以下关系，以确保120 Hz时对REIN的稳健性。

$$\frac{8 \times N_{FEC,0} \times D_0}{L_0} \leq \left\lfloor \frac{f_{DMT}}{120Hz} \right\rfloor - 1 = 32, \text{ 其中 } f_{DMT} = \text{符号率 } 4312.5 * 16 / 17 \text{ Hz}.$$

##### A.1.3 复用

如果启用ROC，则RRC和 $L_0$ （ROC）比特可以共享通用子载波。应对RRC和 $L_0$ （ROC）使用相同的SNR余量偏移（ $SNR_{OFFSET-ROC}$ ）。

#### A.2 初始化

##### A.2.1 ITU-T G.994.1阶段（ITU-T G.992.3第K.x.10替换条款）

本条款描述修改[ITU-T G.992.3]中的ITU-T G.994.1消息，以便[ITU-T G.992.3]支持ITU-T G.998.4。

在ITU-T G.994.1阶段，只进行ATM TPS-TC功能的选择。ATM TPS-TC应在信道分析阶段通过C/R MSG1消息进行配置，并在交换阶段通过C/R PARAMS消息进行配置。

在ITU-T G.994.1阶段，只进行PTM TPS-TC功能的选择，并进行使用抢占和短包方面的配置。PTM TPS-TC的其余参数应在信道分析阶段通过C-MSG1/R-MSG1消息进行配置，并在交换阶段通过C-PARAMS/R-PARAMS消息进行配置。

#### A.2.1.1 ITU-T G.994.1能力列表消息

Spar (2) 比特ATM TPS-TC #0 RETX被添加到[ITU-T G.992.3](#)附件A/L、B、I、J和M的每个工作模式，表示ATM TPS-TC #0的下行方向支持重传。

Spar (2) 比特PTM TPS-TC #0 RETX被添加到[ITU-T G.992.3](#)附件A/L、B、I、J和M的每个工作模式，表示PTM TPS-TC #0的下行方向支持重传。

ATU-C应在CL消息中将Spar (2) 比特“Downstream ATM TPS-TC #0 RETX”设置为1，以表示CO-MIB在下行方向启用重传，并且ATU-C在下行方向支持ATM重传。

ATU-C应在CL消息中将Spar (2) 比特“Downstream PTM TPS-TC #0 RETX”设置为1，以表示CO-MIB在下行方向启用重传，并且ATU-C在下行方向支持PTM重传。

ATU-R应在CLR消息中将Spar (2) 比特“Downstream ATM TPS-TC #0 RETX”设置为1，以表示ATU-R在下行方向支持ATM重传。

ATU-R应在CLR消息中将Spar (2) 比特“Downstream PTM TPS-TC #0 RETX”设置为1，以表示ATU-R在下行方向支持PTM重传。

ATM-TC功能的该信息用表A.1中所示的ITU-T G.994.1信息块表示。

**表A.1 – STM-TC的CL和CLR消息的格式**

Spar (2) 比特	有关的Npar (3) 字节的定义
Downstream ATM TPS-TC #0 RETX	按下面的规定描述下行ATM-TC功能 #0（如果有的话）的配置的Npar (3) 字节的参数块。
	<b>Npar (3) 字节的参数块定义</b>
	ITU-T保留一个长度为一个字节的参数块。

将STM-TC的消息用ITU-T G.994.1信息的参数块来表示，如表A.2所示。



表A.2 – STM-TC的CL和CLR消息的格式

Spar (2) 比特	有关的Npar (3) 字节的定义
Downstream PTM TPS-TC #0 RETX	按下面的规定描述下行PTM-TC功能 #0 (如果有的话) 的配置的Npar (3) 字节的参数块。
	Npar (3) 字节的参数块定义
	长度为一个字节的参数块, 表示支持抢占和短报文。

### A.2.1.2 ITU-T G.994.1模式选择消息

当且仅当在前一个CL和CLR消息中Spar (2) 比特 “Downstream ATM TPS-TC #0 RETX” 设置为1时, MS消息中的Spar (2) 比特 “Downstream ATM TPS-TC #0 RETX” 才设置为1。否则它应设置为0。

当且仅当在前一个CL和CLR消息中Spar (2) 比特 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 设置为1时, MS消息中的Spar (2) 比特 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 才设置为1。否则它应设置为0。

Spar (2) 比特 “Downstream ATM TPS-TC #0 RETX” 和 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 中不应有超过一个设置为1。如果在前一个CL消息和前一个CLR消息中都设置这两个比特, 则由发送MS消息的实体选择将 “Downstream ATM TPS-TC #0 RETX” 或 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 设置为1。

如果 MS 消息中的 Spar (2) 比特 “Downstream ATM TPS-TC #0 RETX” 或 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 设置为1, 则 MS 消息中的 Spar (2) 比特 “Downstream STM TPS-TC #n”、“Downstream ATM TPS-TC #n” 和 “Downstream PTM TPS-TC #n” (其中 $n=0, 1, 2$ 和3) 均设置为0。

如果MS消息中的Spar (2) 比特 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 设置为1, 则 PTM TPS-TC应按照[ITU-T G.992.3](#)附件N工作, 当且仅当相关的Npar (3) “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 设置为1时才启用短包和抢占。

#### A.2.1.2.1 RTX\_ENABLE = FORCED时的ATU-C行为

如果在CO-MIB中将参数RTX\_ENABLE设置为值 “FORCED”, 且ITU-T G.994.1模式选择消息中将Spar (2) 比特 “Downstream ATM TPS-TC #0 RETX” 和 “Downstream PTM TPS-TC #0 RETX” 均设置为0, 则ATU-C发射机在完成ITU-T G.994.1阶段时应进入C-SILENT1状态。

这被认为是初始化失败, 初始化失败计数应增加, 并在MIB中指示初始化失败原因值6。这个故障代码应由ATU-C生成。

### A.2.2 信道分析阶段的TPS-TC配置 (ITU-T G.992.3第6.6.2替换条款)

本条款描述修改[ITU-T G.992.3](#)中初始化的信道分析消息, 以便[ITU-T G.992.3](#)支持ITU-T G.998.4。

C-MSG1消息应包括表A.3中所列的TPS-TC信息。TPS-TC信息包含映射到重传路径中的#0下行承载的配置要求。

表A.3 – TPS-TC C-MSG1信息的格式

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节0	[aaaa aaaa]比特7到0	比特aaaa aaaa给出#0下行承载最小吞吐率 ( <i>ETR_min</i> ) 的LSB, 表示为8 kbit/s的倍数。
字节1	[aaaa aaaa]比特15到8	比特aaaa aaaa给出#0下行承载最小吞吐率 ( <i>ETR_min</i> ) 的MSB, 表示为8 kbit/s的倍数。
字节2	[bbbb bbbb]比特7到0	比特bbbb bbbb给出#0下行承载最大吞吐率 ( <i>ETR_max</i> ) 的LSB, 表示为8 kbit/s的倍数。
字节3	[bbbb bbbb]比特15到8	比特bbbb bbbb给出#0下行承载最大吞吐率 ( <i>ETR_max</i> ) 的MSB, 表示为8 kbit/s的倍数。
字节4	[cccc cccc]比特7到0	比特cccc cccc给出#0下行承载最大净数据速率 ( <i>net_max</i> ) 的LSB, 表示为8 kbit/s的倍数。
字节5	[cccc cccc]比特15到8	比特cccc cccc给出#0下行承载最大净数据速率 ( <i>net_max</i> ) 的MSB, 表示为8 kbit/s的倍数。
字节6	[00dd dddd]比特7到0	比特dd dddd给出#0下行承载的最小脉冲噪声保护 ( <i>INP_min</i> ), 单位为DMT符号。
字节7	[eeee eeee]比特7到0	比特eeee eeee给出SHINERatio的值, 单位为0.001。
字节8	[000f 0ggg]比特7到0	比特ggg给出#0下行承载的抗REIN最小脉冲噪声保护 ( <i>INP_min_rein</i> ), 单位为DMT符号。比特f包含#0下行承载的REIN周期 ( <i>iat_rein_flag</i> )。如果f = 0, 则REIN周期为100 Hz。如果f = 1, 则REIN周期为120 Hz。
字节9	[00hh hhhh]比特7到0	比特hh hhhh给出#0下行承载的最大时延 ( <i>delay_max</i> ), 单位为ms。
字节10	[00ii ii]比特7到0	比特ii ii给出#0下行承载的最小时延 ( <i>delay_min</i> ), 单位为ms。
字节11	[0jjj jjjj]比特7到0	比特jjj jjjj给出#0下行承载的lefr缺陷阈值 ( <i>lefr_thresh</i> ), 表示为NDR的100倍。
字节12	[0000 00kk]比特7到0	比特kk给出#0下行承载的CI策略。
注 – 如果启用重传 (在下行方向), 下行和上行方向仅支持一个承载信道。		



## A.2.3 信道分析阶段的PMS-TC配置（ITU-T G.992.3第7.10.2替换条款）

### A.2.3.1 C-MSG1消息

C-MSG1消息中传输的PMS-TC信息格式如表A.4所示。

表A.4 – PMS-TC C-MSG1信息的格式

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节0	[0000 00aa]	比特aa给出ATU-Cf支持的有CRC-8的DTU 成帧类型： aa = 00由ITU-T保留。 aa = 01表示支持DTU成帧类型2（参见第8.1.2款）。 aa = 10表示支持DTU成帧类型3（参见第8.1.3款）。 aa = 11表示支持DTU成帧类型4（参见第8.1.4款）。
字节1	[00dd ssss]比特7到0	比特ssss和dd给出ATU-C的发射机半双程。比特ssss包含DMT符号中编码为0到15范围内整数的部分，比特dd包含DTU中编码为0到3范围内整数的部分。
字节2	[0000 bbbb]比特7到0	比特bbbb包含具有重传功能的等待时间路径中发射机支持的最大1/S值。该最大1/S值应该等于 $(n + 1)$ ，其中n编码为无符号4比特值bbbb，取值范围为0到15。在启用重传后，该值将取代ITU-T G.994.1中PMS-TC能力列表中与“ $S_{1min}$ ”字段交换的最大1/S值。

### A.2.3.2 R-MSG1消息

R-MSG1消息中传输的PMS-TC信息格式如表A.5所示。

表A.5 – PMSTC R-MSG1信息的格式

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节0	[0add ssss]比特7到0	比特ssss和dd给出ATU-R的接收机半双程。比特ssss包含DMT符号中编码为0到15范围内整数的部分，比特dd包含DTU中编码为0到3范围内整数的部分。 比特a表示CPARAMS_INP_FLAG的值。 CPARAMS_INP_FLAG = 1表示C-PARAMS符号重复 $(2 \times INP\_min\_rein + 1)$ 次。CPARAMS_INP_FLAG = 0表示不重复。

## A.2.4 交换阶段的PMS-TC配置（ITU-T G.992.3第7.10.3补充条款）

### A.2.4.1 R-PARAMS消息

在R-PARAMS消息中传输的PMS-TC信息的格式（[\[ITU-T G.992.3\]](#)中表7-21）应替换为表A.6中所述的格式。在R-PARAMS消息中传送的PMS-TC信息的长度不变。

表A.6 – PMS-TC PARAMS信息的格式

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节0	[p fff 0000]比特7到0	比特fff按这一节中的规定编初始化成功/失败码。 <a href="#">[ITU-T G.992.3]</a> . 比特b是检验比特。数值1表示现在的初始化用于自动模式检验。数值0表示现在的初始化是正常初始化。
字节1	[0001 1111]比特7到0	ITU-T保留
字节2	[1111 1111]比特7到0	ITU-T保留
字节3	[gggg gggg]比特7到0	比特gggggggg对MSG <sub>C</sub> 的值即对开销结构中的基于消息的部分中的字节数进行编码。等待时间路径#MSG <sub>LP</sub> 用于传送基于消息的开销信息。
字节4	[hhhh hhhh]比特7到0	比特hhhhhhhh给出了每一正被传送的复用数据帧的从承载信道#0来的字节数。这一值从集合{B <sub>00</sub> , B <sub>10</sub> , B <sub>20</sub> , B <sub>30</sub> }来的零或非零的值。
字节5-7	[0000 0000]比特7到0	由ITU-T保留
字节8	[0mmm mmmm]比特7到0	比特mmmmmmmm给出了等待时间路径#0的M <sub>P</sub> 的值。它们总是存在，并且不使用时置为0。
字节9	[tttt tttt]比特7到0	比特tttttttt给出了等待时间路径#0的T <sub>P</sub> 的值。它们总是存在，并且不使用时置为0。
字节10	[rrrr 0DDD]比特7到0	比特rrrr0DDD给出了等待时间路径#0的R <sub>P</sub> 和D <sub>P</sub> 的值。rrrr和DDD比特按表7-18中的规定进行编码。它们总是存在，并且不使用时置为0。
字节11	[llll llll]比特7到0	比特llllllll给出了等待时间路径#0的L <sub>P</sub> 值的LSB。它们总是存在，并且不使用时置为0。
字节12	[llll llll]比特15到8	比特llllllll给出了等待时间路径#0的L <sub>P</sub> 值的MSB。它们总是存在，并且不使用时置为0。
字节13	[0mmm mmmm]比特7到0	比特mmmmmmmm给出#1等待时间路径的M <sub>P</sub> 值。它们总是存在。对于DTU成帧类型1、2和3，该值设置为1。
字节14	[tttt tttt]比特7到0	比特tttttttt给出#1等待时间路径的T <sub>P</sub> 值。它们总是存在。对于DTU成帧类型1和2，该值设置为0；对于DTU成帧类型3，该值设置为Q。
字节15	[rrrr 0DDD]比特7到0	比特rrrr0DDD给出#1等待时间路径的R <sub>P</sub> 和D <sub>P</sub> 值。比特rrrr和DDD的编码如表7-18所示。它们总是存在。

表A.6 – PMS-TC PARAMS信息的格式

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节16	[iiii iii] 比特7到0	比特iiiiiii给出#1等待时间路径 $L_p$ 值的LSB。它们总是存在。
字节17	[iiii iii] 比特15到8	比特iiiiiii给出#1等待时间路径 $L_p$ 值的LSB。它们总是存在。
字节18	[0000 00aa] 比特7到0	比特aa给出所选的DTU成帧类型。它应编码为： 所选的DTU成帧类型，它应编码为 aa = 00，DTU成帧类型1（参见第8.1.1款）。 aa = 01，DTU成帧类型2（参见第8.1.2款）。 aa = 10，DTU成帧类型3（参见第8.1.3款）。 aa = 11，DTU成帧类型4（参见第8.1.4款）。 接收机选择发射机支持的成帧类型。
字节19	[0qqq qq] bits 7 to 0	每个DTU的Reed-Solomon码字数， $1 \leq Q \leq 16$ 。
字节20	[0000 vvvv] bits 7 to 0	每个DTU的填充字节数， $0 \leq V \leq 15$ 。
字节21	[jjjj jj] bits 7 to 0	参考状态机中的接收机使用的、同一DTU的两次连续传输之间的时延， $1 \leq Q_{Tx} \leq 63$ 。
字节22	[000n nnnn] 比特7到0	比特nnnnn对RRC信道的环回值（lb）进行编码。
字节23-27	[0000 0000] 比特7到0	由ITU-T保留

#### A.2.4.2 C-PARAMS消息

在C-PARAMS消息中传输的PMS-TC信息的第18-27字节格式（[\[ITU-T G.992.3\]](#)中表7-21）应设定为表A.7中所述的格式。在C-PARAMS消息中传输的PMS-TC信息的长度不变。

表A.7 – 修改后PMS-TC C-PARAMS信息的格式

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节18-22	[0000 0000] 比特7到0	由ITU-T保留
字节23-27	[0000 0000] 比特7到0	由ITU-T保留

此外，字节0的比特fff（它是表示初始化成功/失败的代码，参见[\[ITU-T G.992.3\]](#)表7-21）应基于本建议书中定义的信道初始化策略，而不是[\[ITU-T G.992.3\]](#)中的策略。

此外，如果 $delay\_max$ 小于实际双程（参见第8.6款），则应通过将初始化状态设置为010<sub>2</sub>（在线路上配置不可行）来指示初始化失败。实际双程取决于线路无关的XTU-C和XTU-R特性以及线路相关的DTU大小和数据速率。

如果其中一个ATU设置了非零成功/失败代码：

- 初始化失败次数应增加，
- PMS-TC PARAMS信息中的其它比特应设置为0，且
- 在初始化程序完成后，发射机应进入SILENT状态（参见[ITU-T G.992.3]附件D），而不是Showtime状态。

## A.2.5 初始化信息

### A.2.5.1 C-MSG1（ITU-T G.992.3第8.13.5.1.1补充条款）

[ITU-T G.992.3]表8-37应替换为表A.8。

表A.8 – C-MSG1前缀、消息和CRC长度

消息的部分	长度（比特或符号）
Prefix	32
<i>Npmd</i>	160
<i>Npms</i>	24
<i>Ntps</i>	104
<i>Nmsg</i>	288
<i>CRC</i>	16
<i>LEN_C-MSG1</i> （符号）	336

### A.2.5.2 R-MSG1（ITU-T G.992.3第8.13.5.2.3补充条款）

[ITU-T G.992.3]表8-38应替换为表A.9。

表A.9 – R-MSG1前缀、消息和CRC长度

消息的部分	长度（比特或符号）
Prefix	32
<i>Npmd</i>	32
<i>Npms</i>	8
<i>Ntps</i>	0
<i>Nmsg</i>	40
<i>CRC</i>	16
<i>LEN_R-MSG1</i> （符号）	88

### A.2.5.3 C-PARAMS（ITU-T G.992.3第8.13.6.1.4替代条款）

C-PARAMS状态的长度是固定的。在这一状态中，ATU-C必须发送*LEN\_C-PARAMS*个C-PARAMS符号，以每个符号（ $2 \times NSC\_C-PARAMS$ ）个比特调制C-PARAMS消息和CRC。*NSC\_C-PARAMS*的值必须按照ATU-R在R-MSG2消息中的指示，规定调制C-PARAMS消息所要使用的子载波的数目。C-PARAMS消息的脉冲噪声保护应等于 $INP\_CPARAMS = INP\_min\_rein \times CPARAMS\_INP\_FLAG$ ，其中*CPARAMS\_FLAG*由R-MSG2消息中ATU-R的指示。*LEN\_C-PARAMS*的值必须规定为（C-PARAMS消息和CRC的长度（比特））除以（ $2 \times NSC\_C-PARAMS$ ），并取整为更大的整数。

表A.10列出了在TPS-TC、PMS-TC和PMD层上总的C-PARAM消息的长度。TPS-TC、PMS-TC和PMD比特的每一类比特相应于偶数个字节。

**表A.10 – C-PARAMS 消息和CRC长度**

消息的部分	长度（比特或符号）
$N_{pmd}$	$96 + 24 \times NSC_{us}$
$N_{pms}$	224
$N_{tps}$	0
$N_{msg}$	$320 + 24 \times NSC_{us}$
CRC	16
$LEN\_C-PARAMS$ (长度单位为符号)	$\left\lceil \frac{336 + 24 \times NSC_{us}}{2 \times NSC\_C-PARAMS} \right\rceil \times (2 \times INP\_CPARAMS + 1)$
注 $\lceil x \rceil$ 表示取整为更大的整数。	

C-PARAMS消息m由下式确定：

$$m = \{tps_{N_{tps}-1}, \dots, tps_0, pms_{N_{pms}-1}, \dots, pms_0, pmd_{N_{pmd}-1}, \dots, pmd_0\} = \{m_{N_{msg}-1}, \dots, m_0\}$$

C-PARAMS消息传送3套分别与TPS-TC、PMS-TC和PMD配置有关的参数。TPS-TC参数在比特 $tps_{N_{tps}-1}$ 到 $tps_0$ 中传送，并在第6条中定义。PMS-TC参数在比特 $pms_{N_{pms}-1}$ 到 $pms_0$ 内传送，并在第7条中定义。PMD参数在比特 $pmd_{N_{pmd}-1}$ 到 $pmd_0$ 中传送，并在第8条中定义。

PMS-TC包含帧的配置参数。PMD参数包含上行子载波的比特表和增益表。

必须将CRC添加到该消息上。16个CRC比特必须根据 $N_{msg}$ 个消息 $m$ 比特计算出来，计算方法与对C-MSG-FMT消息计算CRC比特时所用的方法相同。

若要发送的消息和CRC比特的数目不是每一符号的比特数的整数倍（即不是 $(2 \times NSC\_C-PARAM)$ 的倍数），则消息和CRC比特必须进一步用0比特来填补，以使得要发送的比特的总数等于 $(2 \times NSC\_C-PARAM \times LEN\_C-PARAM)$ 。

C-PARAMS消息比特（连同CRC比特和填充比特一起）必须用下面的方程式对它加扰码：

$$d'_n = d_n \oplus d'_{n-18} \oplus d'_{n-23}$$

其中 $d_n$ 是对扰码器的第 $n$ 个输入（第1个输入为 $d_1$ ）；

和 $d'_n$ 是从扰码器的第 $n$ 个输出（第1个输出为 $d'_1$ ）；

并将扰码器初始化成当 $n < 1$ 时 $d'_n = 1$ 。

必须将要发送的比特首先输入到扰码器方程的最低有效位（第一个是 $m_0$ ，最后一个为 $m_{N_{msg}-1}$ ），后面紧随着第一个是 $c_0$ ，最后一个为 $c_{15}$ ，（如果有的话）再后面是填充比特。依靠扰码器的结构，扰码器的输出比特 $d'_n$ 到 $d'_{18}$ 分别等于 $m_0$ 到 $m_{17}$ 。

扰码器的输出必须以每个C-PARAMS符号 $(2 \times NSC\_C-PARAM)$ 个比特的速率发送（扰码器的第1个输出比特首先发送，诸如此类）。各对比特必须以子载波序号上升的次序映射到各子载波上，并且使用[ITU-T G.992.3]的表8-36中为C-REVERB符号规定的相同的4-QAM调制。每个C-PARAMS符号应重复并传输 $(2 \times INP\_CPARAMS + 1)$ 次。

C-PARAMS符号必须包含 $NSC\_C\_PARAM$ 个（载送消息比特的）子载波和C-TREF导频单音。其他子载波必须没有功率发送（即 $X_i = Y_i = 0$ ）。

C-TREF导频可能是 $NSC\_PARAMS$ 个（载送消息比特的）子载波的集的一部分。在这一情况下，C-TREF导频必须用消息比特来调制。否则，它必须以固定的{0,0} 4-QAM星座点来调制。

C-PARAMS状态后面必须是C-REVERB7状态。

### A.3 管理平面程序

#### A.3.1 测试参数读取命令（ITU-T G.992.3第9.4.1.10补充条款）

如表A.11所述，四个测试参数添加到[ITU-T G.992.3]表9-30。

ID =  $41_{16}$ 的参数包含由远端发射机得到的抗SHINE实际INP。它表示为一个无符号的16比特整数（0.1倍数）。通过单次读取命令可以从ATU-C获得这个参数。

ID =  $42_{16}$ 的参数包含由远端发射机得到的抗REIN实际INP。它表示为一个无符号的8比特整数（0.1的倍数）。通过单次读取命令可以从ATU-C获得这个参数。

ID =  $43_{16}$ 的参数包含由远端接收机得到的实际ETR。它表示为一个无符号的32比特整数（1 kbit/s的倍数）。通过单次读取命令可以从ATU-R获得这个参数。

ID =  $44_{16}$ 的参数包含由远端接收机得到的实际时延。它表示为一个无符号的8比特整数（1 ms的倍数）。通过单次读取命令可以从ATU-R获得这个参数。

表A.11 – 附加PMD测试参数ID值

测试参数ID	测试参数名称	单次读取所用长度	多次读取所用长度	块读取所用长度
$41_{16}$	远端RTX发射机的抗SHINE实际脉冲噪声保护 ( $INP\_act\_SHINE$ )	2字节	不适用	不适用
$42_{16}$	远端RTX发射机的抗REIN实际脉冲噪声保护 ( $INP\_act\_REIN$ )	1字节	不适用	不适用
$43_{16}$	RTX接收机的实际预期吞吐量 ( $ETR$ )	4字节	不适用	不适用
$44_{16}$	RTX接收机的实际时延 ( $delay\_act\_RTX$ )	1字节	不适用	不适用

#### A.3.2 管理计数器读取命令（ITU-T G.992.3第9.4.1.6补充条款）

将[ITU-T G.992.3]表9-19和[ITU-T G.992.3]表9-20分别替换为表A.12和表A.13。

“ $EFTR\_min$ ”字段包含由远端接收机得到的 $EFTR\_min$ 。它表示为无符号的32比特整数（1kbit/s的倍数）。如果在下行方向启用重传，该字段应出现在来自ATU-R的响应中。尽管是通过管理计数器读取eoc命令报告，但此性能监控参数并非代表某一计数器。因此，适用于计数器的[ITU-T G.992.3]和[ITU-T G.997.1]要求通常不适用于该参数。

表A.12 – 由应答方发出的管理计数器读取命令

消息长度 (字节)	元素名称 (命令)
PMS-TC的消息长度为 $2 + 4 \times N_c$ , TPS-TC的消息长度为可变	$81_{16}$ 后跟: 所有PMS-TC计数器值, 后跟所有TPS-TC计数器值。 所有其它字节值由ITU-T保留。
注 – $N_c$ 是PMS-TC相关计数器的数量, 下行方向报告中 $N_c=14$ , 上行方向报告中 $N_c=8$ 。	

表A.13 – ATU管理计数器的值

PMD & PMS-TC
FEC-0异常的计数器 (注1)
FEC-1异常的计数器 (注1)
CRC-0异常的计数器 (注1)
CRC-1 异常的计数器 (注1)
rtx-tx的计数器 (注3)
rtx-c的计数器 (注2)
rtx-uc的计数器 (注2)
FEC差错秒计数器
差错秒计数器
严重差错秒计数器
LOS 差错秒计数器
不可用差错秒计数器
“lefr” 缺陷秒计数器 (注2)
无差错比特计数器 (注2)
<i>EFTR_min</i> (注2)
TPS-TC
TPS-TC#0的计数器
注1 – ATU-R应包括#0和#1等待时间路径的FEC和CRC异常字段; #0等待时间路径的FEC和CRC应由供应商自行决定。ATU-C应仅包括#0等待时间路径的FEC和CRC异常字段。 注2 – 这些计数器只应包含在下行方向ATU-R到ATU-C的报告中。 注3 – 该计数器只应包含在上行方向ATU-C至ATU-R报告中。

### A.3.3 诊断命令和响应 (ITU-T G.992.3第9.4.1.2补充条款)

将[\[ITU-T G.992.3\]](#)表9-10替换为表A.14。



表A.14 – 由ATU-C发出的eoc命令

消息长度 (字节)	元素名称 (命令)
2	01 <sub>16</sub> 执行自测试
2	02 <sub>16</sub> 更新测试参数
2	03 <sub>16</sub> 开始发送出错的CRC
2	04 <sub>16</sub> 结束发送出错的CRC
2	05 <sub>16</sub> 开始接收出错的CRC
2	06 <sub>16</sub> 结束接收出错的CRC
2	07 <sub>16</sub> 进入重传测试模式
2	08 <sub>16</sub> 退出重传测试模式
2	80 <sub>16</sub> 确认
ITU-T保留所有其他字节的值。	

### A.3.3.1 重传测试模式

为MTBE的加速测试定义了一种特殊的测试模式（参见第10.4款）。定义诊断命令以便在Showtime期间进入或离开测试模式。

在收到Enter RTX\_TESTMODE命令后，ATU-R应通过ACK响应来确认它。之后，ATU-R应确认所有收到的DTU。

在接收到Leave RTX\_TESTMODE命令后，ATU-R将恢复其重传的正常行为。

### A.3.4 在线重新配置命令

为了使重传支持无缝速率自适应，另外定义了一种OLR请求（类型5）。该OLR请求应取代[ITU-T G.992.3]表9-7中的OLR请求类型02<sub>16</sub>和OLR请求类型03<sub>16</sub>。

表A.15描述了启动端接收机发出的OLR类型5命令的格式。收到该命令后，收发信机应触发其发射机的重新配置（按照第13.2款的规定），或产生OLR响应。表A.16描述了响应端发射机发送的OLR类型5命令的格式。原因码在[ITU-T G.992.3]第9.4.1.1款中予以定义。所有原因码适用于OLR类型5。

在每个类型5的OLR请求中，应选择新的成帧器设置，以满足所有配置约束条件。



表A.15 – 启动接收机发出的附加在线配置命令

消息长度（字节）	元素名称（命令）
$2 + 10 + 3 \times N_f$	<p>05<sub>16</sub> 请求类型5后跟：</p> <p>包含新<math>L_f</math>值的2个字节</p> <p>包含新<math>B_{10}</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>M_f</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>R_f</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>Q</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>V</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>Q_{tx}</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>lb</math>值的1个字节</p> <p>代表子载波数<math>N_f</math>的1个字节</p> <p>描述每个子载波的子载波参数字段的<math>3 \times N_f</math>个字节</p>

表A.16 – 相应发射机发出的附加在线配置命令

消息长度（字节）	元素名称（命令）
3	<p>84<sub>16</sub> 拒绝请求类型3后跟：</p> <p>代表原因码的1个字节</p>

### A.3.5 功率管理命令（ITU-T G.992.3第9.4.1.7替代条款）

有待进一步研究。

注 – 不支持与ITU-T G.998.4密切相关的低功率模式L2。所以，如果启用重传，L2请求不应该由ATU-C发送。有待进一步研究ITU-T G.998.4支持L2模式，包括改进低功率模式功能。

### A.4 控制参数修改OLR时间

本条款规定了OLR类型5中包含的参数修改时间。各种控制参数值的修改时间应按照第13条中规定的程序进行。

注 – 修改RS和DTU参数后，使用旧参数值编码的DTU不能再重传。调制解调器应该尝试确保在执行成帧参数更改之前，所有使用旧成帧参数编码的DTU都已被正确接收。这可以通过临时中断通过 $\alpha_1$ 接口传输新的DTU并在合适的时间段内自动重传来自重传队列的DTU来完成。该时间段不得超过 $T_{dtu-stoppage}$ 。

一个或多个子载波的 $b_i$ 和 $g_i$ 值的改变是通过改变相应的PMD控制参数（见[ITU-T G.992.3]表8-4）来实现的。

## 附件B

### ITU-TG.992.5对ITU-T G.998.4的支持

（本附件是本建议书不可分割组成部分。）

#### B.1 具体要求

对于[ITU-T G.992.5]，仅在下行方向定义重传（即仅在下行方向上发送DTU，且仅在上行方向上发送RRC）。

##### B.1.1 存储器

CO中的发射机重传队列的大小限制在下行交织器时延的一半，即：

- 如果ATU-C在C-MSG1中显示支持高达12000字节的重传队列（参见第B.3.1款），则ATU-R选择的 $Q_{TX}$ 、 $Q$ 和 $H$ 应使得：

$$Q_{tx} * Q * H \leq 12000 \text{ 字节 (ITU-T G.992.5)}$$

- 否则，ATU-R选择的 $Q_{TX}$ 、 $Q$ 和 $H$ 应使得：

$$Q_{tx} * Q * H \leq 8001 \text{ 字节 (ITU-T G.992.5)}$$

其中， $Q_{tx}$ 是DTU中发射机重传队列的长度。

接收机重传队列的最小存储器应与相关发射机队列的存储器量相同。

单位为字节的DTU最大长度（ $Q * H$ ）应为1024。

##### B.1.2 开销信道

开销信道应按第A.1.2款中的规定配置。

##### B.1.3 复用

如果启用ROC，则RRC和 $L_0$ （ROC）比特可以共享通用子载波。应对RRC和 $L_0$ （ROC）使用相同的SNR余量偏移（SNRMOFFSET-ROC）。

#### B.2 初始化

本条款描述修改ITU-T G.992.5中初始化的信道分析消息，以便支持与ITU-T G.992.5关联的ITU-T G.998.4。

初始化消息按第A.2条中的规定修改，但表A.4中的字节2应替换为表B.1中的字节2。C-MSG1的长度（LEN\_C\_MSG1）为 $336 + NSCds/4$ 或336，取决于是否应用开窗。

**表B.1 – PMS-TC C-MSG1信息的格式**

字节数 [i]	PMS-TC格式 比特[ $8 \times I + 7$ to $8 \times I + 0$ ]	说明
字节2	[c000 bbbb]比特7到0	<p>比特bbbb包含具有重传功能的等待时间路径中发射机支持的最大<math>1/S</math>值。该最大<math>1/S</math>值应该等于<math>(n + 1)</math>，其中<math>n</math>编码为无符号4比特值bbbb，取值范围为0到15。在启用重传后，该值将取代ITU-T G.994.1中PMS-TC能力列表中与“<math>S_{1min}</math>”字段交换的最大<math>1/S</math>值。</p> <p>比特c给出发射机重传队列的支持最大长度。如果支持的最大长度是8,001个字节，则它编码为0，如果支持的最大长度是12,000个字节，则它编码为1。</p>

### B.3 管理平面程序

管理平面程序应按照第A.3条中的规定，但第A.3.4款应替换为B.3.4和B.3.5款中的内容。

#### B.3.1 故意留空

#### B.3.2 故意留空

#### B.3.3 故意留空

#### B.3.4 在线重新配置命令

为了使重传支持无缝速率自适应，另外定义了一种OLR请求（类型5）。该OLR请求应取代[ITU-T G.992.5]表9-7中的OLR请求类型02<sub>16</sub>和OLR请求类型03<sub>16</sub>。

表B.2描述了启动端接收机发送的OLR类型5命令的格式。收到信号后，收发信机应触发其发射机的重新配置（按照第13.2款的规定），或产生OLR响应。表B.3描述了响应端发射机发送的OLR类型5命令的格式。原因码在[ITU-T G.992.3]第9.4.1.1款中定义。所有原因码适用于OLR类型5。

在每个类型5的OLR请求中，应选择新的成帧器设置，以满足所有配置约束条件。

**表B.2 – 启动端接收机发出的附加在线重新配置命令**

消息长度（字节）	元素名称（命令）
$2 + 11 + 4 \times N_f$	<p>05<sub>16</sub> 请求类型5后跟：</p> <p>包含新<math>L_f</math>值的2个字节</p> <p>包含新<math>B_{10}</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>M_f</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>R_f</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>Q</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>V</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>Q_{tx}</math>值的1个字节</p> <p>包含新<math>lb</math>值的1个字节</p> <p>代表子载波数<math>N_f</math>的2个字节</p> <p>描述每个子载波的子载波字段的<math>4 \times N_f</math>个字节</p>

**表B.3 – 响应发射机发出的附加在线重新配置命令**

消息长度（字节）	元素名称（命令）
3	<p>84<sub>16</sub> 拒绝请求类型3后跟：</p> <p>代表原因码的1个字节</p>

### **B.3.5 功率管理命令（ITU-T G.992.5第9.4.1.7替代条款）**

有待进一步研究。

注 – 不支持与ITU-T G.998.4相关联的低功率模式L2。所以，如果启用重传，L2请求不应该由ATU-C发送。有待进一步研究ITU-T G.998.4支持L2模式，包括改进低功率模式功能。

### **B.4 控制参数修改OLR时间**

控制参数修改的时间应按照第A.4条中的规定。

## 附件C

### ITU-T G.993.2对ITU-TG.998.4的支持

（本附件是本建议书不可分割的组成部分。）

#### C.1 具体要求

##### C.1.1 存储器

如下定义应适用：

$$\text{delay\_octet}_{DS,0} = (D_{DS,0} - 1) \times (I_{DS,0} - 1)$$

$$\text{delay\_octet}_{US,0} = (D_{US,0} - 1) \times (I_{US,0} - 1).$$

如下行方向启用重传，

$$\text{则} \quad \text{delay\_octet}_{DS,1} = 2 \times Q_{tx,DS} \times Q_{DS} \times H_{DS}$$

$$\text{否则} \quad \text{delay\_octet}_{DS,1} = (D_{DS,1} - 1) \times (I_{DS,1} - 1)$$

如在上行方向启用重传，

$$\text{则} \quad \text{delay\_octet}_{US,1} = 2 \times Q_{tx,US} \times Q_{US} \times H_{US}$$

$$\text{否则} \quad \text{delay\_octet}_{DS,1} = (D_{US,1} - 1) \times (I_{US,1} - 1)$$

如下约束条件应适用：

$$\text{delay\_octet}_{DS,0} + \text{delay\_octet}_{DS,1} + \text{delay\_octet}_{US,0} + \text{delay\_octet}_{US,1} \leq \text{MAXDELAYOCTET},$$

其中，MAXDELAYOCTET是参数“集合交织器和去交织器时延”，单位是字节，[\[ITU-T G.993.2\]](#)中的表6-1定义了模板。

VTU-O和VTU-R应支持（ $\text{delay\_octet}_{DS,0} + \text{delay\_octet}_{DS,1} + \text{delay\_octet}_{US,0} + \text{delay\_octet}_{US,1}$ ）的所有值，直到MAXDELAYOCTET最大值。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MAXDELAYOCTET/2字节。实际所用的存储器量是随设备而定的。

接收机重传队列的最小存储器应与同一方向相关发射机队列的存储器量相同。

单位为字节的DTU最大长度（ $Q \times H$ ）应等于表C.1给出的值，具体取决于传输模板和方向。

表C.1 – DTU最大长度

传输模板	DTU最大长度（ $Q \times H$ ）	
	下行	上行
8a、8b、8c、8d	2048个字节	512个字节
12a	2048个字节	1536个字节
17a	3072个字节	1536个字节
30a	3072个字节	3072个字节

配置参数MAXDELAYOCTET-split（MDOSPLIT）应适用于ITU-T G.998.4。如本条款定义的 $\text{delay\_octet}_{x,p}$ （其中 $x = \text{DS或US}$ 且 $p = 0$ 或 $1$ ），O-PMS中规定的max\_delay\_octet值之和（参见第C.2.1.3款）应限制为（见[\[ITU-T G.993.2\]](#)第11.4.2.7款）：

$$\text{max\_delay\_octet}_{DS,0} + \text{max\_delay\_octet}_{DS,1} \leq \text{MAXDELAYOCTET\_DS}$$

$$\max\_delay\_octet_{US,0} + \max\_delay\_octet_{US,1} \leqslant \text{MAXDELAYOCTET\_US}$$

### C.1.2 开销信道

如果O-TPS中启用ROC，则应使用ROC模式下的单个时延（参见[ITU-T G.993.2]第9.1款），且开销信道应使用[ITU-T G.993.2]中规定的ROC。

如果O-TPS中禁用ROC或者VTU-O或VTU-R不支持ROC，则应使用ROC模式下的单个时延（参见[ITU-T G.993.2]第9.1款），且开销信道应使用为ROC得出的、有以下配置的成帧参数（参见[ITU-T G.993.2]表12-47中的成帧器约束限制）：

- SNRMOFFSET-ROC = 0 dB，
- INPMIN-ROC = max(INPMIN\_REIN, 2)，

但是加载了开销信道比特的子载波可以共享加载了#1等待时间路径比特的子载波。

### C.1.3 复用

如果启用ROC，则RRC和L<sub>0</sub>（ROC）比特可以共享通用子载波。应对RRC和L<sub>0</sub>（ROC）使用相同的SNR余量偏移（SNRMOFFSET-ROC）。

### C.1.4 可达到的净数据速率

参见[ITU-T G.993.2]第11.4.1.1.7款。

注 – 环回诊断中计算ATTNDR时使用为4-QAM上的10<sup>-7</sup>误码率（无编码增益、无重传、INP<sub>min0</sub> = 0）定义的SNRGAP值。

#### C.1.4.1 可达到净数据速率的基础方法

请参见[ITU-T G.993.2]第11.4.1.1.7.1款。

#### C.1.4.2 可达到净数据速率的改进方法

支持可达到净数据速率的改进方法是可选的。

可达到净数据速率是接收PMS-TC和PMD功能能够支持的最大净数据速率，假设可达到净数据速率基础方法的条件（见第11.4.1.1.7.1款）和以下条件：

- 如果控制参数attndr\_method设置为1，则VTU-O和VTU-R应使用带有O-TPS中指示值的脉冲噪音保护限值INP<sub>min0</sub>（参见第C.2.1.2款）；
- 如果控制参数attndr\_method设置为2，则VTU-O和VTU-R应使用脉冲噪音保护限制INP<sub>min0</sub> = 0；
- 是否使用纠错解码与承载信道上的选择相同；
- 考虑成帧限制；
- 时延不小于为承载信道配置的最小时延（delay<sub>act0</sub> ≥ delay<sub>min0</sub>）；
- 考虑ATTNDR\_MDOSPLIT参数的值；
- 净数据速率既不受配置的最大净数据速率限制，也不受配置的最大ETR的限制；
- 考虑VTU-O和VTU-R的实际半双程时延；
- 信道初始化策略CIP = 0；
- 对于gi ≠ 0的所有子载波，发射PSD等于MREFPSD。

注1 – 由于配置的MAXMARGIN设置，配置的MAXNDR设置和供应商自行决定的发射功率降低（如由于AFE在动态范围波动导致 $g_i = 0$ 的子载波……），可能会降低发射功率，因此ATTNDR值可能会降低。

注2 – 基础方法没有指定多个条件来计算ATTNDR，这导致了供应商在报告的ATTNDR值中采取了自行决定行为。改进方法定义了附加条件，以减少实施中报告ATTNDR值的变化。

如果在Showtime期间报告重传禁用方向上的ATTNDR值，用于计算ATTNDR的以下参数也应通过eoc与ATTNDR值一起报告（参见[ITU-T G.993.2]第11.4.1.1.7.2款和表11-28a），且在CO MIB中也应与ATTNDR值一起报告（参见[ITU-T G.997.1]条款7.5.1.19和7.5.1.20）：

- ATTNDR\_INP\_act0（参见[ITU-T G.997.1]第7.5.1.41.2和7.5.41.3款）；
- ATTNDR\_delay\_act0（参见[ITU-T G.997.1]第7.5.1.41.6和7.5.41.7款）。

如果在Showtime期间报告重传启用方向上的ATTNDR值，用于计算ATTNDR的以下参数也应通过eoc与ATTNDR值一起报告（参见表C.1a），且在CO-MIB中也应与ATTNDR值一起报告（参见[ITU-T G.997.1]条款7.5.1.19和7.5.1.20）：

- ATTNDR\_INP\_act\_SHINE0（参见[ITU-T G.997.1]第7.5.1.41.2和7.5.41.3款）；
- ATTNDR\_INP\_act\_REIN0（参见[ITU-T G.997.1]第7.5.1.41.4和7.5.41.5款）；
- ATTNDR\_delay\_act\_RTX0（参见[ITU-T G.997.1]第7.5.1.41.6和7.5.41.7款）。

参数ATTNDR\_INP\_act\_SHINE0是计算ATTNDR时使用的远端抗SHINE实际脉冲噪音保护。实际脉冲噪音保护ATTNDR\_INP\_act\_SHINE0应表示为无符号16比特整数 $attn\_inp\_act\_shine_0$ ，ATTNDR\_INP\_act\_SHINE0的值定义为 $ATTNDR\_INP\_act\_REIN_0 = attn\_inp\_act\_rein_0 / 10$ 个DMT符号。此数据格式支持的ATTNDR\_INP\_act\_REIN0粒度为0.1个DMT符号。取值范围从0个DMT符号（表示为0）到204.6个DMT符号（表示为2046）。值2047是一个特殊值，表示大于204.6个DMT符号的ATTNDR\_INP\_act\_SHINE0。

参数ATTNDR\_INP\_act\_REIN0是计算ATTNDR时使用的远端抗REIN实际脉冲噪音保护。实际脉冲噪音保护ATTNDR\_INP\_act\_REIN0应表示为无符号8比特整数 $attn\_inp\_act\_rein_0$ ，ATTNDR\_INP\_act\_rein0的值定义为 $ATTNDR\_INP\_act\_SHINE_0 = attn\_inp\_act\_shine_0 / 10$ 个DMT符号。此数据格式支持的ATTNDR\_INP\_act\_SHINE0粒度为0.1DMT符号。取值范围从0个DMT符号（表示为0）到25.4个DMT符号（表示为254）。值255是一个特殊值，表示大于25.4个DMT符号的ATTNDR\_INP\_act\_REIN0。

参数ATTNDR\_delay\_act\_RTX0是计算ATTNDR时使用的远端实际时延。实际时延ATTNDR\_delay\_act\_RTX0应表示为无符号的8比特整数 $attn\_delay\_act\_rtx_0$ ，ATTNDR\_delay\_act\_RTX0的值定义为 $ATTNDR\_delay\_act\_RTX_0 = attn\_delay\_act\_rtx_0 / 10$  ms。此数据格式支持的ATTNDR\_delay\_act\_RTX0粒度为0.1 ms。取值范围从0 ms（表示为0）到25.4 ms（表示为254）。值255是一个特殊值，表示大于25.4 ms的ATTNDR\_DELAY\_act\_RTX0。

#### C.1.4.3 ATTNDR\_MAXDELAYOCTET分割（ATTNDR\_MDOSPLIT）

参见[ITU-T G.993.2]第11.4.2.8款。



#### C.1.4.4 ATTNDR测试参数读取命令及响应

参见[ITU-T G.993.2]第11.2.3.11款，其中ATTNDR测试参数的定义如表C.1a所示。

表C.1a – ATTNDR测试参数

字节数	基础方法	改进方法（重传禁用）	改进方法（重传启用）
1 - 4	<i>ATTNDR</i>	<i>ATTNDR</i>	<i>ATTNDR</i>
5	不适用	保留并设置为00 <sub>16</sub>	<i>ATTNDR_INP_act_SHINE</i> <sub>0</sub>
6	不适用	<i>ATTNDR_INP_act</i> <sub>0</sub>	
7	不适用	保留并设置为00 <sub>16</sub>	<i>ATTNDR_INP_act_REIN</i> <sub>0</sub>
8	不适用	<i>ATTNDR_delay_act</i> <sub>0</sub>	<i>ATTNDR_delay_act_RTX</i> <sub>0</sub>
注 – 字段的格式在第11.4.1.1.7款中定义。			

## C.2 初始化

VDSL2中支持ITU-T G.998.4是通过ITU-T G.994.1中的“ITU-T G.998.4扩展”码点和各种VDSL2初始化消息中的“ITU-T G.998.4参数字段”（如[ITU-T G.993.2]中定义）来实现的。本条款定义了ITU-T G.994.1中的“ITU-T G.998.4扩展”码点内容和相关初始化消息的“ITU-T G.998.4参数字段”内容。如果初始化消息没包含在下面的子条款中，该消息的ITU-T G.998.4参数字段应该是一个字节，其值为00<sub>16</sub>。

### C.2.0 ITU-T G.994.1握手阶段

初始化程序从ITU-T G.994.1握手阶段开始。在这个阶段，除了在定期握手阶段交换的参数（如[ITU-T G.993.2]中定义）之外，VTU-O和VTU-R应交换其ITU-T G.998.4扩展能力。基于这些能力，ITU-T G.998.4扩展的最终集合是在初始化的ITU-T G.994.1握手阶段过程中确定（参见[ITU-T G.994.1]表11.68.0.1和表11.68.11以及表C.1.1、C.1.2、C.1.3和C.1.4）。

表C.1.1 – VTU-O CL消息NPar（3）比特定义

ITU-T G.994.1 Npar (3) 比特	NPar（3）比特的定义
ITU-T G.998.4附件D 支持	如果设置为1，则该比特表示VTU-O支持ITU-T G.998.4附件D。 如果VTU-O收发信机符合ITU-T G.993.5标准，则该比特只能设置为1，但ITU-T G.993.2的Spar（2）第2字节中的“ITU-T G.993.5”比特设置为0；否则该比特应设置为0。 注 – 在早期版本的ITU-T G.998.4中，支持ITU-T G.993.5暗含支持附件D（即，ITU-T G.993.2的Spar（2）第2字节中的“ITU-T G.993.5”比特设置为1）。



**表C.1.2 – VTU-O CL消息NPar (3) 比特定义**

ITU-T G.994.1 Npar (3) 比特	NPar (3) 比特的定义
ITU-T G.998.4附件D 支持	<p>当且仅当在前一个CL消息和前一个CLR消息中均设置为1时，该比特才应置为1。</p> <p>如果设置为1，则该比特表示选择了ITU-T G.998.4附件D中的操作，即使该MS消息未指示选择ITU-T G.993.5。如果设置为0，则该比特表示未选择ITU-T G.998.4附件D中的操作。</p>

**表C.1.3 – VTU-O CL消息NPar (3) 比特定义**

ITU-T G.994.1 Npar (3) 比特	NPar (3) 比特的定义
ITU-T G.998.4附件D 支持	<p>如果设置为1，则该比特表示VTU-R支持ITU-T G.998.4附件D。</p> <p>如果ITU-T G.993.2的Spar (2) 第2字节中的“ITU-T G.993.5”比特设置为1，则该比特只能设置为1；否则该比特应设置为0。</p> <p>注 – 在早期版本的ITU-T G.998.4中，支持ITU-T G.993.5暗含支持附件D（即，ITU-T G.993.2的Spar (2) 第2字节中的“ITU-T G.993.5”比特设置为1）。</p>

**表C.1.4 – VTU-O CL消息NPar (3) 比特定义**

ITU-T G.994.1 Npar (3) 比特	NPar (3) 比特的定义
ITU-T G.998.4附件D 支持	<p>当且仅当在前一个CL消息和前一个CLR消息中均设置为1时，该比特才应置为1。</p> <p>如果设置为1，则该比特表示选择了ITU-T G.998.4附件D中的操作，即使该MS消息未指示选择ITU-T G.993.5。如果设置为0，则该比特表示未选择ITU-T G.998.4附件D中的操作。</p>

## **C.2.1 VTU-O消息**

### **C.2.1.1 O-MSG 1**

O-MSG 1消息包含VTU-O的能力。O-MSG 1的ITU-T G.998.4参数字段结构应如表C.2所示。

表C.2 – O-MSG 1的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
1	参数字段长度	1个字节	ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节总数。
2	重传支持	1个字节 [0000 000u]	表示VTU-O支持上行重传。
3	DTU选项	1个字节 [0000 0cba]	表示VTU-O发射机支持的可选成帧类型。
4	VTU-O半双程Tx	1个字节 [00ddssss]	VTU-O发射机半双程时延。
5	VTU-O半双程Rx	1个字节 [00ddsssss]	VTU-O接收机半双程时延。
6	DS $(1/S)_{max}$	1个字节 [0eeeeeee]	启用重传时，VTU-O在下行方向支持的最大1/S值。
7	US $(1/S)_{max}$	1个字节 [0eeeeeee]	启用重传时，VTU-O在上行方向支持的最大1/S值。
8	支持的下行 $D_1$ 值	1个字节 [eddddddd]	表示VTU-O发射机支持的可选块交织深度值。
9	LPMODE附件E支持	1个字节 [0000 00ab]	表示在下行方向启用LPMODE链路子状态L2.1和L2.2: 如果L2.1和L2.2都被禁用，则ab = 00 ab = 01由ITU-T保留使用 如果L2.1已启用且L2.2已禁用，则ab = 10 如果L2.1和L2.2都启用，则ab = 11

#1字段“参数字段长度”表示ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节数。数据字节是该长度指示符字节之后的字节（即从ITU-T G.998.4参数字段中的倒数第二字节起计数的所有字节）。包含此字节以允许不支持ITU-T G.998.4的CPE仍能正确解析O-MSG1。

#2字段“重传支持”表示VTU-O的上行重传能力。该字段应编码为一个字节[0000 000u]，其中：

- u = 0表示上行方向不支持重传。
- u = 1表示上行方向支持重传。

请注意，如果VTU-O包含的一个ITU-T G.998.4参数字段中含有一个非0数据字节数，则暗示支持下行重传。

#3字段“DTU选项”表示VTU-O发射机支持哪些可选的DTU成帧类型。该字段应编码为一个字节[0000 0abc]，其中：

- a = 1表示支持DTU成帧类型2（参见第8.1.2款）。
- b = 1表示支持DTU成帧类型3（参见第8.1.3款）。
- c = 1表示支持DTU成帧类型4（参见第8.1.4款）。

如果下行方向支持重传，比特a、b或c中至少有一个应设置为1。

#4字段“VTU-O半双程Tx”包含VTU-O发射机的半双程时延。该字段应编码为一个字节[00ddssss]，其中：

- ssss是一个4比特数字，用于表示4.3125 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（单位为DMT符号），或8.625 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（2个DMT符号的倍数）。
- dd是表示DTU的时延部分的两比特数字。

#5字段“VTU-O半双程接收机”包含VTU-O接收机的半双程时延。该字段应编码为一个字节[00ddssss]，其中：

- ssss是一个4比特数字，用于指示4.3125 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（单位为DMT符号），或8.625 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（2个DMT符号的倍数）。
- dd是表示DTU的时延部分的两比特数字。

#6字段“RTX的DS (1/S)<sub>max</sub>”包含VTU-O在下行方向启用重传时下行方向支持的最大1/S值。该字段应被编码为6 OLR8比特值，取值范围从1到64，步长为1。如果下行启用重传，该值取代O-MSG 1 PMS-TC能力字段中交换的DS (1/S)<sub>max</sub>值。

#7字段“RTX的US (1/S)<sub>max</sub>”包含VTU-O在上行方向启用重传时上行方向支持的最大1/S值。该字段应编码为6 OLR8比特值，取值范围从1到64，步长为1。如果上行启用重传，该值将取代O-MSG 1 PMS-TC能力字段中交换的US (1/S)<sub>max</sub>值。

#8字段“支持的下行D<sub>1</sub>值”包含#1等待时间路径上VTU-O发射机支持的下行块交织的深度值集合说明。该字段应编码为一个字节[eddddddd]，其中：

- ddddddd是一个7比特整数，表示支持的最大交织深度D<sub>1</sub>值；
- e设置为1表示VTU-O仅支持整数幂为2的D<sub>1</sub>值，否则设置为0。

#9字段“LPMode附件E的支持”表明是否在下行方向启用了LPMode链路子状态L2.1和L2.2（如附件E中所定义）。值ab取决于CO-MIB启用且VTU-O在下行方向支持LPMode链路子状态L2.1和L2.2。

如果启用重传，除非上文另有说明，否则在O-MSG 1其余部分交换的所有其它参数值应保持其原来的含义（如[ITU-T G.993.2](#)中所定义）。

### C.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的ITU-T G.998.4参数字段结构应如表C.3所示。

表C.3 – O-TPS的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
1	参数字段长度	1个字节	ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节总数。
2	启用重传	1个字节 [0000 00ud]	表明重传是否启用或禁用（每个传输方向）。
3	下行 $ETR_{max}$	2个字节	承载信道描述符扩展，包含下行方向的最大ETR。
4	下行 $ETR_{min}$	2个字节	承载信道描述符扩展，包含下行方向的最小ETR。
5	下行最小时延	1个字节	承载信道描述符扩展，包含下行承载信道的下行最小时延要求（注）。
6	下行 $INP_{min\_REIN}$ 和 $iat\_REIN\_flag$	1个字节 [f00mmmmm]	承载信道描述符扩展，包含下行抗REIN最小INP和下行方向REIN到达间隔时间。
7	下行 $SHINratio$	1个字节	下行 $SHINratio$ 值。
8	上行最小时延	1个字节	承载信道描述符扩展，包含上行承载信道的上行最小时延要求（注）。
9	上行 $INP_{min\_REIN}$ 和 $iat\_REIN\_flag$	1个字节 [f00mmmmm]	承载信道描述符扩展，包含上行抗REIN最小INP和下行方向REIN到达间隔时间。
10	下行 $lefr\_thresh$	1个字节 [0iii iii]	比特iii iii给出下行 $lefr\_thresh$ 值。
11	CI策略	1个字节 [0000 000p]	下行信道初始化策略。
12	ITU-T G.998.4 LPMode参数字段	可变长度	附件E中定义的LPMode的控制参数。
注 – 如果在下行方向或上行方向或两个方向均启用重传，下行和上行方向仅支持一个承载信道。			

#1字段“参数字段长度”表示ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节数。数据字节是该长度指示符字节之后的字节（即从ITU-T G.998.4参数字段中的倒数第二字节起计数的所有字节）。包含此字节以允许不支持ITU-T G.998.4的CPE仍能正确解析O-TPS。

#2字段“启用重传”表明上行或下行方向是否启用重传。该字段应编码为一个单字节[0000 00ud]，其中：

- u = 0表示上行方向没启用重传。
- u = 1表示上行方向启用重传。

- $d = 0$ 表示下行方向没启用重传。
- $d = 1$ 表示下行方向启用重传。

如果在下行方向上没有启用重传，ITU-T G.998.4参数字段中与下行传输相关的其余字节应在发射机上设置为0，并在接收机上忽略。

如果在上行方向上没有启用重传，ITU-T G.998.4参数字段中与上行传输相关的其余字节应在发射机上设置为0，并在接收机上忽略。

#3字段“下行 $ETR_{max}$ ”包含下行承载信道的 $ETR_{max}$ （如第7条中定义）。该字段应编码为无符号的16比特整数，其中数据速率表示为8 kbit/s的倍数。

#4字段“下行 $ETR_{min}$ ”包含下行承载信道的 $ETR_{min}$ （如第7条中定义）。该字段应编码为无符号的16比特整数，其中数据速率表示为8 kbit/s的倍数。

#5字段“下行 $ETR_{min}$ ”包含下行承载信道的最小时延要求（ $delay_{min}$ ）。该字段应编码为一个单字节。其有效值如表7-2所示。

#6字段“下行 $INP_{min\_REIN}$ 和 $iat\_REIN\_flag$ ”包含下行方向上为REIN保护假定的最小INP和到达间隔时间。该字段应编码为一个字节[f00m mmmmm]，其中：

- mmmmm是一个五比特数字，包含在下行方向上抗REIN脉冲所需的最小INP保护（ $INP_{min\_REIN}$ ）。其有效值如表7-2所示。
- f是表示REIN脉冲频率的标志，其中：
  - $f = 0$ 表示REIN的重复频率为100 Hz（ $iat\_REIN\_flag = 0$ ）。
  - $f = 1$ 表示REIN的重复频率为120 Hz（ $iat\_REIN\_flag = 1$ ）。

#7字段“ $SHINERatio$ ”包含下行传输的 $SHINERatio$ 。 $SHINERatio$ 值通过8比特值乘以0.001得出。其有效值如表7-2所示。

#8字段“上行最小时延”包含上行承载信道的最小时延要求。该字段应编码为一个字节。其有效值如表7-2所示。该信息可以被发射状态机中的VTU-R中使用。

#9字段“上行 $INP_{min\_REIN}$ 和 $iat\_REIN\_flag$ ”包含上行方向上为REIN保护假定的最小INP和到达间隔时间。该字段应编码为一个字节[f00m mmmmm]，其中：

- mmmmm是一个五比特数字，包含在上行方向上抗REIN脉冲所需的最小INP保护（ $INP_{min\_REIN}$ ）。有效值如表7-2所示。
- f是表示REIN脉冲频率的标志，其中：
  - $f = 0$ 表示REIN的重复频率为100 Hz（ $iat\_REIN\_flag = 0$ ）。
  - $f = 1$ 表示REIN的重复频率为120 Hz（ $iat\_REIN\_flag = 1$ ）。

#10字段“下行 $leftr\_thresh$ ”包含下行传输中声明 $leftr$ 缺陷的阈值。 $LEFTR\_THRESH$ 值通过7比特值乘以0.01得出。其有效值如表7-2所示。特殊值0表示ETR应用作 $leftr$ 缺陷的阈值。

#11字段“CI策略”表示在下行方向上应使用的信道初始化策略。该字段应编码为[0000 000p]，其中：

- p = 0表示应使用CIpolicy 0。
- p = 1由ITU-T保留。

#12字段是由整数个字节组成的可变长度字段。它的格式如表E.3所示。如果VTU-O在O-MSG 1中表明启用LPMode链路子状态L2.1，并且VTU-R在R-MSG 2中表明它支持LPMode链路子状态L2.1，则该字段的长度应为9个字节。否则，该字段的长度可能为1字节，值为00<sub>16</sub>。

如果下行方向启用重传，在O-TPS中交换的其余参数值应保持其原有含义（如[ITU-T G.993.2]中所定义），但以下情况除外：

- 下行承载信道描述符中的字段 $net\_min_n$ （参见[ITU-T G.993.2]表12-42）应设置为0。
- 下行承载描述符中的字段 $net\_max_n$ 应包含第7条中定义的下行 $net\_max$ 。
- 下行承载信道的脉冲噪声保护字段中的字段 $INP\_min_n$ （参见[ITU-T G.993.2]表12-42）应包含表7-2中定义的下行最小脉冲噪声保护。
- 下行承载信道描述符的TPS-TC选项字段的CIpolicy比特（参见[ITU-T G.993.2]表12-42）应被忽略，并替换为O-TPS的ITU-T G.998.4参数字段中包含的信息。
- 下行承载信道描述符的最大交织时延字段应包含表7-2中定义的下行 $delay\_max$ 。

如果上行方向启用重传，在O-TPS中交换的其余参数值应保持其原有含义（如[ITU-T G.993.2]中所定义），但以下情况除外：

- 上行承载信道描述符中的字段 $net\_min_n$ （参见[ITU-T G.993.2]表12-42）应设置为0。
- 上行承载描述符中的字段 $net\_max_n$ 应包含第7条中定义的上行 $net\_max$ 。
- 上行承载信道的脉冲噪声保护字段中的字段 $INP\_min_n$ （参见[ITU-T G.993.2]表12-42）应包含表7-2中定义的上行最小脉冲噪声保护。
- 上行承载信道描述符的TPS-TC选项字段的CIpolicy比特（参见[ITU-T G.993.2]表12-42）应被忽略，并替换为ITU-T G.998.4参数字段中包含的信息。
- 上行承载信道描述符的最大交织时延字段应包含表7-2中定义的上行 $delay\_max$ 。

### C.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。O-PMS的ITU-T G.998.4参数字段结构应如表C.4所示。

如果上行方向没有启用重传（如O-TPS的ITU-T G.998.4参数字段所示），且VTU-O在任何方向都不支持OLR，则O-TPS的ITU-T G.998.4参数字段可能被VTU-O留空（即由一个单字节组成，值为0）。

表C.4 – O-PMS的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
1	参数字段长度	1个字节	ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节总数。
2	DTU选项	[0000 00aa]	上行方向选择的DTU成帧类型。
3	$Q$	1个字节	上行方向上每个DTU的Reed-Solomon码字数。
4	$V$	1个字节	上行方向上每个DTU的填充字节数。
5	$Q_{tx}$	1个字节	同一个DTU两次连续传输之间的时延（表示为DTU数）。
6	$lb$	1个字节	用于计算携带上行重传请求的RRC中（即在下行方向传输的RRC中）所交换值的环回值。
7	ITU-T G.998.4中的下行OLR能力	1个字节	如果下行方向启用重传，它表示在下行方向支持各种OLR机制。
8	ITU-T G.998.4中的上行OLR能力	1个字节	如果上行方向启用重传，它表示在上行方向支持各种OLR机制。
9	$D_I$	1个字节	上行方向上的块交织深度。

#1字段“参数字段长度”表示ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节数。数据字节是该长度指示符字节之后的字节（即从ITU-T G.998.4参数字段中的倒数第二字节起计数的所有字节）。包含此字节以允许不支持ITU-T G.998.4的CPE仍能正确解析O-PMS。

#2字段“DTU选项”表示在上行方向支持哪些可选的DTU成帧类型。该字段应编码为[0000 00aa]，其中：

- aa = 00表示应使用DTU成帧类型1（参见第8.1.1款）。
- aa = 01表示应使用DTU成帧类型2（参见第8.1.2款）。
- aa = 10表示应使用DTU成帧类型3（参见第8.1.3款）。
- aa = 11表示应使用DTU成帧类型4（参见第8.1.4款）。

所选值应与R-MSG2中所示VTU-R上支持的可选成帧类型一致。

#3字段“ $Q$ ”表示在上行方向上每个DTU的Reed-Solomon码字数。 $Q$ 的取值范围为1到64（含）。

#4字段“ $V$ ”表示在上行方向上每个DTU的填充字节数。 $V$ 的取值范围为0到15（含）。

#5字段“ $Q_{tx}$ ”表示由VTU-O假设的发射参考状态机中同一个DTU两次连续上行传输之间的时延（表示为DTU数）。 $Q_{tx}$ 的取值范围为1到64（含）。

#6字段“*lb*”包含用于计算携带上行重传请求的RRC中（即在下行方向传输的RRC中）所交换值的环回值。*lb*的取值范围为1到31。

#7字段“ITU-T G.998.4的下行OLR能力”表示如果下行方向启用重传，VTU-O在下行方向支持哪种可选OLR机制。该字段编码为[0000 00us]，其中：

- 如果支持OLR类型5（为ITU-T G.998.4修改SRA）， $s = 1$ ，否则 $s = 0$
- 如果支持OLR类型6（为ITU-T G.998.4修改SOS）， $u = 1$ ，否则 $u = 0$

#8字段“ITU-T G.998.4的上行OLR能力”表示如果上行方向启用重传，VTU-O在上行方向支持哪种可选OLR机制。该字段编码为[0000 00us]，其中：

- 如果支持OLR类型5（为ITU-T G.998.4修改SRA）， $s = 1$ ，否则 $s = 0$
- 如果支持OLR类型6（为ITU-T G.998.4修改SOS）， $u = 1$ ，否则 $u = 0$

#9字段“ $D_1$ ”表示#1等待时间路径上的上行方向块交织深度。 $D_1$ 的取值范围为1到64（含）。 $D_1$ 应等于1或等于 $Q$ 。

如果上行方向启用重传，在O-PMS中交换的其余参数值应保持其原有含义（如[ITU-T G.993.2]中所定义），但以下情况除外：

- #1等待时间路径的F、I和D字段应在发射机上设置为0，并在接收机上忽略。
- 字段max\_delay\_octetUS,0应指定delay\_octetUS,0的最大值（如第C.1.1款中所定义）。
- 字段max\_delay\_octetUS,1应指定delay\_octetUS,1的最大值（如第C.1.1款中所定义），表示为无符号的整数，单位为字节。

如果下行方向启用重传，在O-PMS中交换的其余参数值应保持其原有含义（如[ITU-T G.993.2]中所定义），但以下情况除外：

- 字段max\_delay\_octetDS,0应指定delay\_octetDS,0的最大值（如第C.1.1款中所定义）。
- 字段max\_delay\_octetDS,1应指定delay\_octetDS,1的最大值（如第C.1.1款中所定义），表示为无符号的整数，单位为字节。如果该字段设置为特殊值FFFFFF16，字段max\_delay\_octetDS,0应指定（delay\_octetDS,0 + delay\_octetDS,1）的最大值，且VTU-R应自动在两个下行等待时间路径之间分配字节数。

#### C.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。该消息的ITU-T G.998.4参数字段为空（即由一个字节组成，值为00<sub>16</sub>）。

在#5字段中报告的初始化状态应基于本建议书中定义的信道初始化策略，而不是[ITU-T G.993.2]中的策略。

另外，如果delay\_max小于实际双程（参见第8.6款），则应通过将初始化状态设置为82<sub>16</sub>（在线路上配置不可行）来指示初始化失败。实际双程取决于线路无关的XTU-C和XTU-R特性以及线路相关的DTU大小和数据速率。

此外，如果VTU-O支持ITU-T G.998.4，除了[ITU-T G.993.2]中列出的有效值之外，O-PMD中的“初始化状态”字段可以取值86<sub>16</sub>。



如果在RTX\_ENABLE = FORCED时未选择ITU-T G.998.4重传模式，则初始化状态应设置为86<sub>16</sub>。

在初始化失败的情况下：

- 初始化失败次数应增加
- O-PMD中#2到#4字段的所有值都应设置为0，且
- 在完成初始化程序后，VTU-O应返回到L3链路状态而不是L0链路状态。

该故障代码应由VTU-O生成。

## C.2.2 VTU-R 消息

### C.2.2.1 R-MSG2

R-MSG 2消息将VTU-R的信息传送给VTU-O。R-MSG2的ITU-T G.998.4参数字段结构应如表C.5所示。

表C.5 – R-MSG2的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
1	参数字段长度	1个字节	ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节总数（注1）。
2	上行重传支持	1个字节 [0000 000u]	表示VTU-R支持上行重传。
3	DTU选项	1个字节 [0000 0cba]	表示VTU-R发射机支持的可选成帧类型。
4	VTU-R半双程Tx	1个字节 [00ddssss]	VTU-R发射机半双程时延。
5	VTU-R半双程Rx	1个字节 [00ddsssss]	VTU-R接收机半双程时延。
6	US (1/S) <sub>max</sub>	1个字节 [0eeeeeee]	上行方向启用重传时，VTU-R在上行方向支持的最大1/S值。
7	DS (1/S) <sub>max</sub>	1个字节 [0eeeeeee]	下行方向启用重传时，VTU-R在下行方向支持的最大1/S值。
8	最大上行净数据速率	2个字节	启用重传时，VTU-R在上行方向支持的最大净数据速率。
9	支持的上行D <sub>i</sub> 值	1个字节 [eddddddd]	表示VTU-R发射机支持的可选块交织深度值。
10	为 <a href="#">ITU-T G.993.5</a> 保留	3个字节	为 <a href="#">ITU-T G.993.5</a> 保留（参见第D.2.2.1款）
11	LPMoDe附件E支持	1个字节 [0000 00ab]	表示在下行方向支持LPMoDe链路子状态L2.1和L2.2： 如果L2.1和L2.2均不支持，则ab = 00 ab = 01由ITU-T保留使用 ab = 10由ITU-T保留使用 如果L2.1和L2.2均支持，则ab = 11

表C.5 – R-MSG2的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
注1 – 如果VTU-R在任何传输方向均不支持重传，则数据字节数应为0。			

#1字段“参数字段长度”表示ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节数。数据字节是该长度指示符字节之后的字节（即从ITU-T G.998.4参数字段中的倒数第二字节起计数的所有字节）。包含此字节以允许不支持ITU-T G.998.4的VTU-O仍能正确解析R-MSG2。

#2字段“重传支持”表示VTU-R的重传能力。该字段应编码为一个字节[0000 000u]，其中：

- u = 0表示上行方向不支持重传。
- u = 1表示上行方向支持重传。

请注意，如果VTU-R包含的一个ITU-T G.998.4参数字段中包含的数据字节数不是0，则暗示支持下行重传。

#3字段“DTU选项”表示VTU-R发射机支持哪些可选的DTU成帧类型。该字段应编码为一个字节[0000 0abc]，其中：

- a = 1表示支持DTU成帧类型2（参见第8.1.2款）。
- b = 1表示支持DTU成帧类型3（参见第8.1.3款）。
- c = 1表示支持DTU成帧类型4（参见第8.1.4款）。

如果上行方向支持重传，比特a、b或c中至少有一个应设置为1。

#4字段“VTU-R半双程Tx”包含VTU-R发射机的半双程时延。该字段应编码为一个字节[00ddssss]，其中：

- ssss是一个4比特数字，用于表示4.3125 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（单位为DMT符号），或8.625 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（2个DMT符号的倍数）。
- dd是表示DTU的时延部分的两比特数字。

#5字段“VTU-R半双程接收机”包含VTU-R接收机的半双程时延。该字段应编码为一个字节[00ddssss]，其中：

- ssss是一个4比特数字，用于指示4.3125 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（单位为DMT符号），或8.625 kHz子载波间隔传输模板的时延部分（2个DMT符号的倍数）。
- dd是表示DTU的时延部分的两比特数字。

#6字段“US (1/S)<sub>max</sub>”包含VTU-R在上行方向启用重传时上行方向支持的最大1/S值。该字段应编码为无符号的8比特值，取值范围从1到64，步长为1。如果上行启用重传，该值将取代R-MSG2 PMS-TC能力字段中交换的“US (1/S)<sub>max</sub>”值。

#7字段“DS (1/S)<sub>max</sub>”包含VTU-R在下行方向启用重传时下行方向支持的最大1/S值。该字段应被编码为无符号的8比特值，取值范围从1到64，步长为1。如果下行启用重传，该值取代R-MSG2 PMS-TC能力字段中交换的“DS (1/S)<sub>max</sub>”值。

#8字段“最大上行净数据速率”包含在上行方向启用重传时VTU-R在这个方向上支持的最大上行净数据速率。该字段应编码为无符号的16比特值，其中数据速率表示为8 kbit/s的倍数。

#9字段“支持的上行 $D_1$ 值”包含VTU-R发射机支持的上行块交织深度值集合说明。该字段应编码为一个字节[eddddddd]，其中：

- ddddddd是一个无符号的7比特整数，表示支持的最大交织深度 $D_1$ 值；
- e设置为1表示VTU-R仅支持整数幂为2的 $D_1$ 值，否则设置为0。

#10字段为[ITU-T G.993.5]保留。它是一个24比特字段，应编码为000000<sub>16</sub>。

#11字段“LPMode附件E支持”表明是否在下行方向启用了LPMode链路子状态L2.1和L2.2（如附件E中所定义）。

如果启用重传，除非上文另有说明，否则在R-MSG 2其余部分交换的所有其它参数值应保持其原来的含义（如[ITU-T G.993.2]中所定义）。

### C.2.2.2 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的ITU-T G.998.4参数字段结构应如表C.6所示。

如果下行方向没有启用重传（如O-TPS中所示），且VTU-R在任何方向都不支持OLR，则R-PMS的ITU-T G.998.4参数字段可能被VTU-R发射机留空（即由一个单字节组成，值为0）。

表C.6 – R-PMS的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
1	参数字段长度	1个字节	ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节总数。
2	DTU选项	[0000 00aa]	下行方向选择的DTU成帧类型。
3	$Q$	1个字节	下行方向上每个DTU的Reed-Solomon码字数。
4	$V$	1个字节	下行方向上每个DTU的填充字节数。
5	$Q_{tx}$	1个字节	同一个DTU两次连续传输之间的时延（表示为DTU数）。
6	$lb$	1个字节	用于计算携带下行重传请求的RRC中（即在上行方向传输的RRC中）所交换值的环回值。
7	ITU-T G.998.4中的下行OLR能力	1个字节	如果下行方向启用重传，它表示在下行方向支持各种OLR机制。
8	ITU-T G.998.4中的上行OLR能力	1个字节	如果上行方向启用重传，它表示在上行方向支持各种OLR机制。

表C.6 – R-PMS的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
9	$D_1$	1个字节	下行方向上的块交织深度。

#1字段“参数字段长度”表示ITU-T G.998.4参数字段中的数据字节数（即从倒数第二字节起计数）。包含此字节以允许不支持ITU-T G.998.4的VTU-O仍能正确解析R-PMS。

#2字段“DTU选项”表示在下行方向支持哪些可选的DTU成帧类型。该字段应编码为[0000 00aa]，其中：

- aa = 00表示应使用DTU成帧类型1（参见第8.1.1款）。
- aa = 01表示应使用DTU成帧类型2（参见第8.1.2款）。
- aa = 10表示应使用DTU成帧类型3（参见第8.1.3款）。
- aa = 11表示应使用DTU成帧类型4（参见第8.1.4款）。

#3字段“ $Q$ ”表示在下行方向上每个DTU的Reed-Solomon码字数。 $Q$ 的取值范围为1到64（含）。

#4字段“ $V$ ”表示在下行方向上每个DTU的填充字节数。 $V$ 的取值范围为0到15（含）。

#5字段“ $Q_{tx}$ ”表示由VTU-R假设的发射参考状态机中同一个DTU两次连续下行传输之间的时延（表示为DTU数）。 $Q_{tx}$ 的取值范围为1到64（含）。

#6字段“ $lb$ ”包含用于计算携带上行重传请求的RRC中（即在下行方向传输的RRC中）所交换值的环回值。 $lb$ 的取值范围为1到31。

#7字段“ITU-T G.998.4的下行OLR能力”表示如果下行方向启用重传，VTU-R在下行方向支持哪种可选OLR机制。该字段编码为[0000 00us]，其中：

- 如果支持OLR类型5（为ITU-T G.998.4修改SRA）， $s = 1$ ，否则 $s = 0$
- 如果支持OLR类型6（为ITU-T G.998.4修改SOS）， $u = 1$ ，否则 $u = 0$

#8字段“ITU-T G.998.4的上行OLR能力”表示如果上行方向启用重传，VTU-R在上行方向支持哪种可选OLR机制。该字段编码为[0000 00us]，其中：

- 如果支持OLR类型5（为ITU-T G.998.4修改SRA）， $s = 1$ ，否则 $s = 0$
- 如果支持OLR类型6（为ITU-T G.998.4修改SOS）， $u = 1$ ，否则 $u = 0$

#9字段“ $D_1$ ”表示#1等待时间路径上的下行方向块交织深度。 $D_1$ 的取值范围为1到64（含）。 $D_1$ 应等于1或等于 $Q$ 。

如果下行方向启用重传，在R-PMS中交换的其余参数值应保持其原有含义（如[ITU-T G.993.2]中所定义），但以下情况除外：

#1等待时间路径的 $F$ 、 $I$ 和 $D$ 字段应在发射机上设置为0，并在接收机上忽略。

### C.3 管理平面程序

#### C.3.1 测试参数读取命令

如表C.7所述，四个测试参数添加到[ITU-T G.993.2]的表11-27。

ID = 41<sub>16</sub>的参数包含由远端发射机得到的抗SHINE实际INP。它表示为一个无符号的16比特整数（0.1倍数）。如果在发射方向上启用了重传，该参数应包含在VTU对单次读取命令的响应中。

ID = 42<sub>16</sub>的参数包含由远端发射机得到的抗REIN实际INP。它表示为一个无符号的8比特整数（0.1的倍数）。如果在发射方向上启用了重传，该参数应包含在VTU对单次读取命令的响应中。

ID = 43<sub>16</sub>的参数包含由远端接收机得到的实际ETR。它表示为一个无符号的32比特整数（1 kbit/s的倍数）。如果在接收方向上启用了重传，该参数应包含在VTU对单次读取命令的响应中。

ID = 44<sub>16</sub>的参数包含由远端接收机得到的实际时延。它表示为一个无符号的8比特整数（1 ms的倍数）。如果在接收方向上启用了重传，该参数应包含在VTU对单次读取命令的响应中。

表C.7 – 附加PMD测试参数ID值及其响应长度

测试参数ID	测试参数名称	单次读取所用长度（字节）	多次读取所用长度（字节）	块读取所用长度（字节）
41 <sub>16</sub>	远端RTX发射机的抗SHINE实际脉冲噪音保护（INP_act_SHINE）	2 个字节	不适用	不适用
42 <sub>16</sub>	远端RTX发射机的抗REIN实际脉冲噪音保护（INP_act_REIN）	1 个字节	不适用	不适用
43 <sub>16</sub>	RTX接收机的实际预期吞吐量（ETR）	4 个字节	不适用	不适用
44 <sub>16</sub>	RTX接收机的实际时延（delay_act_RTX）	1 个字节	不适用	不适用

##### C.3.1.2 管理计数器读取命令和响应

将[ITU-T G.993.2]表11-16和[ITU-T G.993.2]表11-17分别替换为表C.8和表C.9。

“EFTR\_min”字段包含由远端接收机得到的EFTR\_min。它表示为无符号32比特整数（1 kbit/s的倍数）。如果在接收方向启用重传，该字段应出现在来自VTU的响应中。尽管是通过管理计数器读取eoc命令报告，但此性能监控参数不是计数器。因此，适用于计数器的[ITU-T G.993.2]和[ITU-T G.997.1]要求通常不适用于该参数。

表C.8 – 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
ACK	可变	2	81 <sub>16</sub> （注1）
		3 to 2 + 4 × N <sub>C</sub>	用于PMS-TC计数器的所有值的字节（注2）
		3 + 4 × 13及以上	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 <sub>C</sub> 是PMS-TC的计数器数量。如果仅在接收方向上启用重传，则N <sub>C</sub> = 14。如果仅在发射方向上启用重传，则N <sub>C</sub> = 8。如果在两个方向上均启用重传，则N <sub>C</sub> = 15。如果两个方向上均禁用重传，则N <sub>C</sub> = 7。			

表C.9 – VTU管理计数器

PMS-TC计数器
FEC-0异常的计数器 (注1)
FEC-1异常的计数器 (注1)
CRC-0异常的计数器 (注1)
CRC-1异常的计数器 (注1)
rtx-tx的计数器 (注3)
rtx-c的计数器 (注2)
rtx-uc的计数器 (注2)
FEC差错秒计数器
差错秒计数器
严重差错秒计数器
LOS 差错秒计数器
不可用差错秒计数器
“lefr” 缺陷秒计数器 (注2)
无差错比特计数器 (注2)
EFTR <sub>min</sub> (注2)
TPS-TC计数器
TPS-TC #0的计数器
<p>注1 – 如果报告的方向上启用重传，VTU应包括#0和#1等待时间路径的FEC和CRC异常字段；#0等待时间路径的FEC和CRC应由供应商自行决定。如果报告的方向上禁用重传，VTU应仅包括#0等待时间路径的FEC和CRC异常字段。</p> <p>注2 – 如果报告来自VTU，且在接收机中启用重传，应包含这些计数器。</p> <p>注3 – 如果报告来自VTU，且在发射机中启用重传，应包含该计数器。</p>

### C.3.1.3 诊断命令和响应

将[ITU-T G.993.2](#)表11-8替换为表C.10。



表C.10 – 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 <sub>16</sub> （注）
Update Test Parameters	2	2	02 <sub>16</sub> （注）
Start TX Corrupt CRC	2	2	03 <sub>16</sub> （注）
End TX Corrupt CRC	2	2	04 <sub>16</sub> （注）
Start RX Corrupt CRC	2	2	05 <sub>16</sub> （注）
End RX Corrupt CRC	2	2	06 <sub>16</sub> （注）
Enter RTX_TESTMODE	2	2	07 <sub>16</sub> （注）
Leave RTX_TESTMODE	2	2	08 <sub>16</sub> （注）
注 – ITU-T保留字节数为2的所有其它值。			

### C.3.1.3.1 重传测试模式

为MTBE的加速测试定义了一种特殊的测试模式（参见第10.4款）。定义诊断命令以便在Showtime期间进入或离开测试模式。

在收到Enter RTX\_TESTMODE命令后，VTU-R应通过ACK响应来确认它。之后，如果下行方向启用重传，VTU-R应确认所有收到的DTU；如果上行方向启用重传，VTU-R应停止重传任何DTU。

在接收到Leave RTX\_TESTMODE命令后，VTU-R将在启用测试模式的方向恢复其重传的正常行为。

### C.3.2 在线重新配置（OLR）命令和响应

ITU-T G.998.4为ITU-T G.993.2定义了两个新OLR命令。如果启用重传，这些OLR命令应取代OLR请求类型3（SRA）和OLR请求类型4（SOS）。它们在[ITU-T G.993.2]中分别被指定为OLR请求类型5和类型6，并且在表C.11中有完整定义。另外定义了两个新OLR响应，分别对应OLR请求类型5和类型6。这些消息在表C.12中进行了清晰描述。

如果同时启用SRA和重传，调制解调器应使用OLR请求类型5发起SRA请求，并使用OLR响应类型5来拒绝SRA请求。如果同时启用SOS和重传，调制解调器应使用OLR请求类型6发起SOS请求，并使用OLR响应类型6拒绝SOS请求。

表C.11和表C.12中定义的eoc消息的第一个字节是OLR命令类型的值（如[ITU-T G.993.2]第11.2.3.2款定义）。eoc协议与[ITU-T G.993.2]第11.2.3款中规定的协议相同。

在每个类型5的OLR请求中，所选的新成帧器设置应该能够满足所有配置约束条件，且为上行和下行发射机重传队列保留的最大字节数与在初始化过程中所选的一致。

在每个类型6的OLR请求中，所选的新成帧器设置应该能够满足所有配置约束条件（[ITU-T G.993.2]中为SOS定义的约束条件除外），且为上行和下行发射机重传队列保留的最大字节数与在初始化过程中所选的一致。

如果在OLR类型5或6的方向上支持块交织器（见第9.2款），则包含新 $Q$ 值的字节的最高有效位表明新交织器深度是否等于1或 $Q$ 。如果msb设置为0，新的块交织器深度 $D$ 应该等于1。如果msb设置为1，则新的块交织器深度 $D$ 应该等于 $Q$ 。

表C.11 – 初始化VTUName发出的OLR命令

	长度 (字节)	字节数	内容		支持
请求类型5 (SRA/ ITU-T G.998.4)	14+4 $N_f$ ( $N_f \leq 128$ )	2	08 <sub>16</sub>		可选
		3-4	包含新 $L_I$ 值的2个字节		
		5	包含新 $B_{I0}$ 值的1个字节		
		6	包含新 $M_I$ 值的1个字节		
		7	包含新 $R_I$ 值的1个字节		
		8	包含新 $Q$ 值的1个字节		
		9	包含新 $V$ 值的1个字节		
		10	包含新 $Q_{\alpha}$ 值的1个字节		
		11	包含新 $lb$ 值的1个字节		
		12 – 13	代表子载波数 $N_f$ 的2个字节 将修改		
		14 – 13+4 $N_f$	描述每个子载波的子载波 参数字段的4 $N_f$ 个字节		
		14+4 $N_f$	代表分段码（SC）的1个 字节		
请求类型6 (SOS/ ITU-T G.998.4)	$N_{TG}/2+12$	2	09 <sub>16</sub>		可选
		3	消息ID		
		4到 $N_{TG}/2+3$	$\Delta b(2)$	$\Delta b(1)$	
			$\Delta b(4)$	$\Delta b(3)$	
			...		
			$\Delta b(N_{TG})$	$\Delta b(N_{TG} - 1)$	
		$N_{TG}/2+4$ 到 $N_{TG}/2+5$	包含新 $L_I$ 值的2个字节		
		$N_{TG}/2+6$	包含新 $B_{I0}$ 值的1个字节		
		$N_{TG}/2+7$	包含新 $M_I$ 值的1个字节		



表C.11 – 初始化VTUName发出的OLR命令

	长度 (字节)	字节数	内容	支持
		$N_{TG}/2+8$	包含新 $R_I$ 值的1个字节	
		$N_{TG}/2+9$	包含新 $Q$ 值的1个字节	
		$N_{TG}/2+10$	包含新 $V$ 值的1个字节	
		$N_{TG}/2+11$	包含新 $Q_{tx}$ 值的1个字节	
		$N_{TG}/2+12$	包含新 $lb$ 值的1个字节	

表C.12 – 由响应的VTU发出的OLR响应

名称	长度 (字节)	字节数	内容	支持
推迟5型 请求	3	2	85 <sub>16</sub> （注）	可选
		3	1个字节，供理由码用（表11-7）	
拒绝6型 请求	3	2	86 <sub>16</sub> （注）	可选
		3	1个字节，供理由码用（表11-7）	

注 – 对字节数2的其它值由ITU-T保留。

### C.3.3 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的发射物理功能作这一改变。按照[ITU-T G.993.2]中的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C.4条规定的时刻, 改变它自己的接收机PMD功能的比特和增益表。

VTU接收机可能发起OLR类型1交换(比特交换)。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。

发射PMD功能必须支持由接收PMD功能所请求的比特交换。

如果支持OLR类型5(SRA)交换(分别在下行或上行方向)并且启用该交换(通过RA-MODE = 3), 则在满足第C.3.3.1款或第C.3.3.2款中的条件时, VTU接收机应发起一个SRA。

如果支持OLR类型5(SRA)交换(分别在下行或上行方向)并且启用该交换(通过RA-MODE = 4), 则在满足第C.3.3.1款、第C.3.3.2款和第C.3.3.3款中的条件时, VTU接收机应发起一个SRA。在满足第C.3.3.4款中的条件时VTU接收机可能发起一个SRA。

如果支持OLR类型6（SOS）交换（分别在下行或上行方向）并且启用该交换（通过RA-MODE = 4），则在满足第C.3.3.3款中的条件时VTU接收机应发起一个SOS。

VTU接收机只应发出满足如下所有约束条件的OLR请求命令：

- 脉冲噪声保护至少阻止最坏REIN脉冲（由CO-MIB参数 *INPmin\_REIN* 和 *IAT\_REIN\_flag* 描述）和最坏SHINE脉冲（CO-MIB参数 *INPmin* 描述）的组合威胁。
- 最小时延 ≤ 时延 ≤ 最大时延。

VTU接收机只应发出满足如下约束条件的SOS请求：

- 承载信道的预期吞吐量（ETR）≥ 最小SOS净数据速率（MIN-SOS-BR）。

注1 – 由于成帧参数范围约束条件的限制，可能无法将ETR减小到MIN-SOS-BR。

注2 – SOS请求可能导致消息开销数据速率暂时小于配置的最小消息开销数据速率。将通过后续的SRA程序进行纠正。请参见[ITU-T G.993.2]第13.4.3.3款。

VTU接收机只应发出满足如下所有约束条件的SRA请求：

- 承载信道的  $ETR_{max} \geq ETR \geq ETR_{min}$  for，除非由于按照SOS程序进行交换导致实际净数据速率小于最小净数据速率。在这种情况下，只允许使用SRA寻求速率增加，但是允许请求的ETR小于ETR<sub>min</sub>。
- 消息开销数据速率 ≥ 最小消息开销数据速率。

#### C.3.3.1 接收机发起的SRA下调程序

参见[ITU-T G.993.2]第13.4.1款。

#### C.3.3.2 接收机发起的SRA上调程序

参见[ITU-T G.993.2]第13.4.2款。

#### C.3.3.3 接收机发起的SOS

参见[ITU-T G.993.2]第13.4.3款。

#### C.3.3.4 接收机在SOS之后发起的SRA程序

VTU应在SOS程序之后发送一个或多个SRA请求，以纠正当前ETR小于ETR<sub>min</sub>的情况。只要当前ETR小于ETR<sub>min</sub>，这些SRA请求就不需要遵守RA-UTIME或RA-USNRM。

注 – 虽然这些SRA请求的发出可以由VTU自行决定，但[ITU-T G.993.2]第13.1条中的注中规定了SOS程序的整体时长目标。

### C.4 控制参数修改时间

本条款规定了OLR类型5中包含的参数修改时间。各种控制参数值的修改时间应按照第13.2款中规定的程序进行。

注 – 修改RS和DTU参数后，使用旧参数值编码的DTU不能再重传。调制解调器应该尝试确保在执行成帧参数更改之前，所有使用旧成帧参数编码的DTU都已被正确接收。这可以通过临时中断 $\alpha_1$ 接口上新的DTU的传输并在合适的时间段内自动重传来自重传队列的DTU来完成。该时间段不得超过T<sub>dtu-stoppage</sub>。

对于SOS频音组 $k$ 中所有在用频音，除了属于ROC的频音外，使用相同的 $b_i$ 下降 $\Delta b(k)$ 。具体来说，新 $b_i' = b_i - \Delta b(k)$ 。如果新 $b_i'$ 值 $< 2$ ，则它应设置为0。因此，在SOS中不会创建新的1比特加载。如果得到的 $b_i'$ 包含奇数个1比特星座点并且启用格栅，则最终的（根据重新排序的频音排序表）1比特星座应设置为 $b_i' = 0$ 。

如果支持SOS，则单步SOS是强制性能力。VTU-O将O-MSG 1的#14字段和#15字段设置为00<sub>16</sub>。VTU-R将R-MSG 2的#5字段和#6字段设置为00<sub>16</sub>。多步执行SOS请求有待进一步研究。

在收到SOS请求后，VTU应在200 ms内用Syncflag或拒绝类型6无效参数作出响应（参见[\[ITU-T G.993.2\]](#)表11-7）。

在单步转换OLR类型6程序中，可能会出现误码。一旦转换完成，VTU的工作BER不应超过标称BER，除非线路条件允许。

## 附件D

### ITU-T G.993.5对ITU-T G.998.4的支持

（本附件是本建议书不可分割的组成部分。）

遵守附件D的操作可以通过以下两种方式激活：

- 如果选择了ITU-T G.993.5矢量化（如ITU-T G.994.1 MS消息所示），那么ITU-T G.998.4的操作应遵守附件D。
- 如果ITU-T G.998.4扩展“G.998.4附件D支持”的NPar（3）设置为1（参见ITU-T G.994.1表11.68.11），则ITU G.998.4的操作应遵守附件D。

附件D是相对于附件C定义的。附件C的所有要求适用于附件D中所述的替代和补充。

#### D.1.1 存储器（C.1.1替代条款）

以下定义应适用：

$$\text{delay\_octet}_{DS,0} = (D_{DS,0} - 1) \times (I_{DS,0} - 1)$$

$$\text{delay\_octet}_{US,0} = (D_{US,0} - 1) \times (I_{US,0} - 1).$$

如果在下行方向启用重传，

$$\text{则} \quad \text{delay\_octet}_{DS,1} = 2 \times Q_{tx,DS} \times Q_{DS} \times H_{DS}$$

$$\text{否则} \quad \text{delay\_octet}_{DS,1} = (D_{DS,1} - 1) \times (I_{DS,1} - 1)$$

如果在上行方向启用重传，

$$\text{则} \quad \text{delay\_octet}_{US,1} = 2 \times Q_{tx,US} \times Q_{US} \times H_{US}$$

$$\text{否则} \quad \text{delay\_octet}_{US,1} = (D_{US,1} - 1) \times (I_{US,1} - 1)$$

AGGDELAYOCTET定义为：

$$\text{AGGDELAYOCTET} = \text{delay\_octet}_{DS,0} + \text{delay\_octet}_{DS,1} + \text{delay\_octet}_{US,0} + \text{delay\_octet}_{US,1}$$

以下约束条件应适用：

$$\text{AGGDELAYOCTET} \leq \text{MAXDELAYOCTET\_ext}.$$

如果MAXDELAYOCTET\_ext\_R（如R-MSG 2中的VTU-R所示，参见第C.2.2.1款）大于MAXDELAYOCTET（参数“组合交织器和解交织器时延”，单位为字节，如[ITU-T G.993.2]表6-1中为Profile所作的定义），则扩展存储器操作应启用，且MAXDELAYOCTET\_ext等于MAXDELAYOCTET\_ext\_R（如第C.1.1.1款中定义）和MAXDELAYOCTET\_ext\_O（如第C.1.1.1款中定义）的最小值。否则，扩展存储器操作应禁用，且MAXDELAYOCTET\_ext等于MAXDELAYOCTET。

注 – 由于VTU-O控制上行和下行方向MAXDELAYOCTET\_ext字节的分割（参见第C.2.1.3款），所以MAXDELAYOCTET\_ext\_O值不需要从VTU-O传输到VTU-R。

此外，为交织器分配的存储器应该适用如下约束条件：

- 如果在两个方向均启用重传：

$$\text{delay\_octet}_{DS,0} + \text{delay\_octet}_{US,0} \leq \text{MAXDELAYOCTET}.$$

- 如果只在下行方向启用重传：

$$\text{delay\_octet}_{\text{DS},0} + \text{delay\_octet}_{\text{US},0} + \text{delay\_octet}_{\text{US},1} \leq \text{MAXDELAYOCTET}.$$

– 如果只在上行方向启用重传：

$$\text{delay\_octet}_{\text{DS},0} + \text{delay\_octet}_{\text{DS},1} + \text{delay\_octet}_{\text{US},0} \leq \text{MAXDELAYOCTET}.$$

VTU-O和VTU-R应支持所有满足上述两个约束条件的 $\text{delay\_octet}_{\text{DS},0}$ 、 $\text{delay\_octet}_{\text{DS},1}$ 、 $\text{delay\_octet}_{\text{US},0}$ 和 $\text{delay\_octet}_{\text{US},1}$ 值。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 $\frac{\text{MAXDELAYOCTET\_ext}}{2}$  字节。实际所用的存储器量是随设备而定的。

接收机重传队列的最小存储器应与同一方向相关发射机队列的存储器量相同。

单位为字节的DTU最大长度（ $Q \times H$ ）应等于表C.1给出的值，具体取决于传输模板和方向。

**表D.1 – 最大DTU长度**

传输模板	最大DTU长度（ $Q \times H$ ）	
	下行	上行
8a,8b,8c,8d	2048个字节	512个字节
12a	2048个字节	1536个字节
17a	3072个字节	1536个字节
30a	3072个字节	3072个字节

配置参数 MAXDELAYOCTET-split（MDOSPLIT）应适用于ITU-T G.998.4 中的 MAXDELAYOCTET\_ext。如本条款定义的 $\text{delay\_octet}_{x,p}$ （其中 $x = \text{DS}$ 或 $\text{US}$ 且 $p = 0$ 或 $1$ ），O-PMS中规定的 $\text{max\_delay\_octet}$ 值之和（参见第C.2.1.3款）应限制为（见[ITU-T G.993.2]第11.4.2.7款）：

$$\text{max\_delay\_octet}_{\text{DS},0} + \text{max\_delay\_octet}_{\text{DS},1} \leq \text{MAXDELAYOCTET\_DS},$$

$$\text{max\_delay\_octet}_{\text{US},0} + \text{max\_delay\_octet}_{\text{US},1} \leq \text{MAXDELAYOCTET\_US}.$$

其中 $\text{MAXDELAYOCTET\_DS} = \lceil \text{MDOSPLIT} \times \text{MAXDELAYOCTET\_ext} \rceil$ ,

$$\text{MAXDELAYOCTET\_US} = \text{MAXDELAYOCTET\_ext} - \text{MAXDELAYOCTET\_DS},$$

且 $\lceil x \rceil$ 表示向上取整到下一个整数。

#### **D.1.1.1 ITU-T G.993.5中增强净数据速率（矢量化）的扩展存储器操作（新条款）**

决定AggAchievableNDR\_O和AggAchievableNDR\_R的参考半双程（ $HRT_{ref}$ ）值如下：

– 传输模板17a:  $HRT_{ref} = 8 \text{ DMT symbols}(2 \text{ ms})$

– 传输模板30a:  $HRT_{ref} = 12 \text{ DMT symbols}(1.5 \text{ ms})$

每一传输模板对应的最大综合可达到净数据速率（MaxAggAchievableNDR）如下：

– 传输模板17a = 150 Mbit/s

– 传输模板30a = 250 Mbit/s

上述值可用于依据VTU的实际半双程值（ $HRT_{VTU}$ ）和为远端VTU假设的参考半双程值（ $HRT_{ref}$ ）的情况来规定VTU中的存储器量这一操作。

如果VTU-O

- 有单位为符号的实际半双程 $\leq HRT_{ref}$ ，即 $HRT_{rx}^S \leq HRT_{ref}$ 且 $HRT_{tx}^S \leq HRT_{ref}$ ，且
- 在DTU中计算的实际半双程等于0，即 $HRT_{rx}^D = 0$ 且 $HRT_{tx}^D = 0$ ，且
- 将DTU传输方向上的同步符号与RRC方向上的同步符号对齐，取值范围为从 $-HRT_{rx}^S + \lfloor Q \times S_1 \rfloor$ 到 $HRT_{tx}^S - 1$ 个DMT符号，其中正值表示在DTU传输方向上的同步符号在RRC方向上的同步符号之后发出，

那么对于在VTU-O中支持的AGGDELAYOCTET的给定值（表示为MAXDELAYOCTET\_ext\_O），AggAchievableNDR\_O应按如下计算：

$$AggAchievableNDR\_O(kbit/s) = \min \left( \frac{8(\text{bits/byte}) \times \text{MAXDELAYOCTET\_ext\_O}(\text{bytes})/2}{(HRT_{VTU-O}^S + HRT_{ref} + 1)/f_{DMT}(\text{kHz})}, \text{MaxAggAchievableNDR} \right),$$

其中 $HRT_{VTU-O}^S$ 是VTU-O实际半双程 $HRT_{tx}^S$ 和 $HRT_{rx}^S$ 中的最大值。否则，AggAchievableNDR\_O应为未赋值。

如果VTU-R

- 有单位为符号的实际半双程 $\leq HRT_{ref}$ ，即 $HRT_{rx}^S \leq HRT_{ref}$ ，且 $HRT_{tx}^S \leq HRT_{ref}$ ，且
- 在DTU中计算的实际半双程等于0，即 $HRT_{rx}^D = 0$ ，且 $HRT_{tx}^D = 0$ ，

那么对于在VTU-R中支持的AGGDELAYOCTET的给定值（表示为MAXDELAYOCTET\_ext\_R），AggAchievableNDR\_R应按如下计算：

$$AggAchievableNDR\_R(kbit/s) = \min \left( \frac{8(\text{bits/byte}) \times \text{MAXDELAYOCTET\_ext\_R}(\text{bytes})/2}{(HRT_{VTU-R}^S + HRT_{ref} + 1)/f_{DMT}(\text{kHz})}, \text{MaxAggAchievableNDR} \right),$$

其中 $HRT_{VTU-R}^S$ 是VTU-R实际半双程 $HRT_{tx}^S$ 和 $HRT_{rx}^S$ 中的最大值。否则，AggAchievableNDR\_R应为未赋值。

AggAchievableNDR\_O应在CO-MIB中报告为AGGACHNDR\_NE。AggAchievableNDR\_R应在CO-MIB中报告为AGGACHNDR\_FE。应报告一个特殊值以表明AggAchievableNDR未赋值。

注1 – 一些收发信机设计可能选择实现额外存储器或较低HRT，以便潜在支持大于上述MaxAggAchievableNDR值的净数据速率。如果Showtime中使用的实际存储器足够大或者Showtime中的实际存储器足够小，则可以实现大于MaxAggAchievableNDR的净数据速率。

注2 – 上述计算假定DTU配置在一个DMT符号内。如果此条件或其它条件不满足，则实际组合NDR可能小于AggAchievableNDR\_O和AggAchievableNDR\_R中的最小值。

注3 – 以下是一个示例：

- 为了支持传输模板17a中的MaxAggNDR，收发信机A的实际半双程值 $HRT^S = 8$ 个DMT符号。为了支持传输模板17a中的MaxAggNDR值150 Mbit/s，假设远端收发信机的HRT不大于2ms的 $HRT_{ref}$ ，该收发信机需要的存储器为79,688字节。
- 收发信机B的实际半双程值 $HRT^S = 7$ 个DMT符号。为了支持MaxAggNDR值150Mbit/s，该收发信机的存储器为75,000字节。
- 如果收发信机A和B互通，假设线路条件允许，则可以实现NDR值150 Mbit/s的操作。

### D.1.3.3 ATTNDR\_MAXDELAYOCTET分割（ATTNDR\_MDOSPLIT）（C.1.3.3 补充条款）

参见[ITU-T G.993.2] 第11.4.2.8款，其中：

$$\text{ATTNDR\_MAXDELAYOCTET\_DS} = \lceil \text{ATTNDR\_MDOSPLIT} \times \text{MAXDELAYOCTET\_ext} \rceil,$$

$$\text{ATTNDR\_MAXDELAYOCTET\_US} = \text{MAXDELAYOCTET\_ext} - \text{ATTNDR\_MAXDELAYOCTET\_DS}$$

且 $\lceil x \rceil$ 表示向上取整到下一个整数。

### D.2.2.1 R-MSG 2（C.2.2.1补充条款）

把表C.5中的#10字段替换为如下的字段定义：

表C.5 – R-MSG2的ITU-T G.998.4参数字段

	字段内容	格式	说明
10	MAXDELAYOCTET_ext_R	3个字节	VTU-R中针对扩展存储器操作而支持的AGGDELAYOCTET值

#10字段“MAXDELAYOCTET\_ext\_R”是一个3字节字段，表示VTU-R（参见第C.1.1.1款）中针对扩展存储器操作而支持的AGGDELAYOCTET值（参见第C.1.1款）。该字段应编码为24比特无符号的整数，单位为1字节的倍数。



## 附件E

### VDSL2低功率模式操作

（本附件是本建议书不可分割的组成部分。）

#### E.1 范围

该附件定义了[ITU-T G.993.2]和[ITU-T G.993.5]的可选低功率模式（LPMode）操作。如果两个VTU都按照本附件工作，链路处于L2链路状态。定义了与LPMode操作相关的两个链路子状态，称为L2.1和L2.2，每个具有不同的服务质量（QoS）级别。LPMode操作并不禁止使用[ITU-T G.993.5]，也不要求使用[ITU-T G.993.5]。

#### E.2 功能

为了使能LPMode，本附件为VDSL2链路定义了一套功率管理状态，以协调在VTU之间的功率管理。通过最小化由VTU传输到U参考点的能量以及通过减少VTU消耗的功率（例如，降低时钟速度，使用的副载波的数量，关闭线路驱动器），可以达到降低功率消耗。通过指定在每种状态下在链路上有效的信号、链路转换事件和相关程序，[ITU-T G.993.2]定义了VTU-R和VTU-O之间的一组VDSL2链路状态（即L0和L3链路状态）。通过将链路从L0链路状态转换到LPMode链路状态（称为L2链路状态）来实现特定链路中的LPMode，它有两个链路子状态L2.1（在E.2.1款中定义）和L2.2（在E.2.2款中定义），每个子状态具有不同的节能级别、不同的QoS级别以及进入和退出这些链路子状态的程序。

VTU与系统功率管理功能进行协调的细节已超出了本建议书的范围。

在某个特定的传输方向，发射VTU通过由近端VME发送的原语确定是否需要转换到L2.1和L2.2链路子状态。发射VTU的上层功能决定了需要从L2.1和L2.2链路子状态转换出来。通过由上层功能向近端VME发送的原语指示，VTU从L2.1和L2.2链路子状态转换出来。接收端的VTU通过eoc消息接收来自远端VME的原语。通过近端VME为近端TPS-TC、PMS-TC和PMD功能设置控制变量以及将eoc消息发送到远端VME来控制进入和离开L2.1和L2.2链路子状态。

本附件中定义的LPMode功能是VTU-O和VTU-R的可选能力。如果VTU支持遵守本附件的LPMode操作，则VTU应支持L2.1链路子状态（在第E.3.1款所定义）和L2.2链路子状态（在第E.3.2款所定义）对应的下行LPMode操作。上行LPMode操作有待进一步研究。

在初始化阶段（见表C.2中的O-MSG 1，表C.5中的R-MSG 2和表C.3中的O-TPS），根据VTU-O能力、VTU-R能力和CO-MIB配置参数（参见表E.1）决定是否启用或禁用特定的LPMode操作。可以分别在上行或下行方向启用或禁用LPMode操作，分别对应L2.1或L2.2链路子状态。如果在特定方向上禁用L2.1链路子状态，那么也应禁用L2.2链路子状态。

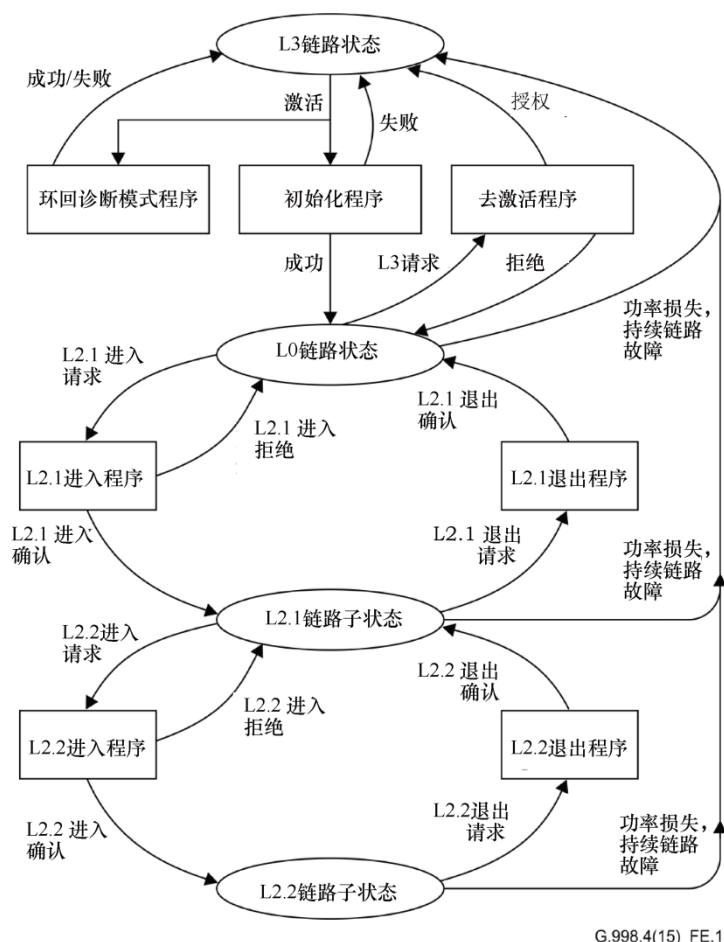
如果VTU支持遵守本附件的LPMode操作，则VTU应支持SNRM\_MODE = 5（参见[ITU-T G.993.2]第11.4.1.1.6.1.5款）。在L0链路状态过程中、在L2.1进入步骤之间以及在L2.1稳态操作过程中（即在L2.1进入程序的最后一步完成之后），VTU-O可以发出SAVN-Update命令。在L2.1进入步骤过程中、在从L2.1链路子状态退回到L0链路状态期间以及在L0或L2.1稳态操作中在下行方向修改比特加载或成帧参数相关的OLR程序期间，VTU-O不应发出SAVN-Update命令方向。



### E.3 链路状态和链路状态图

本条款修改了[ITU-T G.993.2]第12.1.1款中的L2链路状态以及L2.1和L2.2链路子状态。

VDSL2的链路状态和激活/去激活程序在图12-1中做了说明。



图E.1 – VDSL2链路状态和链路状态图

图E.1列出三种链路状态（L0、L2和L3），其中L2链路状态包括两个链路子状态L2.1和L2.2，并且列出便于从一个链路状态转换到另一个链路状态的程序。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。

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，VTU-O和VTU-R不发送任何信号。

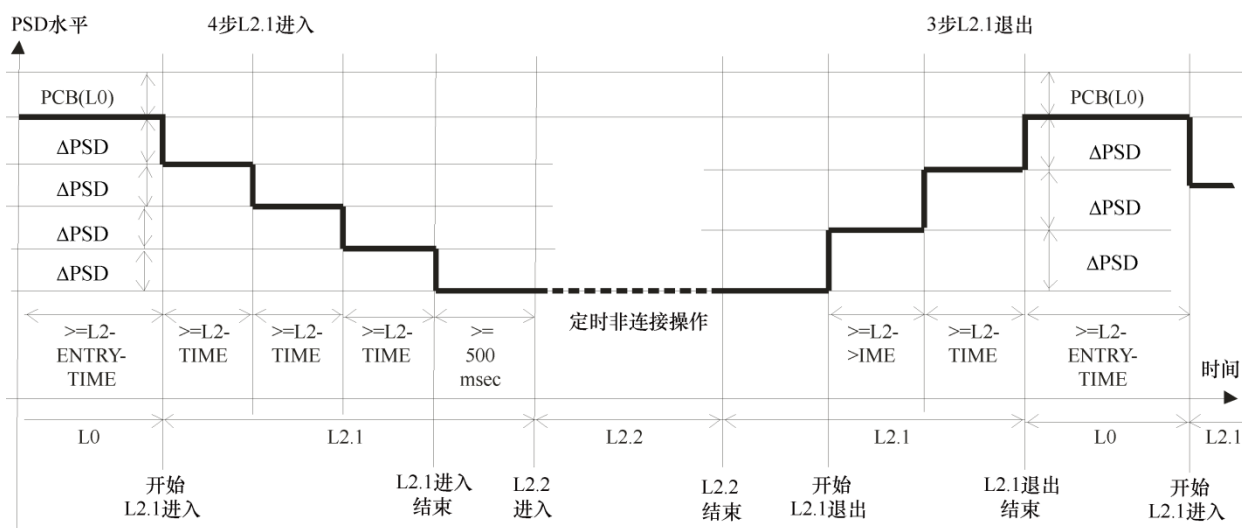
L0链路状态是两个VTU成功完成初始化程序后实现的链路状态。在L0链路状态下，链路根据CO-MIB配置传输具有性能特征的用户信息。当链路处于L0链路状态时，VTU-O和VTU-R都处于Showtime收发信机状态。

L2链路状态包括两个链路子状态L2.1和L2.2。链路子状态L2.1在第E.3.1款中定义，链路子状态L2.2在第E.3.2款中定义。当链路处于任一L2链路子状态时，VTU-O和VTU-R都处于Showtime收发信机状态。

没有定义从L2.2直接退回到L0的程序。从L2.2退回到L0应包括从L2.2退回到L2.1（即L2.2退出程序）和之后的从L2.1退回到L0（即L2.1退出程序）。同样，没有定义从L0直接进入L2.2的程序。从L0进入到L2.2应包括从L0进入到L2.1（即L2.1进入程序）和之后的从L2.1进入到L0（即L2.2进入程序）。

在L2.1和L2.2链路子状态期间以及在转进和转出L2.1和L2.2链路子状态期间，VTU可以应用供应商自行决定的流量控制。面向上层应用的流量控制应确保 $\gamma$ 参考点的数据速率不高于可在U参考点传输的数据速率。

图E.2给出了L2链路状态转换中PSD水平纵帧的一个示例。L2.1进入程序（参见第E.3.1.1款）可能包含一个或多个步骤，每个步骤执行一个PSD水平纵帧。L2.1退出程序（参见第E.3.1.2款）可以包含一个或多个步骤，每个步骤执行一个PSD水平纵帧。从L2.1转到L2.2以及反向转换是一步转换（对于每种情况）。



图E.2 – L2链路状态转换中PSD电平调整的示例

### E.3.1 链路子状态L2.1

L2.1链路子状态下LPMODE操作的主要应用是VoIP（POTS级别）传输和保活数据。对于L2.1链路子状态下的LPMODE操作，功率调整技术基于降低全部或部分子载波上的发射功率，以保持符号的连续传输。可以通过减少激活子载波的数量，或通过减小每个子载波的发射功率（PSD下降）或两者同时使用来降低发射功率。

当链路处于L2.1链路状态时，VTU应通过在线重新配置（OLR，参见第E.3.1.3款）跟踪信道变化（如噪音变化）。

当链路处于L2.1链路状态时，应适用TPS-TC（参见第7条）、重传功能（参见第8条）、PMS TC（参见第9条）和PMD（参见第10条）特征以及管理功能（参见第13条），但有以下不同：

- ETR\_min和ETR\_max（参见第7.1.1款）不适用。L2.1特定的ETR边界通过CO-MIB进行配置（参见第E.4款）；
- INP\_act\_SHINE（参见第11.2.3款）可能小于INP\_min（参见第7.1.1款），可能低至0，而INP\_act\_REIN（参见第11.2.4款）不得小于INP\_min\_rein参见第7.1.1款）；

- delay\_act\_RTX（参见第11.2.5款）：
  - 应小于 $\max(6 \text{ ms}, \text{delay\_max})$ ;
- msg（参见ITU-T G.993.2第9.5.4款）在双向上应至少设置为64 kbit/s。msg应通过CO-MIB参数MSGmin进行配置;
- TARSNRM、MAXSNRM和SNRMOFFSET-ROC（注）不适用。L2特定的SNRM边界通过CO-MIB进行配置（参见第E.4条）

注 – 实施者应为ROC子载波设置足够的SNR余量，以便在L2.1期间ROC的稳健性不受影响。

### E.3.1.1 从L0进入到L2.1

当链路处于L0链路状态时，发射VTU应测量通过 $\gamma$ 参考点从上层收到的入吞吐量（*THRP*，单位为bits/s）。应通过统计在每个完整秒内通过 $\gamma$ 接口接收的字节数来对*THRP*进行测量。

L2.1进入标准应定义为*THRP*小于进入L2的吞吐量阈值（ $L2.1\text{-ENTRY-THRP} = 0.75 \times L2.1\text{-MIN-ETR}$ ，关于L2.1-MIN-ETR，请参见第E.4条）的持续时间大于进入L2的时间阈值（关于L2.1进入时间，请参见第E.4条）。在*THRP*小于L2.1-ENTRY-THRP的第一秒之后，发射VTU应该开始统计这个连续的时间周期，并且应该在*THRP*等于或大于L2.1-ENTRY-THRP的任何一秒时结束统计并复位统计。

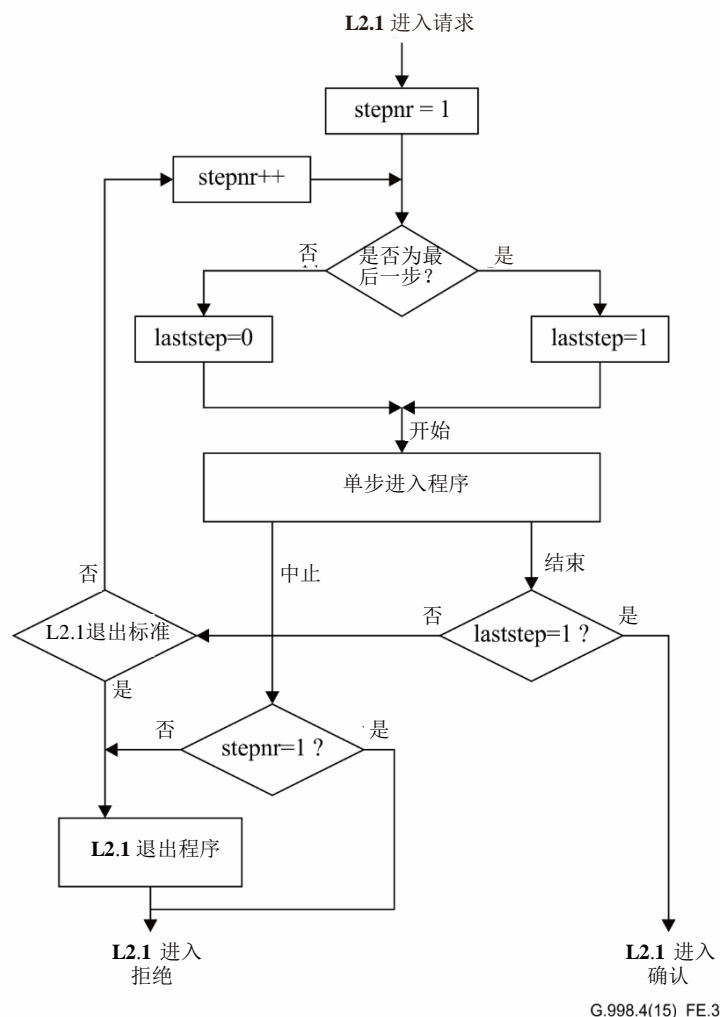
从L0转入到L2.1（L2.1进入程序）如图E.3所示。当满足L2.1进入标准时，发射VTU应发起链路从L0链路状态转入到L2.1链路子状态（参见图E.1和图E.3中的L2.1-entry-request原语）。转换可以单步骤（使用第E.3.1.1.1款中定义的单步进入程序）或多步骤（使用第E.3.1.1.2款中定义的多步进入程序）完成。多步进入程序包括多次执行单步进入程序，每次执行多步进入程序中的一个步骤。

当完成单步进入程序（用于单步转换）或完成多步进入程序（用于多步转换）中的至少一个步骤时，链路应视为处于L2.1链路子状态，直到执行L2.1退回到L0程序，或者链路转换到L3链路状态。

如果在完成L2.1进入程序之前满足L2.1退出标准，则发射VTU应中止L2.1进入程序（如E.3.1.1.1款和E.3.1.1.2款中定义），并发起一个将链路退回到L0链路状态的转换（使用第E.3.1.2款定义的L2.1退出程序）。

L2.1进入程序应使用由CO-MIB提供的以下L2配置参数（参见第E.4条）：

- 每步最大ATP（dB）下降（L2.1-ATPD）；
- 最大总ATP（dB）下降（L2.1-ATPRT）；
- 步骤之间的最短时间（L2-TIME）；
- L2.1中的最小ETR（L2.1-ETR-MIN）；
- L2.1中的最大ETR（L2.1-ETR-MAX）；
- L2.1中的目标SNR余量（L2-TARSNRM）；
- L2.1中的最大SNR余量（L2-MAXSNRM）；
- 不允许禁用处于L2.1链路子状态子载波的频段（L2-BANDS）。



图E.3 – L2.1进入程序

#### E.3.1.1.1 单步进入程序

单步进入程序首先要修改比特加载和成帧参数，然后修改发射PSD和激活子载波集合。

- 比特加载表（BLT）和成帧参数的修改，以及发射PSD水平纵帧和激活子载波集合的修改（下降）应分别在不同的超帧中执行。微增益（即gi值）不得修改。
- 如果遵守[ITU-T G.993.5]的操作被禁止，则L2-SYNCHRO模式定义为由一个反向同步符号（超帧结束时在同步帧位置发送，参见[ITU-T G.993.2]图10-2）组成，后跟一个由9个同步符号组成的模式。如果遵守[ITU-T G.993.5]的操作被启用，则L2-SYNCHRO模式定义为由一个带有反向标志音的同步符号（超帧结束时在同步帧位置发送，参见[ITU-T G.993.2]图10-2）组成，后跟一个由9个同步符号组成的模式。
- 为了触发比特加载表和成帧参数的修改，以及发射PSD水平成帧和激活子载波集合的修改（下降），发射VTU必须发送L2-SYNCHRO模式。从L2-SYNCHRO模式最后一个符号之后的第一个符号开始，即从相应超帧的第9个符号计数（从0开始计数）开始，本修改将适用。

- 单步进入程序应在第一个L2-SYNCHRO模式之后实现比特加载和成帧参数的修改，然后在第二个L2-SYNCHRO模式之后修改发射PSD电平和激活子载波集合。PSD电平的修改以及第一个和第二个L2-SYNCHRO模式之间的时间由发射VTU决定。比特加载、激活子载波集合和成帧参数的修改由接收VTU决定。参数的修改应符合边界条件和本条款中规定的策略。

#### E.3.1.1.1.1 VTU之间交换

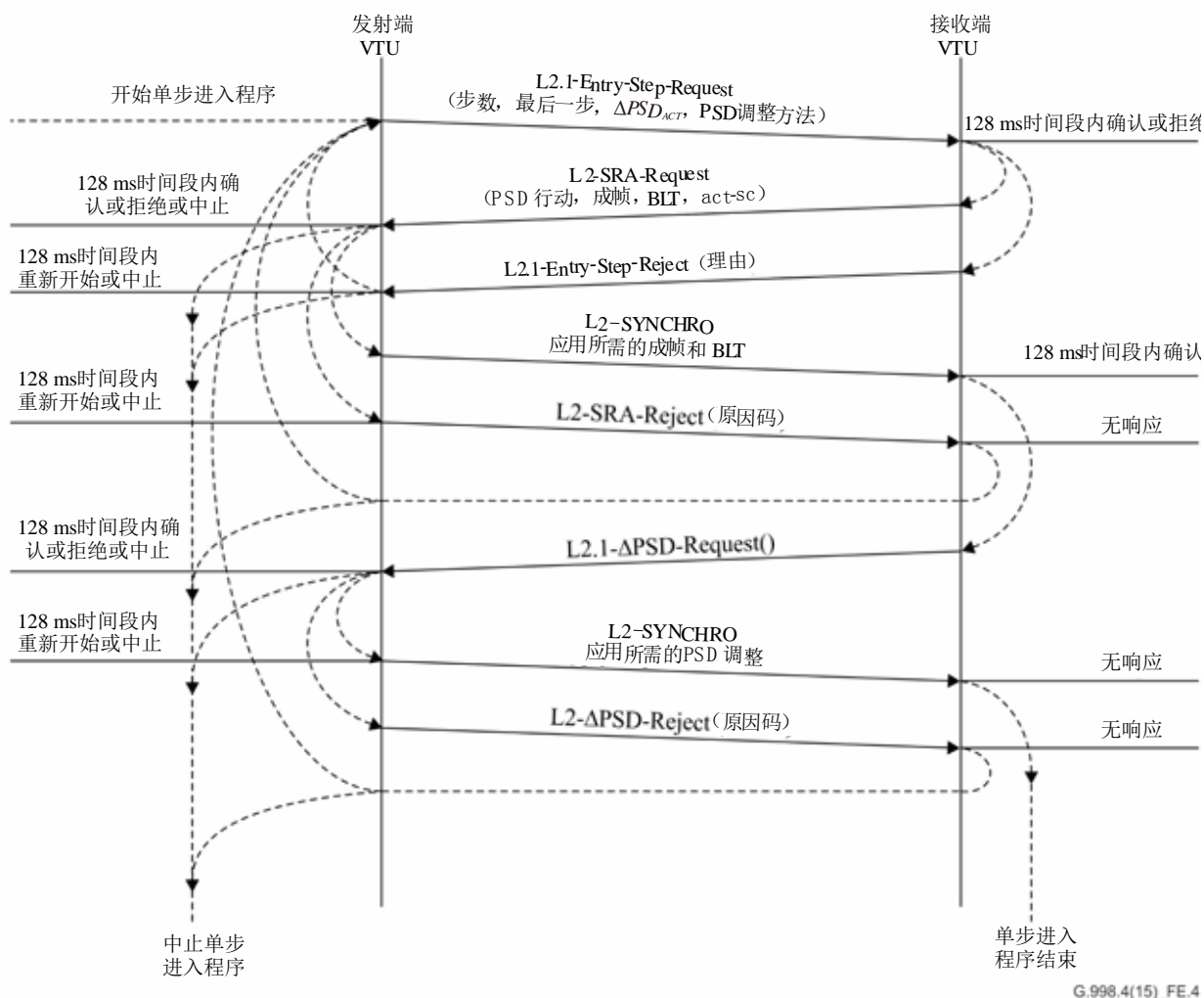
在单步进入程序中VTU之间的交换（参见图E.1中的L2.1进入程序和图E.4中的VTU交换）定义如下：

1. 发射VTU应通过发出一个L2.1-Entry-Step-Request命令（参见第E.5.1款）发起单步进入程序并等待确认。可以重复该L2.1-Entry-Step-Request命令直到收到确认。L2.1-Entry-Step-Request命令包含该步骤的序号以及该步骤是否是L2.1进入程序的最后一步。L2.1-Entry-Step-Request命令指示要在该步骤中应用的目标PSD调整（ $\Delta PSD_{TAR}$ ）以及是否应用PSD平调或限调。在发出L2.1-Entry-Step-Request命令后，发射端VTU应忽略来自接收端的VTU的任何OLR命令（参见第E.3.1.3款）。
2. 在收到L2.1-Entry-Step-Request命令后，在128 ms的时间段内，接收端VTU应通过发出L2-SRA-Request命令来确认L2.1-Entry-Step-Request命令，或者通过发出L2.1-Entry-Step-Reject响应来拒绝L2.1-Entry-Step-Request命令（参见第E.5.3款）。收到L2.1-Entry-Step-Request命令后，接收端VTU应丢弃任何未执行的OLR命令（参见第E.3.1.3款）。L2-SRA-Request命令指示将在该步骤中应用的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ，由接收机确定）、比特加载、激活子载波集合以及适合 $\Delta PSD_{ACT}$ 的成帧参数。接收端VTU应计算L2-SRA-Request命令中指示的传输参数（包括 $\Delta PSD_{ACT}$ ），以满足本条款中定义的所有边界条件和策略。
3. 在发出L2-SRA-Request命令后，在接下来的128 ms时间段内，接收端VTU应该期望接收第一个L2-SYNCHRO模式、一个L2-SRA-Reject响应或一条L2.1-Exit-Step-Request命令。在发出L2.1-Entry-Step-Reject响应之后，接收端VTU将期待新的L2.1-Entry-Step-Request命令（具有相同或不同的 $\Delta PSD_{TAR}$ 值）或L2.1-Exit-Step-Request命令。
4. 在收到L2-SRA-Request命令后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过发出第一个L2-SYNCHRO模式来确认L2-SRA-Request命令，或者通过发出带有相应原因码的L2-SRA-Reject响应来拒绝它，或者发出L2.1-Exit-Step-Request命令（如果发射端VTU在近端 $\gamma_{MGMT}$ 参考点收到L2.1-exit-request原语，且因此不可能继续进行L2.1进入程序，或者发射端VTU选择中止L2.1进入程序）。在收到L2.1-Entry-Step-Reject响应后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过新的L2.1-Entry-Step-Request命令（具有相同或不同的 $\Delta PSD_{TAR}$ 值）来确认L2.1-Entry-Step-Reject响应，或者发出L2.1-Exit-Step-Request命令。
5. 从第一个L2-SYNCHRO模式之后的第一个符号开始，发射端VTU和接收端VTU都将应用L2-SRA-Request命令中指示的比特加载和成帧参数。发射端VTU不应修改激活子载波和发射PSD集合。
6. 在收到第一个L2-SYNCHRO模式后，在64 ms的时间段内，接收端VTU应通过发送L2- $\Delta PSD$ -Request命令来确认第一个L2-SYNCHRO模式（参见第E.5.3款）。L2- $\Delta PSD$ -Request命令指示接收端VTU已准备好应用L2-SRA-Request命令中指示的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）。在发出L2- $\Delta PSD$ -Request命令之后，在接下来的128 ms时间段内，接收端VTU期望收到第二个L2-SYNCHRO模式或一条L2.1-Exit-Step-Request命令或一条L2- $\Delta PSD$ -Reject响应。如果接收端VTU在此时间段内未收到第二个L2-

SYNCHRO模式或一条L2.1-Exit-Step-Request命令或一条L2-APSD-Reject响应，则它应重新发出L2-APSD-Request命令。在收到一条L2-APSD-Reject响应后，接收端VTU不应确认L2-APSD-Reject响应，并在128 ms时间段内期望收到一个新的L2.1-Entry-Step-Request命令（与前一L2.1-Entry-Step-Request命令具有相同的步骤编号以及相同或不同的 $\Delta PSD_{TAR}$ 值）或L2.1-Exit-Step-Request命令。

7. 在收到L2-APSD-Request命令后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过发出第二个L2-SYNCHRO模式来确认L2-APSD-Request命令，或通过发出L2.1-Exit-Step-Request命令或L2-APSD-Reject响应来确认。
8. 从第二个L2-SYNCHRO模式之后的第一个符号开始，发射端VTU和接收端VTU都应按照第E.3.1.1.3款中定义的程序应用L2-SRA-Request命令中指示的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）。

如果在单步进入程序过程中，接收端VTU收到一个L2.1-Exit-Step-Request命令，则应放弃L2.1单步进入程序并按照第E.3.1.2款中定义的L2.1单步退出程序来确认L2.1-Exit-Step-Request命令。



图E.4 – 单步L2.1进入程序中的VTU交换

#### E.3.1.1.1.2 边界条件和策略

发射VTU应选择L2.1-Entry-Step-Request命令中指示的参数以满足以下边界条件：

- 目标PSD调整 ( $\Delta PSD_{TAR}$ ) 值不得超过L2.1-ATPD;
- 在L2.1中不允许禁用的子载波集合应等于L2-BANDS中指示的子载波集合的超集。

接收端VTU应选择L2-SRA-Request命令中指示的参数以满足以下边界条件：

- $\Delta PSD_{ACT} \leq \Delta PSD_{TAR}$ ;
- 在发出L2.1-Entry-Step-Request命令时未激活的所有子载波应保持未激活状态。在L2-BANDS指示的频带中的所有激活子载波应当保持激活（在L2.1链路子状态中将 $b_i$ 降低到 $b_i=0$ 时变成受监控的子载波）。其他激活子载波可能变为未激活。在L2链路状态期间应该存储未激活子载波的微增益（即 $g_i$ 值）和 $t_{ssi}$ 值，以便在第一个单步退出程序中使用。在L0链路状态下，激活子载波集合被定义为MEDLEY集合中线性标准 $g_i > 0$ 的子载波集合；
- 发射端VTU根据第E.3.1.2.1.3款中定义的程序应用实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ ) 导致的、每个进入步骤后的NOMATP下降（相对于发出L2.1-Entry-Step-Request命令的时刻）不得超过L2.1-ATPD;



- 发射端VTU根据E.3.1.2.1.3款中定义的程序应用实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ ) 导致的总NOMATP下降（相对于触发进入L2.1的时刻）不得超过L2.1-ATPRT；
- SNRM应等于或大于L2-TARSNRM，并应等于或小于L2-MAXSNRM；
- 如果单步进入程序不是L2.1进入程序的最后一步，那么原始成帧参数值应导致得到的 $ETR \geq L2.1-ETR-MAX$ ，且不超过 $ETR_{max}$ ；
- 如果单步进入程序是L2.1进入程序的最后一步，那么原始成帧参数值应导致得到的 $ETR \geq L2.1-ETR-MIN$ ，且不超过L2-ETR-MAX；

注 – 要求设定原始成帧参数实现L2.1的第一次退出操作，运用该参数得到的ETR等于或大于L2.1-ETR-MAX（参见第E.3.1.2款）。上述ETR边界条件意味着已经满足这一要求（假设L2.1退出程序第一步时的信道条件与L2.1进入程序最后一步时的相同）。这一要求也在L2.1稳态期间进行监控（参见第E.3.1.3款）。

在这些边界条件下，发射端VTU和接收端VTU应根据以下L2.1进入策略确定比特加载和成帧参数的修改以及PSD和激活子载波组传输的修改（下降）：

- 将目标PSD调整 ( $\Delta PSD_{TAR}$ ) 最大化到一个导致NOMATP下降不超过L2.1-ATPD的值。
- 将实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ ) 最大化到由发射端VTU为该步骤确定的目标PSD调整 ( $\Delta PSD_{TAR}$ ) ；
- 如果单步进入程序不是L2.1进入程序的最后一步：
  - 最大化ETR；

注 – 此策略保证在ETR被最大化且超过L2.1-ETR-MAX之后的每个中间步骤期间或之后实现退回到L0的平稳转变。

- 如果单步进入程序是L2.1进入程序的最后一步：
  - 最大化SNRM；
  - 最小化L2.1中的标称组合发射功率（L2.1-NOMATP）。

注 – 此策略意味着，在从L0进入到L2.1（见图E.1中的L2.1进入程序）完成后，该线路实现目标ATPT下降（或尽可能接近它），并提供所需的最小比特率，同时实现SNRM最大化。后一部分要求接收机最小化关闭的子载波数量，并增强其在第一步退出之后达到L2.1-ETR-MAX的能力。

#### E.3.1.1.1.3 应用实际PSD调整

发射端VTU应按如下方式应用实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ )：

- 如果单步进入程序是L2.1进入程序的第一步，则设置总PSD下降变量 $\Delta PSD_{TOT} = \Delta PSD_{ACT}$ ；否则将 $\Delta PSD_{TOT}$ 的当前值增加 $\Delta PSD_{ACT}$ ；
- 如果应用PSD平调，那么在所有激活子载波上的PSD发射（单位为dBm/Hz）应下降，以便：

$$L2.1-MREFPSD(f) = MREFPSD(f) - \Delta PSD_{TOT}$$



- 如果应用PSD限调，那么在所有激活子载波上的PSD发射（单位为dBm/Hz）应下降，以便：

$$L2.1-MREFPSD(f) = \text{MIN} (MREFPSD(f) ; MAXMREFPSD - \Delta PSD_{TOT}),$$

其中L2.1-MREFPSD在L2.1链路子状态中的应用方式与MREFPSD在L0链路状态中的应用方式相同，且

其中MAXMREFPSD是在初始化过程中用于在O-PRM消息或R-PRM消息中携带MREFPSD的PSD描述符中的最高PSD电平（参见[ITU-T G.993.2]第12.3.3.2.1.3款或[ITU-T G.993.2]第12.3.3.2.2.3款）。

- 按如下方式计算L2.1-NOMATP：

$$L2.1-NOMATP = 10\log_{10}\Delta f + 10\log_{10}\left(\sum_{i \in ACTIVE\ set} \left(10^{\frac{L2.1-MREFPSD[i]}{10}} g_i^2\right)\right),$$

其中ACTIVEset表示在L2-SRA-Request中指示的激活子载波集合；

- MEDLEY集合中在L2.1链路子状态期间未激活的子载波应具有Zi = 0；

注1 – 如果是未矢量化ITU-T G.993.2，这会导致U参考点无功率。

注2 – 如果是在矢量化ITU-T G.993.2，由于预补偿信号（即Zi'不等于0），U参考点可能有功率。

- 如果应用下行矢量化，下行PSD下降不对U-O参考点的预补偿信号值造成任何变化；
- MEDLEY集合中的子载波应在同步符号和数据符号期间以相同的PSD电平发送。
- ROC和RRC子载波不得设置为未激活。

注3 – 对于按照[ITU-T G.993.5]或按照[ITU-T G.993.2]附件X或Y工作的收发信机，实施者应避免修改MEDLEY集合中任何子载波上的收发信机阻抗。

### E.3.1.1.2 多步进入程序

在多步进入程序中，应多次执行单步进入程序，每次执行多步进入程序中的一个步骤。每次执行单步进入程序应按照第E.3.1.1.1款中定义的要求。多步L2.1进入程序中的所有步骤应使用相同的PSD调整方法（即全部PSD平调或全部PSD限调）。

在多步进入程序中，L2.1进入的后续单步程序只有在下列情况下才能得以发起：

- 在前一个单步输入程序完成后的整个时间段内，L2.1进入标准仍然满足；
- 该时间段超过了L2-TIME；且
- 在该时间段内不满足L2.1退出标准（参见第E.3.1.2款）。

如果在发起一个或多个步骤之后且在完成最后一步之前的一个多步骤L2.1进入程序期间满足了L2.1退出标准，则发射端VTU应当通过使用L2.1退出程序（如第E.3.1.2款中定义）发起转回到L0链路状态来中止多步进入程序。

### E.3.1.2 L2.1退回到L0

L2.1退出标准应定义为发射端VTU从上层功能收到原语，指示链路需要从L2.1链路子状态转出。

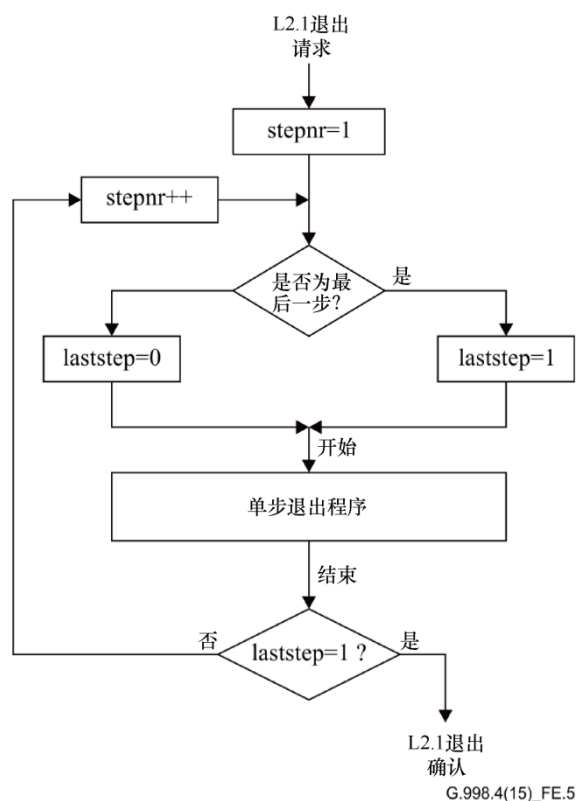
从L2.1转入到L0（L2.1退出程序）如图E.5所示。当链路处于L2.1链路子状态且满足L2.1退出标准时，发射端VTU应发起链路从L2.1链路子状态转入到L0链路状态（参见图E.1和图E.5中的L2.1-exit-request原语）转换。转换可以单步骤（使用第E.3.1.2.1款中定义的单步退出程序）或多步骤（使用第E.3.1.2.2款中定义的多步退出程序）完成。多步退出程序包括多次执行单步退出程序，每次执行多步退出程序中的一个步骤。

一旦发起L2.1退出程序，发射端VTU应完成L2.1退出程序以使链路退回到L0链路状态，而不考虑在执行L2.1退出程序过程中是否达到L2.1退出标准（参见第E.3.1.2款）。

在完成单步退出程序（用于单步转换）或多步退出程序的全部步骤（用于多步转换）时，应认为该链接返回到L0链接状态。在此之前，该链路应被视为处于L2.1链路子状态。

L2.1退出程序应使用由CO-MIB确定的以下L2配置参数（参见第E.4条）：

- 每步最大ATP（dB）增量（L2.1-ATPD）；
- 步骤之间的最短时间（L2-TIME）；
- L2.1中的最大ETR（L2.1-ETR-MAX）；
- L2中的最小SNR余量（L2-MINSNRM，只适用于单步退出程序）；
- L2.1中的目标SNR余量（L2-TARSNRM）；
- L2.1中的最大SNR余量（L2-MAXSNRM）。



图E.5 – L2.1退出程序

### E.3.1.2.1 单步退出程序

单步退出程序首先实现对PSD和激活子载波集合传输的修改，然后修改比特加载和成帧参数。

- 比特加载表（BLT）和成帧参数的修改，以及PSD和激活子载波集合传输的修改（增量）应分别在不同的超帧中执行。微增益（即gi值）不得修改。
- 为了触发比特加载表和成帧参数的修改，以及PSD电平和激活子载波集合传输的修改（增量），发射端VTU必须发送L2-SYNCHRO模式。单步退出程序的L2-SYNCHRO模式定义为与单步进入程序的L-SYNCHRO模式（如第E.3.1.1.1款中定义）相同。从L2-SYNCHRO模式最后一个符号之后的第一个符号开始，即从相应超帧的第9个符号计数（从0开始计数）开始，本修改将适用。
- 单步退出程序应在第一个L2-SYNCHRO模式之后实现对PSD电平和激活子载波集合传输的修改，然后在第二个L2-SYNCHRO模式之后修改比特加载和成帧参数。PSD电平的修改以及第一个和第二个L2-SYNCHRO模式之间的时间由发射端VTU控制。比特加载、激活子载波集合和成帧参数的修改由接收端VTU决定。

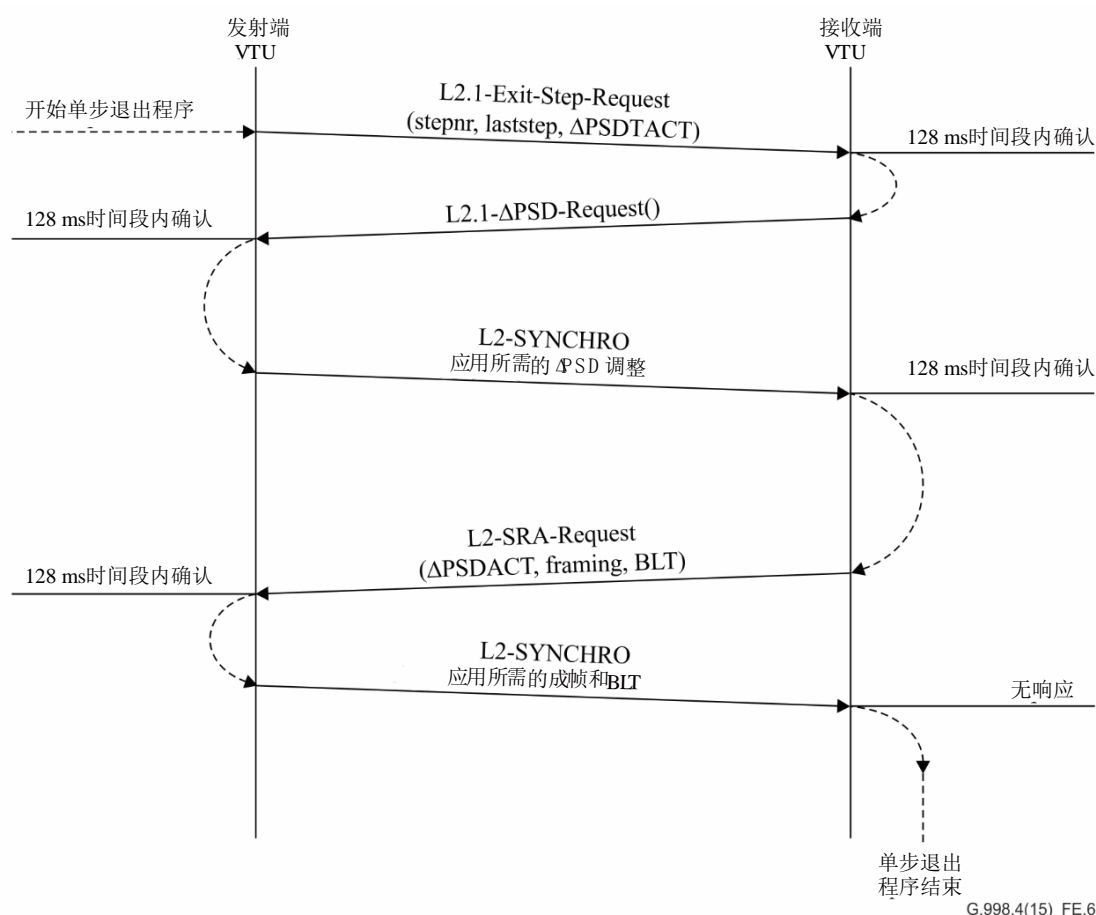
#### E.3.1.2.1.1 VTU之间的交换

在单步退出程序中VTU之间的交换（参见图E.1中的L2.1退出程序和图E.6条中的VTU交换）定义如下：

1. 发射端VTU应通过发出一个L2.1-Exit-Step-Request命令（参见第E.5.2款）发起单步进入程序并等待确认。可以重复该L2.1-Exit-Step-Request命令直到收到确认。L2.1-Exit-Step-Request命令包含该步骤的序号以及该步骤是否是L2.1进入程序的最后一步。L2.1-Exit-Step-Request命令指示实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）将在该步骤中应用。在发出L2.1-Exit-Step-Request命令后，发射端VTU应忽略来自接收VTU的任何OLR命令（参见第E.3.1.3款）。
2. 在收到L2.1-Exit-Step-Request命令后，在128 ms的时间段内，接收端VTU应通过发出L2- $\Delta$ PSD-Request命令来确认L2.1-Exit-Step-Request命令（参见第E.5.4款）。收到L2.1-Exit-Step-Request命令命令后，接收端VTU应丢弃任何未执行的OLR命令（参见第E.3.1.3款）。L2- $\Delta$ PSD-Request命令指示接收端VTU已准备好应用L2.1-Exit-Step-Request命令中指示的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）。
3. 在发出L2- $\Delta$ PSD-Request命令后，在接下来的128 ms时间段内，接收端VTU应该期望接收第一个L2-SYNCHRO模式。如果在接收第一个L2-SYNCHRO模式之前不止一次收到L2.1-Exit-Step-Request命令，那么接收端VTU应当用相同的L2- $\Delta$ PSD-Request命令确认每个L2.1-Exit-Step-Request命令。
4. 在收到L2- $\Delta$ PSD-Request命令后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过发出第一个L2-SYNCHRO模式来确认L2- $\Delta$ PSD-Request命令。
5. 从第一个L2-SYNCHRO模式之后的第一个符号开始，发射端VTU和接收端VTU都应按照第E.3.1.2.1.3款中定义的程序应用L2.1-Exit-Step-Request命令中指示的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）。发射端VTU不得修改比特加载和成帧参数。

6. 在收到第一个L2-SYNCHRO模式后，在128 ms的时间段内，接收端VTU应通过发送L2-SRA-Request命令来预估SNR并确认第一个L2-SYNCHRO模式（参见第E.5.3款）。L2-SRA-Request命令指示已在该步骤中应用的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ），以及与L2.1-Exit-Step-Request命令指示的实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）匹配的比特加载和成帧参数。在发出L2-SRA-Request命令之后，在接下来的128 ms时间段内，接收端VTU期望收到第二个L2-SYNCHRO模式。如果接收端VTU在此时间段内未收到第二个L2-SYNCHRO模式，则它应重新发出L2-SRA-Request命令。
7. 在收到L2-SRA-Request命令后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过发出第二个L2-SYNCHRO模式来确认L2-SRA-Request命令。
8. 从第二个L2-SYNCHRO模式之后的第一个符号开始，发射端VTU和接收端VTU都将应用L2-SRA-Request命令中指示的比特加载和成帧参数。

从发出L2.1-Exit-Step-Request命令到发送第二个L2-SYNCHRO模式的执行时间不应超过1秒。



图E.6 – 单步L2.1退出程序中的VTU交换

#### E.3.1.2.1.2 边界条件和策略

发射端VTU应选择L2.1-Exit-Step-Request命令中指示的参数以满足以下边界条件：

- 实际PSD调整（ $\Delta PSD_{ACT}$ ）值不得超过L2.1-ATPD；

- 第一个退出步骤的实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ ) 值应将导致NOMATP增量等于L2.1-ATPD, 相对于在所有子载波重新激活L2.1期间变为未激活状态后的NOMATP值。
- 如果单步退出程序是L2.1退出程序的最后一步:
  - $\Delta PSD_{ACT} = \Delta PSD_{TOT}$ ;
 注1 – 该 $\Delta PSD_{ACT}$ 值将让发射端PSD返回到在前一次启动从L0链路状态进入L2.1的瞬间使用过的发射端PSD。

接收端VTU应选择L2-SRA-Request命令中指示的发射参数以满足以下边界条件:

- 在第一个单步退出程序之后的激活子载波集合应等于在L0链路状态下的激活子载波集合。未激活子载波的微增益和tssi值应恢复至在前一次启动从L0链路状态进入L2.1的瞬间使用的值。在L0链路状态下, 激活子载波集合被定义为MEDLEY集合中线性标准 $g_i > 0$ 的子载波集合;
 

注2 – 因为在第一个单步退出程序期间重新激活了L2链路状态下未激活的所有子载波, 所以第一个单步退出程序造成的L2.1-NOMATP增量 (如第E.3.1.1.1款定义) 可能会高于L2.1-ATPD。
- 如果单步退出程序是L2.1退出程序的第一步, 而不是L2.1退出程序的最后一步:
  - 那么原始成帧参数值应导致得到的ETR等于或大于L2.1-ETR-MAX, 且不超过ETRmax;
  - SNRM应等于或大于L2-MINSNRM;
- 如果单步退出程序不是L2.1退出程序的第一步:
  - SNRM应等于或大于L2-TARSNRM, 且等于或小于L2-MAXSNRM;
- 如果单步退出程序是L2.1退出程序的最后一步:
  - SNRM应在MINSNRM和MAXSNRM的范围内;
  - 原始成帧参数值应 (根据信道情况如果可能) 导致衍生成帧参数NDR等于或大于在前一次启动从L0链路状态进入L2.1的瞬间使用的NDR;
  - 如果信道条件不允许前一次启动从L0链路状态进入L2.1的瞬间使用的NDR, 则L2-SRA-Request命令可能要求不同的原始成帧参数值 (导致衍生成帧参数NDR小于在前一次启动从L0链路状态进入L2.1的瞬间使用的NDR), 但仍符合CO-MIB配置。

在这些边界条件下, 发射端VTU和接收端VTU应根据以下L2退出策略确定PSD传输的修改 (增加) 以及比特加载和成帧参数的修改:

- 将实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ ) 最大化到一个导致NOMATP增量不超过L2.1-ATPD的值。
- 选择实现衍生ETR最大化的原始成帧参数。

注3 – 该策略意味着在第一个L2.1退出步骤之后 (在给定情况下线路达到或超过L2.1-ETR-MAX比特率之后), 以下每个步骤将导致尽可能最大的ETR增量。该策略提供最快返回到L0 (在给定的PSD增量约束条件下最少退出步骤)。

### E.3.1.2.1.3 应用实际PSD调整

发射端VTU应按如下方式应用实际PSD调整 ( $\Delta PSD_{ACT}$ ):

- 以 $\Delta PSD_{ACT}$ 的幅度减少 $\Delta PSD_{TOT}$ ;

- 如果在进入L2.1过程中应用PSD平调，那么在所有激活子载波上的PSD传输（单位为dBm/Hz）应增加，并在所有重新激活子载波上设置PSD传输，以便：

$$L2.1-MREFPSD(f) = MREFPSD(f) - \Delta PSD_{TOT}$$

- 如果进入L2.1过程中应用PSD限调，那么应在所有激活子载波上应用PSD传输（单位为dB），并在所有重新激活子载波上设置PSD传输，以便：

$$L2.1-MREFPSD(f) = \text{MIN} (MREFPSD(f) ; \text{MAXMREFPSD} - \Delta PSD_{TOT}),$$

其中L2.1-MREFPSD在L2.1链路子状态中的应用方式与MREFPSD在L0链路状态中的应用方式相同，且

其中MAXMREFPSD是在初始化程序用于在O-PRM消息或R-PRM消息中携带MREFPSD的PSD描述符中的最高PSD电平（参见[ITU-T G.993.2]第12.3.3.2.1.3款或[ITU-T G.993.2]第12.3.3.2.2.3款）。

如果应用下行矢量化，下行PSD增量不对U-O参考点的预补偿信号值造成任何变化。

注 – 对于按照[ITU-T G.993.5]或按照[ITU-T G.993.2]附件X或Y工作的收发信机，实施者应避免修改MEDLEY集合中任何子载波上的收发信机阻抗。

### E.3.1.2.2 多步退出程序

在多步退出程序中，应多次执行单步退出程序，每次执行多步退出程序中的一个步骤。每次执行单步退出程序应按照第E.3.1.2.1款中定义的要求。在执行第一个单步退出程序期间，在L2.1链路子状态中未激活的子载波应重新激活。

### E.3.1.3 L2.1中的在线重新配置

在L2.1链路子状态时（除执行L2.1进入程序或L2.1退出程序外），应满足以下边界条件：

- SNRM应等于或大于MINSNRM；
- 第一个L2.1退出步骤（假设当前信道条件）应允许得出的ETR等于或大于L2.1-ETR-MAX的成帧参数。

注1 – 第一个L2.1退出步骤需含得出的ETR等于或大于L2.1-ETR-MAX的成帧参数（参见第E.3.1.2款）。在L2.1链路子状态中，上述ETR边界条件保证了在第一个L2.1退出步骤中可以满足这个要求。

在L2.1链路子状态时（除执行L2.1进入程序或L2.1退出程序外），VTU应能够使用[ITU-T G.993.2]第11.2.2.3款中规定的比特交换程序（OLR请求类型1），旨在保证SNRM等于或大于L2-TARSNRM。

SRA（OLR请求类型5）应是L2.1进入和L2.1稳态期间的强制性能力。在执行L2.1进入程序或L2.1退出程序时或链路处于L2.1链路子状态时，不得使用SOS（OLR请求类型6）。通过CO-MIB中的下行速率适配模式（RA-MODE）实现的参数启用/禁用SRA功能仅适用于L0链路状态。

注2 – 在L2.1退出程序完成后，接收端VTU可以发起在L0链路状态中启用的OLR请求（请求类型1、请求类型5、请求类型6），以优化线路的性能。

注3 – 在OLR程序期间修改有效子载波的微增益可能会影响从L2.1退回到L0链路状态之后的ATP，这是因为当重新进入L0链路状态时，未激活子载波的微增益将恢复到先前L0链路状态时的值。

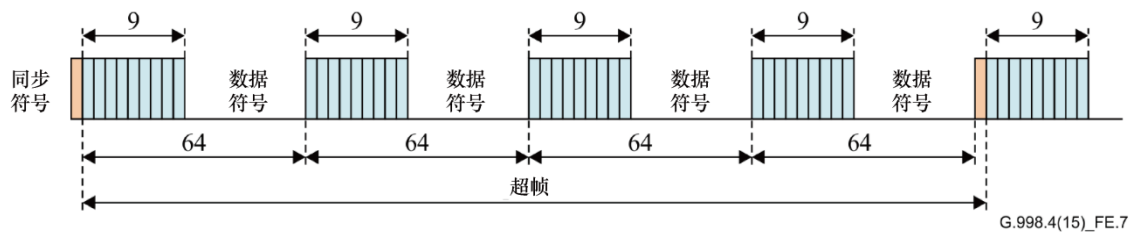


### E.3.2 链路子状态L2.2

L2.2链路子状态中LPMMode操作的主要应用是在没有用户活动时传输“保活”数据。除了在L2.1中应用的功率降低技术之外，对于L2.2链路子状态中的LPMMode操作，应该另外使用称为预定不连续操作（SDO）的功率调整技术。

使用SDO时，仅在每个超帧的256个可用数据符号位置的预定义子集中发送符号。每个超帧内的256个符号位置应该被分成四组64个连续符号位置。每个组应从发送数据符号的连续符号周期开始，接着是应发送静止符号（即所有子载波的 $Z_i = 0$ ）的连续符号位置。在链路子状态L2.2期间，发送数据符号的符号位置和发送静止符号的符号位置在所有超帧中应相同。

链路子状态L2.2期间的SDO如图E.7所示。共有四组，每组64个符号位置。在每个组中，数据符号在前9个符号位置中传输，而静止符号在后55个符号位置中传输。



图E.7 – 链路子状态L2.2示例

为L2.2进入和退出同步而定义的L2-SYNCHRO模式（参见第E.3.2.1和E.3.2.2款）应在同步符号位置发送，后面跟随第一组64个符号位置的前9个符号位置，而不是传送9个数据符号。

注1 – 在传输静止数据符号期间，应向PMS-TC应用反压，以防止发送eoc。

注2 – 对于按照[ITU-T G.993.5]或[ITU-T G.993.2]附件X或Y工作的收发信机，实施者应避免修改MEDLEY集合中任何子载波上的收发信机阻抗，包括在传输静止符号期间。

当链路处于L2.2链路子状态时，TPS-TC功能（参见第7条）、重传功能（参见第8条）、PMS-TC功能（参见第9条）、PMD功能（参见第10条）和重传管理功能（参见第11款）应适用，但有以下不同：

- 应在下行和上行两个方向禁用重传功能。无论通过RRC接收到什么内容（发射VTU应忽略RRC的内容），发射端VTU都不应重发DTU。但是，数据被映射到DTU中，其成帧参数和DTU大小的有效范围与链路子状态L2.1中的有效范围相同。
- $ETR_{min}$ 和 $ETR_{max}$ （参见第7.1.1款）在上行和下行方向不再适用。由于重传被禁用，因此不再通过CO-MIB为链路子状态L2.2定义特定的 $ETR$ 边界。
- $TAR_{SNRM}$ 、 $MAX_{SNRM}$ 和 $SNR_{OFFSET-ROC}$ （注3）不再适用。L2特有的 $SNRM$ 边界通过CO-MIB进行配置（参见第E.4条）。
- 测试参数不应在CO-MIB中更新，并且不应给 $ETR$ 、 $EFTR$ 和 $delay_{act\_RTX}$ 下定义（参见第11.2款）， $fec$ 和 $crc$ 异常以及 $leftr$ 和 $seftr$ 缺陷不应发生（参见第11.3款），并且通过 $\beta_1$ 参考点的无误码比特数应计为零（参见第11.4款）。

- $INP_{act\_SHINE}$ （参见第11.2.3款）可能小于 $INP_{min}$ （参见第7.1.1款），且可能低至0。
- $INP_{act\_REIN}$ （参见第11.2.4款）可能小于 $INP_{min\_rein}$ （参见第7.1.1款），且可能低至0。

注3 – 如果在L2.1链路子状态期间启用矢量化，则在L2.2链路子状态期间可能需要继续支持FEXT取消，目的是使用与L2.1链路子状态相同的比特加载。

在触发进入L2.2链路子状态之前，考虑到要在两个方向上禁止重传，发射端VTU应当评估接收信道的稳定性，。

### E.3.2.1 从L2.1进入到L2.2

L2.2进入标准应定义为超过500 ms时间段内没有通过 $\gamma$ 参考点从上层收到数据，且已经对接收到的信道是否具有足够的稳定性进行了评估。

如果链路处于L2.1链路子状态并且满足L2.2进入条件，发射端VTU应发起从L2.1链路状态转换到L2.2链路子状态（参见图E.1中的L2.2-entry-request原语）的链路转换。

L2.2链路子状态中的比特加载表（ $b_i$ ）、激活子载波集合和微增益（ $g_i$ ）应与L2.1稳态中的相同。

进入程序（参见图E.1中的L2.2进入程序）的定义如下：

1. 发射端VTU应通过发出一个L2.2-Entry-Request命令（参见第E.5.5款）发起L2.2进入程序并等待确认。可以重复该L2.2-Entry-Request命令直到收到确认。在发出L2.2-Entry-Request命令后，发射端VTU应忽略来自接收端VTU的任何OLR命令。
2. 在收到L2.2-Entry-Request命令后，在128 ms的时间段内，接收端VTU应丢弃任何未执行的OLR命令，且应通过L2.2-Entry-ACK响应来确认L2.2-Entry-Request命令，或者通过L2.2-Entry-Reject响应来拒绝L2.2-Entry-Request命令（参见第E.5.5款）。在发出L2.2-Entry-ACK响应之后，在接下来的128 ms时间段内，接收端VTU应该期望接收第一个L2-SYNCHRO模式。如果在收到L2-SYNCHRO模式之前多次收到L2.2-Entry-Request命令，接收端VTU应该通过L2.2-Entry-ACK响应分别来确认或通过L2.2-Entry-Reject响应分别来拒绝每个L2.2-Entry-Request命令。
3. 在收到L2.2-Entry-ACK响应后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过发送L2-SYNCHRO模式来确认L2.2-Entry-ACK响应。在收到L2.2-Entry-Reject响应时，发射端VTU可以重复发出L2.2-Entry-Request命令。
4. 从L2-SYNCHRO模式之后的第一个符号开始，发射端VTU应在通过SDO定义的数据符号位置发送数据符号（参见第E.3.2款）、接收端VTU接收应在通过SDO定义的数据符号位置接收数据符号（参见第E.3.2款）。

在完成L2.2进入程序时，链路应被认为处于L2.2链路子状态，直到执行L2.2退出程序或链路转换到L3链路状态。

当链路处于L2.2链路子状态时，接收端VTU应通过OLR跟踪信道变化（如噪音变化）。如果接收端VTU检测到L2.2子状态期间的 $SNRM$ 小于L2-MINSNRM，它应向发射端VTU发出一个带有原因码“OLR2”的L2.2-RX-Exit-Request命令（参见第E.5.6款）。当链路处于L2.1链路子状态时，应使用标准OLR程序对 $SNRM$ 进行调整（如第E.3.1.3款所定义）。在此OLR程序完成后，如果仍然满足L2.2进入条件（参见图E.1中的L2.2-entry-request原语），则发射端VTU应发起链路从L2.1链路子状态转换到L2.2链路子状态的链路转换。



在链路处于L2.1子状态时，如果发射端VTU检测到由于存在REIN而导致错误发生，则发射端VTU不应发起链路从L2.1链路子状态转换到L2.2链路子状态的链路转换。在链路处于L2.2链路子状态时，如果接收端VTU检测到REIN的存在，它应向发射端VTU发出一个带有原因码“REIN”的L2.2-RX-Exit-Request命令（参见第E.5.6款）。

### E.3.2.2 从L2.2退出到L2.1

L2.2退出标准应被定义为发射端VTU从上层管理功能收到指示需要链路转出L2.2链路子状态的原语，或者发射端VTU检测到持久化可能触发重新训练，或者发送端VTU从接收端VTU收到L2.2-RX-Exit-Request命令。

如果链路处于L2.2链路子状态并且满足L2.2退出条件，发射端VTU应发起链路从L2.2链路状态转换到L2.1链路子状态（参见图E.1中的L2.2-exit-request原语）。

退出程序（参见图E.1中的L2.2退出程序）的定义如下：

1. 发射端VTU应通过发出一个L2.2-Exit-Request命令（参见第E.5.6款）发起L2.2退出程序并等待确认。可以重复该L2.2-Exit-Request命令直到收到确认。
2. 在收到L2.2-Exit-Request命令后，在128 ms的时间段内，接收端VTU应通过L2.2-Exit-ACK响应来确认L2.2-Exit-Request命令（参见第E.5.6款）。在发出L2.2-Exit-ACK响应之后，在接下来的128 ms时间段内，接收端VTU应该期望接收第一个L2-SYNCHRO模式。如果在收到L2-SYNCHRO模式之前多次收到L2.2-Exit-Request命令，接收端VTU应该通过L2.2-Eenry-ACK响应分别来确认每个L2.2-Exit-Request命令。
3. 在收到L2.2-Exit-ACK响应后，在128 ms的时间段内，发射端VTU应通过发送L2-SYNCHRO模式来确认L2.2-Exit-ACK响应。
4. 从L2-SYNCHRO模式之后的第一个符号开始，发射端VTU应在通过参数为L2.1操作定义的所有数据符号位置发送数据符号、接收端VTU应在通过参数为L2.1操作定义的所有数据符号位置接收数据符号。

在完成L2.2退出程序时，链路应被认为返回到L2.1链路子状态，在那之前，链路应被认为处于L2.2链路子状态。

## E.4 CO-MIB配置和状态报告

表E.1中定义了与LPMODE相关的CO-MIB配置参数。表E.2中定义了与LPMODE相关的CO-MIB报告参数。

注 – 宽带论坛建议在L2.1退出程序中的第一个退出步骤后出现的数据速率为5 Mbit/s（参见第E.3.1.2款）。这样的数据速率允许L2.1退出到L0，不另外需要导致过度时延或服务中断的退出步骤。该数据速率可以是L2.1-ETR-MAX的适当设置值。

表E.1 – LPMoDe相关的CO-MIB配置参数

配置参数	ITU-T G.997.1参考	定义
强制性功率管理状态（PMSF）	7.3.1.1.3	强制性功率管理状态表示通过CO-MIB强制VTU进入PM状态。
功率管理状态启用（PMMoDe）	7.3.1.1.4	功率管理模式表示允许的链路状态。该参数在初始化期间向VTU-R通信。比特0：表明L3链路状态是允许的（1）还是不允许的（0）。 比特1：表明L2.1链路子状态在下行方向是允许的（1）还是不允许的（0）。 比特2：表明L2.2链路子状态在下行方向是允许的（1）还是不允许的（0）。
L2.1进入或L2.1退出程序期间连续L2 $\Delta$ PSD调整之间的最小时间间隔（L2-TIME）	7.3.1.1.6	在L2.1进入或L2.1退出程序期间，在连续L2 $\Delta$ PSD调整之间应用相同发射PSD的最短时间（单位为秒）。其取值范围从0到255秒，步长为1秒。
在L2.1进入或退出程序期间，每个L2 $\Delta$ PSD调整分别对应的总发射功率（降低或增量）的最大增量值（L2.1-ATPD）	7.3.1.1.7	在L2.1进入或L2.1退出程序期间，每个L2 $\Delta$ PSD调整对应的总发射功率（单位为dB）的最大增量值其取值范围从0到31 dB，步长为1 dB。
L2.1中的最大总发射功率降低（L2.1-ATPRT）	7.3.1.1.9	在L2.1链路子状态中允许实施的最大总发射功率的降低（单位为dB）。它是在L2.1进入或L2.1退出程序期间所有L2 $\Delta$ PSD调整导致的ATP降低之和。其取值范围从0到31 dB，步长为1 dB。
进入L2的时间阈值（L2.1-ENTRY-TIME）		触发从L0链路状态转入到L2.1链路子状态的时间段（单位为秒）。其取值范围从1到255秒，步长为1秒。
L2.1-ETR-MIN		在L2.1链路子状态下应维护的最小ETR（单位为kbit/s）。其取值范围从256 kbits/s到8192 kbits/s，步长为8 kbit/s。
L2.1-ETR-MAX		在L2.1链路子状态下应维护的最大ETR（单位为kbit/s）（注）。其取值范围从4096 kbits/s到32768 kbits/s，步长为8 kbit/s。
L2-MINSNRM		多步L2.1退出程序中第一个L2.1退出步骤后允许的最小SNR余量（单位为dB）。其取值范围从0到31 dB，步长为0.1 dB。
L2-TARSNRM		在L2.1链路子状态下维护的目标SNR余量（单位为dB）。其取值范围从0到31 dB，步长为0.1 dB。

表E.1 – LPMoDe相关的CO-MIB配置参数

配置参数	ITU-T G.997.1参考	定义
L2-MAXSNRM		L2.1链路子状态下的最大SNR余量（单位为dB），包括进入L2.1链路子状态和退出L2.1链路子状态。其取值范围从0到31 dB，步长为0.1 dB。
L2-BANDS		不允许禁用处于L2.1链路子状态子载波的频段。

表E.2 – LPMoDe相关的CO-MIB报告参数

配置参数	ITU-T G.997.1参考	定义
功率管理状态（PM-STATE）	7.5.1.5	链路所处的功率管理状态（即L0、L2.1、L2.2或L3）。其值由近端VTU控制功能配置（可能基于通过CO-MIB强制性配置）和/或由远端控制功能配置。它是为下行和上行单独定义的。
PSD调整方法		在前一次进入L2.1链路子状态时应用的PSD调整类型。PSD调整方法的有效值是“PSD平调”和“PSD限调”。

向VTU-R通信的CO-MIB配置参数包含在表E.3所示的G.998.4 LPMoDe参数字段中。G.998.4 LPMoDe参数字段应包含在初始化消息O-TPS（参见表C.3）的G.998.4参数字段中。

表E.3 – O-TPS的ITU-T G.998.4 LPMoDe参数字段

字段编号	字段名称	格式	说明
1	参数字段长度	1个字节	ITU-T G.998.4 LPMoDe参数字段中的数据字节总数（注）。
2	L2.1-ATPDds	1个字节	参见表E.1
3	L2.1-ATPRTds	1个字节	参见表E.1
4	L2-MINSNRMds	2个字节	参见表E.1
5	L2-TARSNRMds	2个字节	参见表E.1
6	L2-MAXSNRMds	2个字节	参见表E.1
7	L2.1-ETR-MINds	2个字节	参见表E.1
8	L2.1-ETR-MAXds	2个字节	参见表E.1
9	L2-BANDSds	variable	参见表E.1
注 – 如果遵守本附件的操作被禁用，则数据字节总数可能为0。			

#1字段“参数字段长度”表示ITU-T G.998.4 LPMODE参数字段中的数据字节数。数据字节是该长度指示符字节之后的字节（即从ITU-T G.998.4 LPMODE参数字段中的倒数第二字节起计数的所有字节）。包含此字节以允许不支持ITU-T G.998.4 LPMODE的VTU-R仍能正确解析O-TPS。

#2字段“L2.1-ATPDds”是1字节字段，表示为0到31范围内的无符号整数（0 dB至31 dB，步长为1 dB）。

#3字段“L2.1-ATPRTds”是1字节字段，表示为0到31范围内的无符号整数（0 dB至31 dB，步长为1 dB）。

#4字段“L2-MINSNRMds”是2字节字段，表示为0到310范围内的无符号整数（0 dB至31 dB，步长为0.1 dB）。

#5字段“L2-TARSNRMds”是2字节字段，表示为0到310范围内的无符号整数（0 dB至31 dB，步长为0.1 dB）。

#6字段“L2-MAXSNRMds”是2字节字段，表示为0到310范围内的无符号整数（0 dB至31 dB，步长为0.1 dB）。

#7字段“L2.1-ETR-MINds”是2字节字段，表示为8 kbit/s倍数的ETR。

#8字段“L2.1-ETR-MAXds”是2字节字段，表示为8 kbit/s倍数的ETR。

#9字段“L2-BANDSds”是一个频段描述符，如[ITU-T G.993.2]表12-22所定义。

## E.5 VTU-O和VTU-R之间协调链路状态转换

本条款修改了[ITU-T G.993.2]第11.2.3.9款中L2链路状态及其链路子状态L2.1和L2.2的功率管理eoc消息。

本条款定义了以下eoc消息：

- L2.1-Entry-Step-Request命令和响应（参见第E.5.1款）；
- L2.1-Exit-Step-Request命令和响应（参见第E.5.2款）；
- L2-SRA-Request命令和响应（参见第E.5.3款）；
- L2-ΔPSD-Request命令和响应（参见第E.5.4款）；
- L2.2-Entry-Request命令和响应（参见第E.5.5款）；
- L2.2-Exit-Request命令和响应（参见第E.5.6款）。

### E.5.1 L2.1-Entry-Step-Request命令和响应

L2.1-Entry-Step-Request命令在表E.4中定义。L2.1-Entry-Step-Request响应在表E.5中定义。L2.1-Entry-Step-Request命令应由发射端VTU发起以执行单步L2.1进入程序。L2.1-Entry-Step-Request命令包含步骤序号以及该步骤是否是L2.1进入程序的最后一步。L2.1-Entry-Step-Request命令指示目标PSD调整( $\Delta PSD_{TAR}$ )以及是应用PSD平调还是限调。接收机应通过发出L2-SRA-Request命令来确认该命令，或者通过发出L2.1-Entry-Step-Reject响应以及表E.5中定义的相应原因码来拒绝该命令。

该命令和响应的第一个字节在[ITU-T G.993.2]表11-4中定义（标称优先级）。另一字节分别在表E.4和表E.5中定义。

表E.4 – 发射端VTU发出的L2.1-Entry-Step-Request命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.1-Entry-Step-Request	5	2	01 <sub>16</sub> （注1）
		3	1个字节，包含： 比特7（MSB）：设置为1，表示该步骤是L2.1进入程序的最后一步； 比特6-0（LSB）：步骤数，表示为无符号整数（注2）。
		4	1个字节，包含 $\Delta PSD_{TAR}$ 值，取值范围从0到25.5 dB，单位为0.1 dB，表示为无符号整数。
		5	PSD调整方法： 00 <sub>16</sub> ：PSD平调 01 <sub>16</sub> ：PSD限调 （注1）

注1 – ITU-T保留其它所有值。

注2 – 对于L2.1进入程序的第一步，步骤数应设置为“1”，且多步进入程序的每一个后续步骤应增加1。

表E.5 – 接收端VTU发出的L2.1-Entry-Step-Request响应

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2-SRA-Request	参见第E.5.3款。		参见第E.5.3款。
L2.1-Entry-Step-Reject	3	2	81 <sub>16</sub> （注）
		3	1个字节，代表原因码，其有效值如下： 01 <sub>16</sub> – 忙 02 <sub>16</sub> – 无效参数 03 <sub>16</sub> – 过多PSD降低 （注）
注 – ITU-T保留其它所有值。			

## E.5.2 L2.1-Exit-Step命令和响应

L2.1-Exit-Step-Request命令在表E.6中定义。L2.1-Exit-Step-Request响应在表E.7中定义。发起L2.1-Exit-Step-Request命令以执行单步L2.1退出程序，其中指示将从L2-SYNCHRO模式之后的第一个数据符号位置开始应用实际PSD调整（参见第E.3.1.2款）。

该命令和响应的第一个字节在[ITU-T G.993.2]表11-2中定义（高优先级）。另一字节分别在表E.6和表E.7中定义。

表E.6 – 发射端VTU发出的L2.1-Exit-Step-Request命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.1-Exit-Step-Request	4	2	02 <sub>16</sub> （注1）
		3	1个字节，包含： 比特7（MSB）：设置为1，表示该步骤是L2.1退出程序的最后一步； 比特6-0（LSB）：步骤数，表示为无符号整数（注2）。
		4	1个字节，包含 $\Delta PSD_{ACT}$ 值，取值范围从0到25.5 dB，单位为0.1 dB，表示为无符号整数（注3）。

注1 – ITU-T保留其它所有值。

注2 – 对于L2.1退出程序的第一步，步骤数应设置为“1”，且多步退出程序的每一个后续步骤应增加1。

注3 – 应按照相关L2.1-Entry-Step-Request命令的要求使用相同类型的PSD调整（平调或限调）。

表E.7 – 接收端VTU发出的L2.1-Exit-Step-Request响应

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2- $\Delta PSD$ -Request	参见第E.5.4款。		参见第E.5.4款。

### E.5.3 L2-SRA-Request命令和响应

L2-SRA-Request命令在表E.8中定义。L2-SRA-Request命令由接收端VTU发起，并用L2-SYNCHRO模式确认或用表E.9中定义的响应拒绝。L2-SRA-Request消息指示将要从随后的L2-SYNCHRO模式（参见第E.3.1.1和E.3.1.2款）之后的第一个数据符号位置开始应用实际PSD调整、比特加载（仅比特，没有增益且没有频音索引，每个子载波总共4比特）、激活子载波集合以及成帧参数。子载波分组（子载波分组值（G）为1、2或4）应将命令缩短到不需要分段的长度。

L2-SRA-Request命令中指示的参数修改时间应按照第Q.3.1.1.1款（单步骤程序）中的规定执行。

该命令和响应的第一个字节在[\[ITU-T G.993.2\]](#)表11-2中定义（高优先级）。另一字节分别在表E.8和表E.9中定义。

表E.8 – 接收端VTU发出的L2-SRA-Request命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2-SRA-Request	可变	2	03 <sub>16</sub> （注1）
		3	1个字节，包含 $\Delta PSD_{ACT}$ 值，取值范围从0到25.5 dB，单位为0.1 dB，表示为无符号整数。
		4-5	包含新 $L_1$ 值的2个字节
		6	包含新 $B_{10}$ 值的1个字节
		7	包含新 $M_1$ 值的1个字节
		8	包含新 $R_1$ 值的1个字节
		9	包含新 $Q$ 值的1个字节
		10	包含新 $V$ 值的1个字节
		11	包含新 $Q_{tx}$ 值的1个字节
		12	包含新 $lb$ 值的1个字节
		13	比特加载的子载波分组值（G，G=1、2或4）。
		可变	使用子载波分组的MEDLEY集合第1频段比特加载（注2、注3）。
		可变	使用子载波分组的MEDLEY集合第2频段比特加载（注2、注3）。
		...	...
		可变	使用子载波分组的MEDLEY集合最后一个频段比特加载（注2、注3）。

注1 – ITU-T保留字节数2的其它所有值。

注2 – 下行方向MEDLEY集合的频带在O-PRM（[\[ITU-T G.993.2\]](#)表12-30）中定义，上行方向MEDLEY集合的频带在R-PRM（[\[ITU-T G.993.2\]](#)表12-36）中定义，采用的频段描述符格式如[\[ITU-T G.993.2\]](#)表12-22所定义。频带的比特加载长度是 $\lceil (\text{最后一个子载波的索引} - \text{第一个子载波的索引} + 1) / (2 \times G) \rceil$ 个字节（每个子载波组4比特，其中如果频带中的子载波组数是奇数，最后一个字节的LSB设置为0）。

注3 – 如果发出该命令是为了响应L2.1-Entry-Step-Request命令，则每个子载波编码 $F_{16}$ 的4比特是一个特殊值，表示该子载波应为未激活状态并保持未激活状态，直到接收L2.1-Exit-Step-Request命令。

表E.9 – 发射端VTU发出的L2-SRA-Request响应

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2-SRA-Reject	3	2	83 <sub>16</sub> （注1）
		3	1个字节，代表原因码，其有效值如下（注1）： 01 <sub>16</sub> – 忙 02 <sub>16</sub> – 无效参数
L2.1-Exit-Step-Request （注2）	参见第E.5.2款。		参见第E.5.2款。
注1 – ITU-T保留其它所有值。 注2 – 只有当它通过近端γ_MGMT参考点收到L2.1-exit-request原语（因此不能继续进行L2.1进入程序）时，或者当它选择中止L2.1进入程序时，发射端VTU才会使用该命令。			

#### E.5.4 L2-ΔPSD-Request命令和响应

L2-ΔPSD-Request命令在表E.10中定义。L2-ΔPSD-Request命令由接收端VTU发起，并用L2-SYNCHRO模式确认或用表E.11中定义的响应拒绝。L2-ΔPSD-Request命令表示接收端VTU已准备好由发射端VTU从随后的L2-SYNCHRO模式（参见条款E.3.1.1和E.3.1.2）之后的第一个数据符号位置开始应用ΔPSD调整（在L2.1-Exit-Step-Request命令中指示）。

该命令和响应的第一个字节在[\[ITU-T G.993.2\]](#)表11-2中定义（高优先级）。另一字节分别在表E.10和表E.11中定义。

表E.10 – 接收端VTU发出的L2-ΔPSD-Request命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2-ΔPSD-Request	2	2	04 <sub>16</sub> （注）
注 – ITU-T保留其它所有值。			



表E.11 – 发射端VTU发出的L2-APSD-Request响应

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2-APSD- Reject （注2、注3）	3	2	84 <sub>16</sub> （注1）
		3	1个字节，代表原因码，其有效值如下（注1）： 01 <sub>16</sub> – 忙

注1 – ITU-T保留其它所有值。  
 注2 – 发射端VTU只能在L2.1进入程序期间使用此命令。在L2.1退出程序期间，发射端VTU应准备好执行L2-APSD-Request。  
 注3 – 只有当它通过近端γ\_MGMT参考点收到L2.1-exit-request原语（因此不能继续进行L2.1进入程序）时，或者当它选择中止L2.1进入程序时，发射端VTU才会使用该命令。

### E.5.5 L2.2-Entry-Request命令和响应

L2.2-Entry-Request命令在表E.12中定义。L2.2-Entry-Request响应在表E.13中定义。L2.2-Entry-Request命令发起为L2.2链路子状态所定义的传输进入程序，从随后的L2-SYNCHRO模式（参见第E.3.2.1款）之后的第一个数据符号位置开始。

该命令和响应的第一个字节在[\[ITU-T G.993.2\]](#)表11-4中定义（标称优先级）。另一字节分别在表E.12和表E.13中定义。

表E.12 – 发射端VTU发出的L2.2-Entry-Request命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.2-Entry- Request	2	2	05 <sub>16</sub> （注）

注 – ITU-T保留其它所有值。

表E.13 – 接收端VTU发出的L2.2-Entry-Request响应

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.2-Entry- ACK	2	2	80 <sub>16</sub> （注）
L2.2-Entry- Reject	3	2	85 <sub>16</sub> （注）
		3	1个字节，代表原因码，其有效值如下（注）： 01 <sub>16</sub> – 忙

注 – ITU-T保留其它所有值。

### E.5.6 L2.2-Exit-Request命令和响应

L2.2-Exit-Request 命令在表 E.14 中定义。L2.2-Exit-Request 响应在表 E.15 中定义。L2.2-Exit-Request 命令发起为 L2.1 链路子状态所定义的传输退出程序，从随后的 L2-SYNCHRO 模式（参见第 E.3.2.1 款）之后的第一个数据符号位置开始。

该命令和响应的第一个字节在 [\[ITU-T G.993.2\]](#) 表 11-4 中定义（标称优先级）。另一字节分别在表 E.14 和表 E.15 中定义。

表 E.14 – 发射端 VTU 发出的 L2.2-Exit-Request 命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.2-Exit-Request	2	2	06 <sub>16</sub> （注）
注 – ITU-T 保留其它所有值。			

表 E.15 – 接收端 VTU 发出的 L2.2-Exit-Request 响应

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.2-Exit-ACK	2	2	80 <sub>16</sub> （注）
注 – ITU-T 保留其它所有值。			

### E.5.7 L2.2-RX-Exit-Request命令和响应

L2.2-RX-Exit-Request 命令在表 E.16 中定义。L2.2-RX-Exit-Request 响应在表 E.17 中定义。L2.2-RX-Exit-Request 命令是接收端 VTU 发出的、退出 L2.2 链路子状态的请求，目的是为了在 L2.1 链路子状态（原因码“OLR”）时执行 OLR 而或者为了存在 REIN 时避免链路处于 L2.2 链路子状态（原因代码“REIN”）。

该命令和响应的第一个字节在 [\[ITU-T G.993.2\]](#) 表 11-4 中定义（标称优先级）。另一字节分别在表 E.16 和表 E.17 中定义。

表 E.16 – 接收端 VTU 发出的 L2.2-RX-Exit-Request 命令

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.2-RX-Exit-Request	3	2	07 <sub>16</sub> （注1）
		3	1个字节，代表原因码，其有效值如下（注1）： 01 <sub>16</sub> – OLR 02 <sub>16</sub> – REIN
注 – ITU-T保留其它所有值。			

**表E.17 – 发射端VTU发出的L2.2-RX-Exit-Request响应**

名称	长度（字节）	字节数	内容
L2.2-Exit-Request	参见第E.5.6款。		参见第E.5.6款。

# 附录I

## 发射状态机

(本附录非本建议书不可分割的组成部分。)

### I.1 参考发射状态机

注 – 下面得出的参考发射状态机等式假设在不插入同步符号的情况下数据符号以频率 $f_s$ 传输。

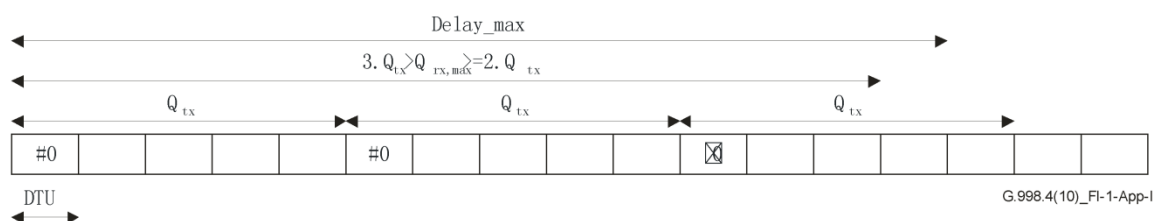
参考发射状态机在最后一次发送相同的DTU后重传未确认的DTU（正好 $Q_{tx}$  DTUs）。在第一次传输相同的DTU后，未确认的DTU不会重传超过 $delay\_max$ 。因此，以DTU数（ $Q_{rx,max}$ ）表示的接收缓冲器最大容量可以从 $delay\_max$ 中得出，如下：

$$Q_{rx,max} = \left\lfloor \frac{Delay\_max \cdot f_s}{S \cdot Q} \right\rfloor$$

同样，为了满足最小延迟要求 $delay\_min$ ，以DTU数（ $Q_{rx,min}$ ）表示的接收缓冲器最小容量可以从 $delay\_min$ 得出，如下：

$$Q_{rx,min} = \left\lceil \frac{Delay\_min \cdot f_s}{S \cdot Q} \right\rceil$$

发射状态机对每单位时间的重传次数没有限制。



图I.1 – DTU多次重传示例，其中 $SID=0$  and  $2 \cdot Q_{tx} \leq Q_{rx,max} < 3 \cdot Q_{tx}$

对于参考发射状态机，在不存在REIN（即 $INP\_REIN\_min=0$ ）的情况下可以校正的最长脉冲（单位为DMT符号）为：

$$INP = \begin{cases} \lfloor (N_{ret} \times Q_{tx} - 1) \times S \times Q \rfloor & \text{if } Q_{tx} \geq roundtrip_{DTU} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中  $roundtrip_{DTU} = \left\lceil \frac{HRT_{tx}^S + HRT_{Rx}^S}{S \cdot Q} \right\rceil + HRT_{Tx}^{DTU} + HRT_{Rx}^{DTU} + 1$  是DTU中的总双程。

$N_{ret}$ 是满足最大时延约束条件下的最大重传数，如第8.6.4款所定义。

如果需要REIN保护（即 $INP\_REIN\_min > 0$ ），则INP由下式给出：

$$INP = \lfloor ((N_{ret} - 1) \times Q_{tx} - 1) \times S \times Q \rfloor$$

但需要满足以下条件：

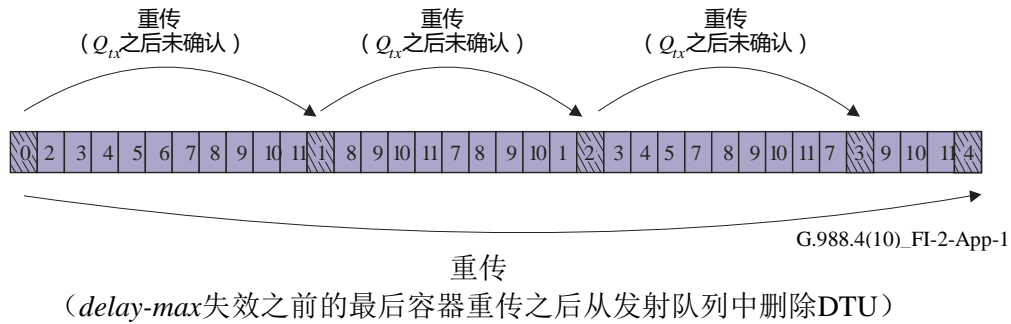
- (i)  $N_{ret} \geq 2$
- (ii)  $Q_{tx} \geq roundtrip_{DTU}$

$$\begin{aligned}
\text{(iii)} \quad & \left( N_{ret} \times Q_{tx} + \left\lceil \frac{INP\_min\_rein}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1 \right) \times S_1 \times Q \leq \left\lfloor \frac{k \times f_{DMT}}{f_{REIN}} \right\rfloor \\
\text{(iv)} \quad & N_{ret} \times Q_{tx} \geq \left\lceil \left( \left\lceil \frac{(k-1) \times f_{DMT}}{f_{REIN}} + INP\_min\_rein \right\rceil \right) \times \frac{1}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1 \\
\text{(v)} \quad & \left( Q_{tx} + \left\lceil \frac{INP\_min\_rein}{S_1 \times Q} \right\rceil + 1 \right) \times S_1 \times Q \leq \left\lfloor \frac{f_{DMT}}{f_{REIN}} \right\rfloor
\end{aligned}$$

如果上述任何条件都不满足，则INP为0。

## I.2 最后机会重传状态机

如果位于TX重传缓冲区任何位置的DTU超过 $delay\_max$ 约束条件，因为它将在下一个出DTU容器之后重传，那么DTU将在下一个输出容器中重传，并标记为已确认。缓冲区中不需要其它更改。已发送的DTU没有被加入队列的开始。尽管此前的重传当时并未得到确认，但最后机会重传是成功的。其它DTU的定时（重新）传输被一个DTU容器延迟。图I.2描述了此方案。



图I.2 – 最后机会重传状态机的图示

最后机会重传状态机提供 $INP\_min$ 到 $delay\_max$ 的最高可达到脉冲噪音保护。

## 附录II

### MTBE加速测试的原因

(本附录非本建议书不可分割的组成部分。)

本附录说明加速MTBE测试中 $P_{DTU}$ 要求的原因。

平稳噪音会根据噪音级别触发重传。可以假设由于平稳噪音导致DTU损坏的概率对于同一DTU的所有重传是相同的。这是因为与Viterbi解码器的影响相比，重传之间的时间间隔很大。

如果考虑只有平稳噪音的环境，重传后的MTBE可以计算为：

$$MTBE_{RET} = \frac{T_{DTU}}{(P_{DTU})^{M_{RET}+1}}$$

其中：

$MTBE_{RET}$  是重传后的MTBE，单位为秒

$P_{DTU}$  是DTU被破坏的概率，即在单个传输中没有正确接收DTU

$T_{DTU}$  是DTU的时长，单位为秒

$M_{RET}$  是抗平稳噪音误码的附加鲁棒性允许的重传次数。这是除了满足各种脉冲噪音保护要求所需的重传次数之外，系统可另外支持的重传次数。

相反，如果给定所需的 $MTBE_{RET}$ ，则所需的 $P_{DTU}$ 可以计算为：

$$P_{DTU} = \left( \frac{T_{DTU}}{MTBE_{RET}} \right)^{\frac{1}{M_{RET}+1}}$$

在本版ITU-T G.998.4建议书中，假定 $M_{RET} = 1$ 。允许进一步优化性能的操作条件有待进一步研究。在这种情况下，可以得到：

$$P_{DTU} = \left( \frac{T_{DTU}}{MTBE_{RET}} \right)^{1/2}$$

我们进一步假定 $MTBE_{RET} = 14400$ 秒（参见第10.3款）。这样，可以得到：

$$P_{DTU} = \left( \frac{T_{DTU\_in\_DMT}}{14400 \times f_s} \right)^{1/2} = \frac{8.3333 \times 10^{-3}}{\sqrt{f_s}} \times (T_{DTU\_in\_DMT})^{1/2}$$

其中：

$f_s$  是符号率，单位为Hz

$T_{DTU\_in\_DMT}$  是DTU的时长，单位为DMT符号。它等于 $Q \times S_1$ 。

如第8.1款所述， $T_{DTU\_in\_DMT}$ 的变化范围是 $1/2$ 到4个DMT符号。

表II.1中列出了选择不同DTU大小时 $P_{DTU}$ 的一些数值示例。

表II.1 – 表示为DTU时长函数的 $P_{DTU}$ 值

$T_{DTU\_in\_DMT}$	$P_{DTU}$ for $f_s=4000$	$P_{DTU}$ for $f_s=8000$
0.5	$0.9317 \times 10^{-4}$	$0.6588 \times 10^{-4}$
1	$1.3176 \times 10^{-4}$	$0.9317 \times 10^{-4}$
2	$1.8634 \times 10^{-4}$	$1.3176 \times 10^{-4}$
4	$2.6352 \times 10^{-4}$	$1.8634 \times 10^{-4}$

由平稳噪音校正导致的重传开销（ $STAT\_OH$ ，参见表9-2）约等于 $P_{DTU}$ 。在表9-2中，该值近似为单个值 $10^{-4}$ ，与DTU大小和符号率无关。该值符合表II.1中所示的取值范围。

## 参考书目

- [b-TR-126] Broadband Forum TR-126 (2006), *Triple-Play Services Quality of Experience (QoE) Requirements*.





## ITU-T 系列建议书

A 系列	ITU-T 工作的组织
D 系列	关税和会计原则与国际电信/ICT 经济 and 政策问题
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
<b>G 系列</b>	<b>传输系统和媒质、数字系统和网络</b>
H 系列	视听和多媒体系统
I 系列	综合业务数字网
J 系列	有线网和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K 系列	干扰的防护
L 系列	环境与 ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、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	测量设备技术规程
P 系列	电话传输质量、电话装置、本地线路网络
Q 系列	交换和信令及相关措施和试验
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	数据网和开放系统通信及安全
Y 系列	全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z 系列	用于电信系统的语言和一般软件问题