



国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.7041/Y.1303

(12/2003)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络

经传送网的数据 — 一般概况

Y系列：全球信息基础设施、互联网的协议问题

互联网的协议问题 — 传输

通用成帧程序(GFP)

ITU-T G.7041/Y.1303建议书

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
测试设备	G.500-G.599
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
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
概述	G.7000-G.7099
传送网的控制方面概况	G.7700-G.7799
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

通用成帧程序（GFP）

摘 要

本建议书规定一个通用成帧程序（GFP），利用它对来自高层的、八比特组定位的、可变长度净荷作出描述使其能相继映射进诸如 ITU-T G.707/Y.1322 和 G.709/Y.1331 建议书定义的那些八比特组同步通道。本建议书规定：

- GFP 起始点和终端点之间传递的协议数据单元（PDU）的帧格式；
- 客户信号映射进 GFP 的映射程序。

来 源

ITU-T G.7041/Y.1303 建议书由 ITU-T 第 15 研究组（2001-2004）按照 ITU-T A.8 建议书的程序于 2003 年 12 月 14 日通过。

关键词

通用定帧程序、光传送网、同步数字体系。

前 言

ITU（国际电信联盟）是联合国在电信领域内的专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是 ITU 的常设机构。ITU-T 负责研究技术的、操作的和资费的问题，并且为实现全世界电信标准化，就上述问题发布建议书。

每 4 年召开一次的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，然后由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议拟定了批准 ITU-T 建议书的程序。

在 ITU-T 研究范围内的某些信息技术领域中使用的必要标准是与 ISO 和 IEC 共同编写的。

注

在本建议书中，“主管部门”一词是电信主管部门和经认可的经营机构的简称。

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

ITU 提请注意：本建议书的应用或实施可能需要使用已声明的知识产权。ITU 对有关已声明的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见，无论其是由 ITU 成员还是由建议书制定过程之外的其它机构提出的。

到本建议书批准之日为止，ITU 尚未收到实施本建议书时可能需要的受专利保护的知识产权方面的通知。但是，本建议书实施者要注意，这可能不代表最新信息，因此强烈敦促本建议书的实施者查询电信标准化局专利数据库。

© 国际电联 2004

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
1 范围	1
2 参考文献	1
3 术语和定义	2
4 缩写	2
5 约定	4
6 GFP 的共同特征	4
6.1 GFP客户帧的基本信号结构	5
6.2 GFP控制帧	15
6.3 GFP帧层的功能	15
7 帧映射 GFP 的净荷特定特征	19
7.1 以太网MAC净荷	19
7.2 IP/PPP净荷	19
7.3 通过FC-BBW_SONET的光纤通路净荷	21
7.4 在帧映射GFP中差错处理	22
7.5 IEEE 802.17 RPR净荷	22
8 8B/10B 客户透明映射进 GFP 的净荷特定特征	22
8.1 GFP-T的共同特征	22
8.2 在64B/65B编码中运行不均匀性	26
8.3 客户特定的信号失效特征	29
8.4 8B/10B客户整速率透明映射进GFP	31
8.5 8B/10B客户异步（整速率或子速率）映射进GFP	35
附录 I — GFP 应用功能模型示例	35
附录 II — GFP 净荷类型的样本	38
附录 III — 说明传输次序和 CRC 计算的 GFP 帧示例	39
附录 IV — 在透明 GFP 使用的超块数目	42
IV.1 引言	42
IV.2 “备用”带宽的计算	42
IV.3 CMF可用带宽的计算	43
附录 V — 以太网传送的带宽要求	44

引言

GFP 为适配传送网上来自高层客户信号的业务流提供一种通用的机制。客户信号可能是面向 PDU 的（例如，IP/PPP 或以太网 MAC），面向块编码的固定比特率数据流（例如，光纤通道或 ESCON/SBCON）。

GFP 的规格由共同特征和客户特定特征两部分组成。GFP 的共同特征适用于所有 GFP 适配的业务流，在第 6 节规定。GFP 的客户特定特征在第 7 和 8 节规定。通常，为 GFP 规定两种客户信号适配模式。

- 面向 PDU 的适配模式，称为帧映射的 GFP(GFP-F)，在第 7 节规定。
- 面向块编码的适配模式，称为透明 GFP(GFP-T)，在第 8 节规定。

图 1 表明高层客户信号，GFP 和它的传送通道之间的关系。

以太网	IP/PPP	其他客户信号
GFP 客户特定特征 (净荷相关)		
GFP 共同特征 (净荷无关)		
SDH VC- <i>n</i> 通道	其他八比特组 通道	OTN ODU _k 通道

G.7041/Y.1303_F1

图 1/G.7041/Y.1303—GFP与客户信号和传送通道的关系

图 2 表明 GFP 运行的环境。

在帧映射适配模式，客户/GFP 适配功能运行在客户信号的数据链路层（或更高层）。要求客户 PDU 可见性。在从数据层网络（例如，IP 路由器构造或以太网交换构造（图 2 的 C/C'））或者传送网元（TNE）的例如，桥路、交换或路由功能接收客户 PDU 时获得这种可见性。在后一种情况，客户 PDU 是通过例如，以太网接口（图 2 的 A/A'）来接收。

对于透明适配模式，客户/GFP 适配功能运行在编码的字符流上，而不是在输入客户 PDU 上。因而，需要对客户信号输入代码字间隔的处理（在图 2B/B'）。

典型地，在点 A 和 A'、B 和 B'、C 和 C'、A 和 C'以及 C 和 A'之间能够建立互连。注意，B 和 B'的物理端口类型必须相同才能支持互连，而 A 和 A'的物理端口类型可以不一样。

在附录 I 可以找到与上述 GFP 处理有关的某些高层功能模型。

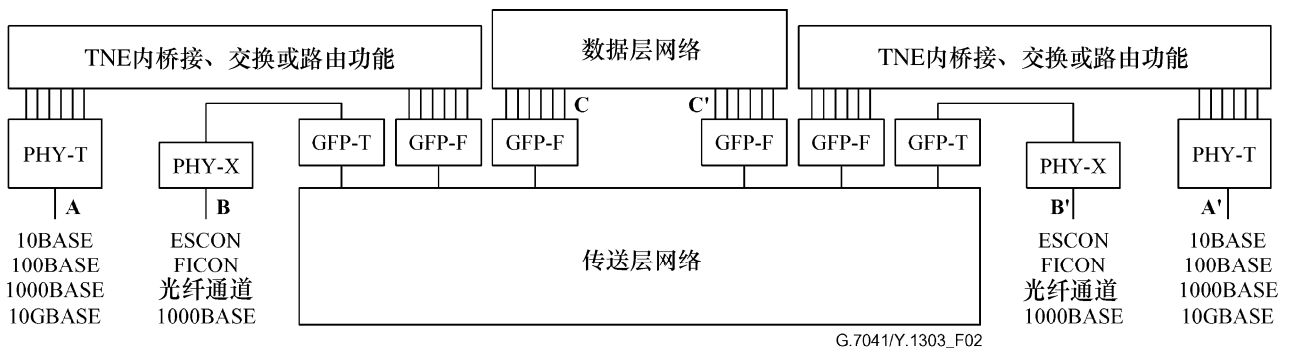


图 2/G.7041/Y.1303—GFP功能模型（单客户）

通用成帧程序（GFP）

1 范围

本建议书规定一种通用成帧程序（GFP），利用它对各种客户信号的可变长度净荷加以包封，使其能相继地在如 ITU-T G.707/Y.1322 和 G.709/Y.1331 建议书规范的 SDH 和 OTN 网络上传送。本建议书规定：

- GFP 起始点和终端点之间传递的协议数据单元（PDU）的帧格式；
- 客户信号映射进 GFP 的映射程序。

本建议书叙述的成帧程序能适用于包封整个客户帧（帧映射 GFP），其中单个客户帧被映射进单个 GFP 帧，或者，字符映射传送（透明 GFP），其中若干个客户数据字符被映射进 GFP 帧内传送用的有效块码。

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 Recommendation G.707/Y.1322 (2003), *Network node interface for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*.
- ITU-T Recommendation G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)*.
- ITU-T Recommendation G.783 (2000), *Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) equipment functional blocks*.
- ITU-T Recommendation G.798 (2002), *Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks*.
- ITU-T Recommendation G.806 (2004), *Characteristics of transport equipment – Description methodology and generic functionality*.
- ITU-T Recommendation I.432.1 (1999), *B-ISDN user-network interface – Physical layer specification: General characteristics*.
- ISO/IEC 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level Data Link Control (HDLC) procedures – Frame structure*.
- IEEE Standard 802.3-2002, *Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*.
- ANSI X3.230-1994, *Fibre Channel – Physical and Signaling Interface (FC-PH)*.

- ANSI X3.296-1997, *Information Technology – Single-Byte Command Code Sets CONNECTION (SBCON) Architecture*.
- ANSI INCITS 342-2001, *Information Technology – Fibre Channel Backbone (FC-BB)*.
- ANSI INCITS 372-2003, *Information Technology – Fibre Channel Backbone (FC-BB-2)*.
- IETF RFC 1661 (1994), *The Point-to-Point Protocol (PPP)*.
- IETF RFC 1662 (1994), *PPP in HDLC-like Framing*.
- ETSI (CENELEC): EN 50083-9 (1998), *Cable distribution systems for television, sound signals and interactive multimedia signals; Part 9: Interfaces for CATV/SMATV Headends and Similar Professional Equipment for DVB/MPEG-2 transport streams (DVB Blue Book A010), Annex B, Asynchronous Serial Interface*.

3 术语和定义

本建议书规定下列术语：

- 3.1 frame-mapped GFP 帧映射：** GFP 映射的一种类型，其方式是接收一个客户信号帧就将它整个映射进一个 GFP 帧。
- 3.2 channel ID 通路 ID：** CID 是一个 8 比特的二进数字用来指示在 GFP 的起始/终端点之间 256 个通信通路之一。
- 3.3 client data frame 客户数据帧：** 客户数据帧是一个内容来自客户信号净荷数据的 GFP 帧。
- 3.4 client management frame 客户管理帧：** 客户管理帧是一个内容与 GFP 源和宿之间 GFP 连接管理有关信息的 GFP 帧。
- 3.5 control frame 控制帧：** 控制帧是用来控制 GFP 连接的 GFP 帧。在规规定只有控制时是空闲的帧。
- 3.6 Maximum Transmission Unit (MTU) 最大传输单元：** 在八比特组中，GFP 净荷区的最大尺寸。
- 3.7 running disparity 运行不均匀性：** 由块状线路码，例如 8B/10B 使用的一种程序，用于平衡传输的 1 和 0 在时间上的数目。在线路编码子块的终端，如果发送到该点的 1 比 0 多，运行不均匀性为正；如果发送的 0 比 1 多就是负。编码器利用运行不均匀性之值，为下一个字符映射选择发送两种可能的代码之一，使发送的 1 和 0 的数目得到平衡。
- 3.8 Source/Destination Port (SP/DP) 源/目的端口：** 在物理接口上逻辑上可访问的入口。
- 3.9 superblock 超块：** 超块提示多个 64B/65B 编码和 CRC-16 组成的透明 GFP 结构，用来在超块的比特上提供净荷八比特组定位和差错控制。参见图 8-3。
- 3.10 transparent GFP 透明 GFP：** GFP 映射的一种类型，在这种方式中，块编码的客户字符被解码然后映射进固定长度的 GFP 帧，并可能被立即传输，而不等待整个客户数据帧的接受。

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

ANSI 美国国家标准协会

ASI	DVB 用的异步接口
ATM	异步传送模式
cHEC	核心 HEC
CID	通路 ID
CoS	服务等级
CRC	循环冗余校验
CSF	客户信号失效
DE	放弃资格
DP	目的端口
DST	目的
DVB	数字视频广播
eHEC	扩展 HEC
EOF	帧终点
ESCON	企业系统连接
EXI	扩展的报头识别符
FC	光纤通路
FCS	帧校验序列
FICON	光纤连接
GFP	通用成帧程序
GFP-F	帧映射 GFP
GFP-T	透明 GFP
HDLC	高层数据链路控制
HEC	报头差错校验
IEEE	电气和电子工程师学会
IFG	帧间间隙
IP	互联网协议
IPG	信息包间间隙
ISDN	综合业务数字网
ISO	国际标准化组织
ITU-T	国际电信联盟电信标准化部门
LCC	最末控制字符
LOL	光损耗
LOS	信号丢失
LSB	最低有效位
MAC	媒质访问控制
MAPOS	在 SONET/SDH 上多重访问协议
MSB	最高有效位

MTU	最大传输单元
NE	网元
OA&M	操作、管理和维护
ODU	光数据单元
OTN	光传送网
PDU	协议数据单元
PFI	净荷 FCS 指示符
PLI	净荷长度指示符
PPP	点到点协议
PTI	净荷类型识别符
RD	运行不均匀性
RPR	弹性信息包环
SBCON	单字节指令代码组连接
SDH	同步数字体系
SOF	帧起始
SONET	同步光网络
SP	源端口
SPE	同步净荷包封
SRC	源
SSF	服务器信号失效
STS	同步传送信号
tHEC	类型 HEC
TSF	路径信号失效
TTL	存活时间
UPI	用户净荷识别符

5 约定

传输次序：在本建议书的所有图中，信息传输的次序是先从左到右再从顶到底。在每个字节内，最高有效位首先传输。最高有效位表示在所有图的左边。

未规定字段的值：任何未规定报头字段的默认值是 0，除非另有说明。

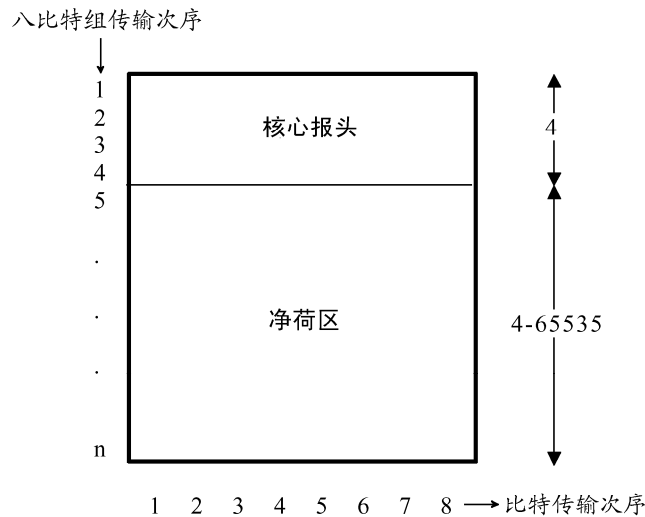
6 GFP的共同特征

本节讨论八比特组定位净荷用的 GFP 的共同（协议无关）特征。成帧的净荷映射进 SDH VC-*n* 的方式规范在 ITU-T G.707/Y.1322 建议书。成帧的净荷映射进 OTN ODU_k 净荷的方式规范在 ITU-T G.709/Y.1331 建议书。

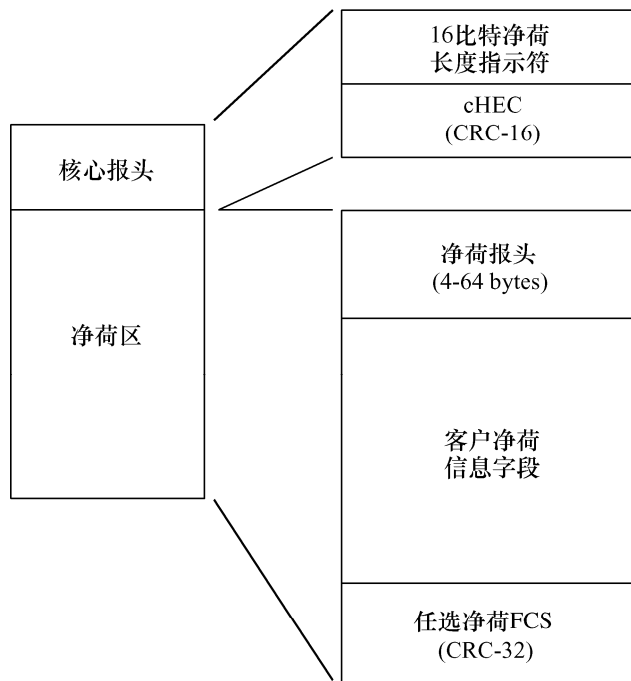
GFP 使用为异步传送模块 (ATM) 规定的基于 HEC 帧表述机制 (见 ITU-T I.432.1 建议书) 的变形。规定了两大类 GFP 帧: GFP 客户帧和 GFP 控制帧。在 6.1 节和 6.2 节分别规定 GFP 客户帧和 GFP 控制帧的帧格式。GFP 也支持柔性 (净荷) 报头扩展机制, 便于在使用各种传送机制时进行 GFP 适配。在 6.1.2.3 说明普遍规定的净荷扩展报头类型。

6.1 GFP客户帧的基本信号结构

在图 6-1 示出 GFP 帧的格式。GFP 帧是八比特组定位的、由 GFP 核心报头、除 GFP 空闲帧之外、和 GFP 净荷区构成。



a) 帧的大小和传输次序



G.7041/Y.1303_F6-1

b) GFP客户帧的字段结构

图 6-1/G.7041/Y.1303—GFP客户帧的帧格式

6.1.1 GFP 核心报头

在图 6-2 示出 GFP 核心报头格式。GFP 核心报头的四个八比特组由 16 比特 PDU 长度指示符字段和 16 比特核心报头差错校验 (cHEC) 字段构成。这些报头允许 GFP 帧表述与高层 PDU 的内容没有关系。

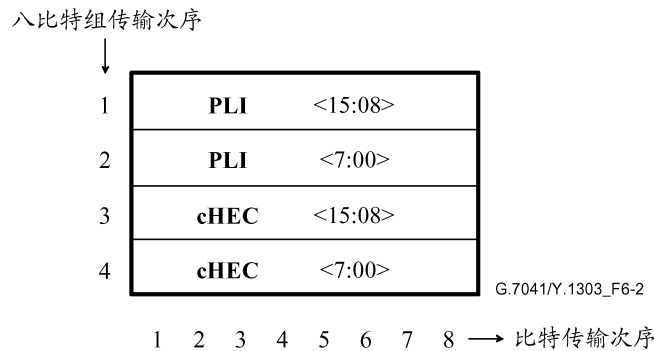


图 6-2/G.7041/Y.1303—GFP核心报头格式

6.1.1.1 PDU长度指示符 (PLI) 字段

两个八比特组 PLI 字段含有一个二进制数字代表在 GFP 净荷区内八比特组的数目。在 GFP 客户帧中 PLI 字段的绝对最小值是 4 个八比特组。PLI 值 0-3 留给 GFP 控制帧用 (见 6.2 节)。

6.1.1.2 核心HEC (cHEC) 字段

两个八比特组核心报头差错控制字段含有 CRC-16 差错控制代码, 利用赋予单比特差错纠正或多比特差错检测能力的方式保护核心报头内容的完整性。cHEC 序列从整个核心报头的八比特组算得, 如 6.1.1.2.1 的规定。

6.1.1.2.1 HEC的处理

HEC 的生成多项式是 $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, 初始化值为零, 其中 x^{16} 相当于 MSB, x^0 相当于 LSB。

cHEC 字段由源适配过程产生, 采用下列步骤 (见附录 I/V.41):

- 1) 首先, 按网络八比特组的顺序将 GFP 帧的头两个八比特组取作最高有效位形成一个 16 比特的脉型代表 15 次多项式 $M(x)$ 的系数。
- 2) 用 x^{16} 乘 $M(x)$ 并以 $G(x)$ 除 (模 2), 产生一个 15 次或更低次的余数 $R(x)$ 。
- 3) $R(x)$ 的系数被当作一个 16 比特序列, 其中 x^{15} 是最高有效位。
- 4) 这个 16 比特序列就是 CRC-16, 其中传输的 CRC-16 的第一个比特是 x^{15} 的系数, 传输的最末位比特是 x^0 的系数。

宿适配过程按源适配过程同样的方法实行第 1-3 步。在没有比特差错时, 余数应为 0000 0000 0000 0000。

在核心报头应完成单个差错校正。GFP 宿适配过程应当丢弃那些检测出有多比特差错的 GFP 帧中的任何一个。宿适配过程也修改性能监测用的任何相关系统记录。

6.1.1.3 核心报头扰码

为了 DC 平衡采用具有十六进制数 B6AB31E0 的异或运算（模 2 加）对核心报头进行扰码。这个数是长度为 32、最大过渡、最小旁瓣的 Barker 状序列。GFP 核心报头扰码增强了 GFP 帧描述程序的强度，并为空闲传输周期提供了足够数量的 0-1 和 1-0 过渡。

6.1.2 GFP净荷区

GFP 净荷区由 GFP 核心报头之后的 GFP 帧内所有的八比特组构成，用于传送高层特定协议信息。这个可变长度区可能含有 4 到 65 535 个八比特组。如图 6-3 所示，GFP 净荷区由两个公共的部分组成：净荷报头和净荷信息字段。还支持一个任选的净荷 FCS (pFCS) 字段。

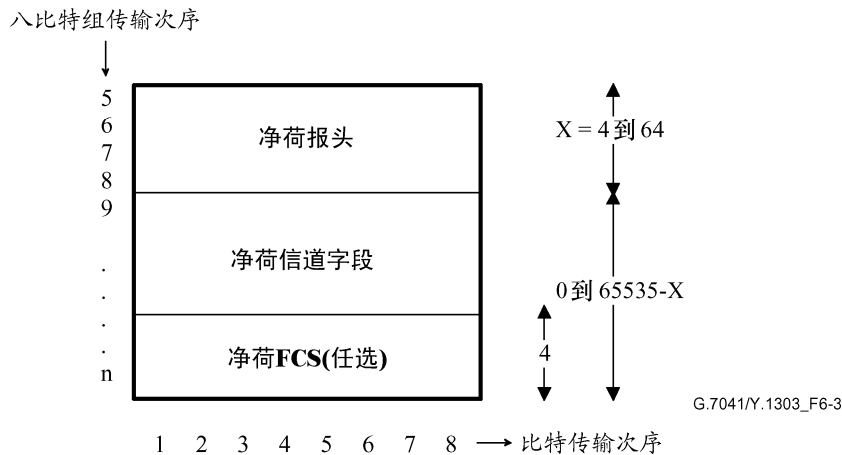


图 6-3/G.7041/Y.1303—GFP净荷区格式

GFP 净荷区的具体 GFP MTU 的大小是应用规格。实现方案应支持传送和接收的 GFP 帧的 GFP 净荷区至少有 1600 个八比特组。早先的安排同意 GFP 的实现方案可以使用另外的 MTU 值。支持帧映射光纤通路的实现方案应支持至少有 2156 个八比特组的 GFP 净荷区。

6.1.2.1 净荷报头

净荷报头是一个可变长度区，长为 4 到 64 个八比特组，意图支持为高层客户信号规定的的数据链路管理程序。图 6-4 说明 GFP 净荷报头的结构。该区含有两个强制性字段，类型和 tHEC 字段，以及数目可变的附加净荷报头字段。这一群附加的净荷报头字段称为扩展报头。类型字段规定是否存在扩展报头及其格式，以及是否存在任选的净荷 FCS。tHEC 保护类型字段的完整性。

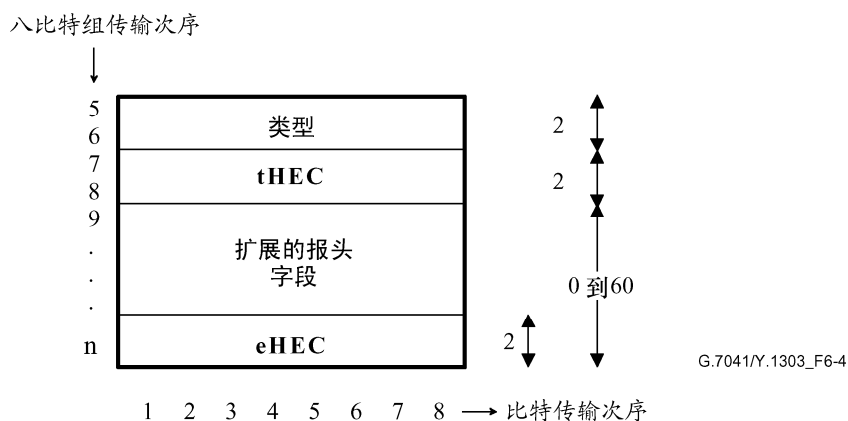


图 6-4/G.7041/Y.1303— GFP净荷报头格式

实现方式应当支持对具有长度在 4-64 个八比特组范围内任何长度净荷报头的 GFP 帧完成接收。

6.1.2.1.1 GFP类型字段

GFP 类型字段是净荷报头的强制性两个八比特组字段，指示 GFP 净荷信息字段的内容及格式（见 6.1.2.2 节）。类型字段区分 GFP 帧类型和多业务环境中不同的业务。如图 6-5 所示，类型字段由净荷类型识别符（PTI），净荷 FCS 指示符（PFI），扩展报头识别符（EXI）和用户净荷识别符（UPI）组成。

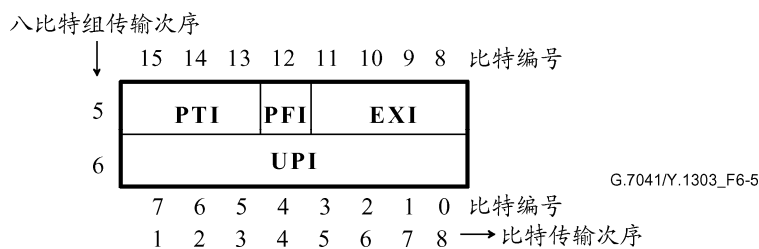


图 6-5/G.7041/Y.1303—GFP类型字段格式

对于 PTI 值不是 000 或 100 的 UPI 字段的解释有待研究。在附录 II 表明作为样本的类型字段值。

6.1.2.1.1.1 净荷类型识别符

类型字段的 3 比特子字段用于辨明 GFP 客户帧的类型。当前已定义两类客户帧：用户数据帧 (PTI = 000) 客户管理帧 (PTI = 100)。在表 6-1 给出 PTI 的码点。

表 6-1/G.7041/Y.1303—GFP净荷类型识别符

类型比特 <15:13>	用途
000	客户数据
100	客户管理
其他	待用

6.1.2.1.1.2 净荷FCS指示符 (PFI)

类型字段的一比特子字段指示净荷 FCS 字段有 (PFI = 1) 或没有 (PFI = 0)。

6.1.2.1.1.3 扩展报头识别符 (EXI)

类型字段的四比特子字段辨明扩展报头 GFP 的类型。当前定义了三类扩展报头：空扩展报头，线形扩展报头和环形扩展报头。表 6-2 给出 EXI 的码点。

表 6-2/G.7041/Y.1303—GFP扩展报头识别符

类型比特 <11:8>	用途
0000	空扩展报头
0001	线形帧
0010	环形帧
其他	待用

6.1.2.1.1.4 用户净荷识别符 (UPI)

一个八比特字段识别在 GFP 净荷信息字段内传送的净荷类型。UPI 字段的解释与 GFP 客户帧的类型有关，如 PTI 子字段指示的那样。客户数据帧的 UPI 值在 6.1.3.1 节规范，客户管理帧的 UPI 值在 6.1.3.2 节规范。

6.1.2.1.2 类型HEC(tHEC)字段

两个八比特组的类型报头差错控制字段包含 CRC-16 差错控制代码，利用使能单比特差错校正和多比特差错检测的方式保护类型字段内容的完整性。类型报头由类型字段和 tHEC 组成。

采用与 cHEC 一样的生成步骤（见 6.1.1.2.1 节）并除去下列例外，生成 tHEC 字段的内容：

- 一 对 tHEC 将步骤 1) 修改为：用类型字段中除去 tHEC 字段本身后所有的八比特组形成 $M(x)$ 。

GFP 宿适配过程应完成对由 tHEC 字段保护的类型字段的单比特差错校正。GFP 宿适配过程应当抛弃已检出多比特差错的那些 GFP 帧的任何一个。宿适配过程还修正性能监测用的任何相关系统记录。

6.1.2.1.3 GFP扩展报头

净荷扩展报头是一个 0 到 60 八比特组的扩展字段（包括 eHEC），它支持技术上特定的数据链路报头，诸如，虚链路识别符、源/目的地址、端口编号、业务等级、扩展的报头差错控制等。在净荷报头类型字段内 EXI 比特的内容指示扩展报头的类型。

为了支持在逻辑环形或逻辑点到点（线形）配置上客户特定的数据，当前定义三种扩展报头的变型。

本小节叙述每个扩展报头中各种字段。除非另有说明，任何未定义字段的默认值都是 0。

6.1.2.1.3.1 空扩展报头

在图 6-6 示出具有空扩展报头帧的净荷报头。这个扩展报头适用于逻辑点到点配置。它用于传送通道专属于一个客户信号的情况。

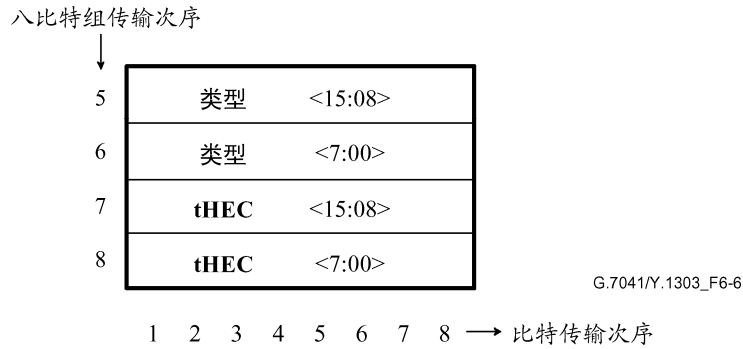


图 6-6/G.7041/Y.1303—带有空扩展报头的GFP帧的净荷报头

6.1.2.1.3.2 线形帧的扩展报头

在图 6-7 示出带有扩展报头的线形（点到点）帧的净荷报头。它用于几个独立链路需要集合进行单个传送通道的情况。

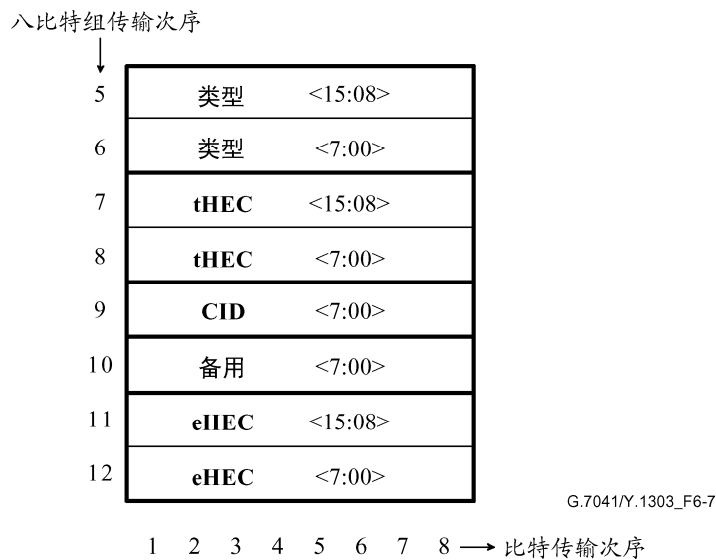


图 6-7/G.7041/Y.1303—包含扩展报头的线形（点到点）帧的净荷报头

6.1.2.1.3.2.1 通路ID (CID)字段

CID 是一个八比特二进制数，用来指示 GFP 终端点处 256 个通信通路中的某一个。

6.1.2.1.3.2.2 备用字段

该八比特备用留待今后使用。

6.1.2.1.3.2.3 扩展的HEC (eHEC)字段

见 6.1.2.1.4 节。

6.1.2.1.3.3 环形帧的扩展报头

待研究。

6.1.2.1.4 扩展HEC (eHEC)字段

两个八比特组的扩展报头差错控制字段内含 CRC-16 差错控制代码，利用它使能单比特差错校正（任选）和多比特差错检测，保护扩展报头内容的完整性。

生成 eHEC 字段内容的步骤与生成 cHEC 的（见 6.1.1.2.1）一样，只是有下列不一样：

- 对于 eHEC，步骤 1) 修改为：用扩展报头内除去 eHEC 字段本身后所有的八比特组形成 $M(x)$ 。

GFP 宿适配过程可以在 tHEC 字段所保护的全部字段上实现单比特差错校正。对于扩展报头，单个差错校正任选项。GFP 宿适配过程应当能抛弃已检出有多比特差错的或者在没有采用单个差错校正的报头字段内出现了任何差错的那些 GFP 帧的任何一个。宿适配过程也修正性能监测用的任何相关的系统记录。

6.1.2.2 净荷信息字段

净荷信息字段的内容是帧映射 GFP 的成帧的 PDU 或者，在透明 GFP 的情况，是一群客户信号字符。这个可变长度字段可以有 0 到 $65535-X$ 个八比特组，其中 X 是净荷报头的大小。这个字段可以包含任选的净荷 FCS 字段。客户 PDU/信号总是以八比特组定位的信息包流的形式传递进 GFP 净荷信息字段。

6.1.2.2.1 净荷帧校验序列 (pFCS) 字段

如图 6-8 所示，GFP 净荷 FCS 是一个任选的、四个八比特组长、帧校验序列。其内容是一个 CRC-32 序列，它保护 GFP 净荷信息字段的内容。在 6.1.2.2.1.1 节规定 FCS 生成过程。在类型字段内 PFI 比特之值为 1 表明有净荷 FCS 字段存在。

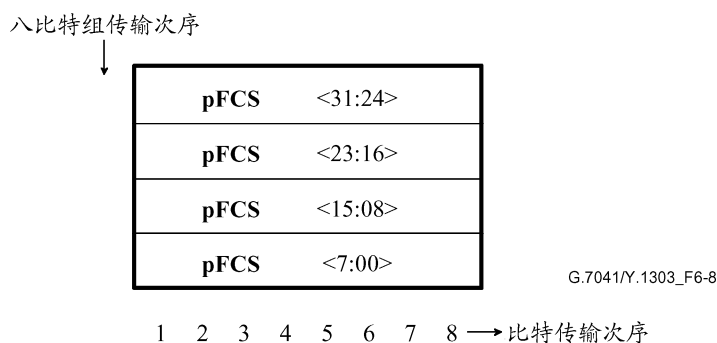


图 6-8/G.7041/Y.1303—GFP净荷帧校验序列的格式

6.1.2.2.1.1 净荷FCS的生成

使用 CRC-32 生成多项式(ISO/IEC 3309) $G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$ 式中 x^{32} 相当于 MSB， x^0 相当于 LSB 生成净荷 FCS。

使用下列步骤生成净荷 FCS 字段：

- 1) 首先，按网络八比特组的顺序，取来自 GFP 净荷信息字段（包括 FCS）的 N 个八比特组的最高位形成 $8N$ 比特脉型，代表 $8N-1$ 次多项式 $M'(x)$ 的系数。
- 2) 用 x^{32} 乘以 $M'(x)$ 加到全 1 多项式 $U(x) = 1 + x^1 + x^2 + \dots + x^{31}$ ，再用 $G(x)$ 作（模 2）除，产生 31 次或更低次的余数 $R(x)$ 。
注 — 对于采用预置的典型移位寄存器，加上 $x^{8N} [1 + x^1 + x^2 + \dots + x^{31}]$ 等效于预置移位寄存器为全 1。
- 3) $R(x)$ 的系数被看作一个 32 比特的序列，其中 x^{31} 是最高有效位。
- 4) 这个 32 比特序列的补是 CRC-32。

宿适配过程按源适配过程同样的方式实现步骤 1-3。在没有差错时，余数应当是 11000111_00000100_11011101_01111011，按 x^{31} 到 x^0 的顺序。

6.1.2.3 净荷区扰码

为了对来自帧同步扰码器（例如，在 SDH RS 层或在 OTN OPUk 通路内使用的那些扰码器）复制的扰码字（或相反）提供安全性，需要对 GFP 净荷区进行扰码。图 6-9 说明扰码器和解扰码器的过程。

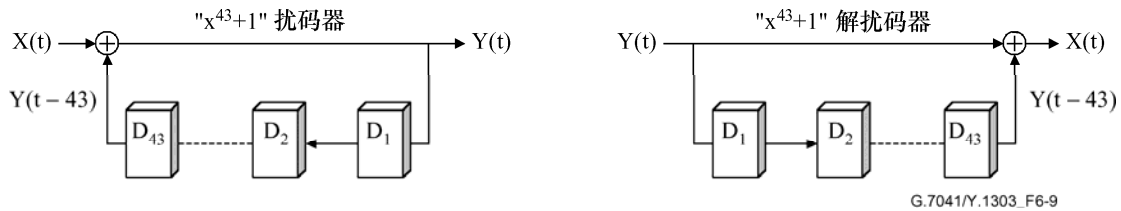


图 6-9/G.7041/Y.1303—GFP用的 $x^{43}+1$ 扰码器和解扰码器过程

使用 $1+x^{43}$ 自同步扰码器对 GFP 净荷区内所有的八比特组进行扰码。按网络比特顺序进行扰码。

在源适配过程，在 cHEC 字段后头一个传输的八比特组开始使能扰码器，在 GFP 帧的最后发送的八比特组之后禁止扰码。当扰码器和解扰码器被禁止时，其状态被保持。因此，扰码器或解扰码器在 GFP 帧净荷区开始点的状态将仍然是在当前 GFP 帧之前在那个通路上即时传输的 GFP 帧的最末 43 个净荷区比特。

宿适配过程解扰码器的激活也取决于 cHEC 校验算法的当前状态：

- a) 在 HUNT 和 PRESYNC 状态，解扰码器被禁止。
- b) 在 SYNC 状态，仅对于 cHEC 字段和候选 GFP 帧的终点之间的八比特组使能。

注 — 只是在宿适配过程处于 SYNC 状态时，GFP 宿适配过程能够可靠地面向到高层实体的 GFP 帧。

6.1.3 GFP客户帧

当前定义两类 GFP 客户帧：客户数据帧和客户管理帧。GFP 客户数据帧用来传送来自客户信号的数据。GFP 客户管理帧用来传送与客户信号或 GFP 连接有关的管理信息。

6.1.3.1 客户数据帧

使用客户数据帧在 GFP 上传送客户数据。客户数据帧是由核心报头和净荷区组成的 GFP 客户帧。客户数据帧的类型字段使用下列类型子字段值：

- PTI = 000
- PFI = 净荷规格
- EXI = 净荷规格
- UPI = 净荷规格

按照 FCS 是使能或不使能的要求设定净荷 FCS 指示符 (PFI)。随后，按对 GFP 连接的帧复用和拓扑要求设定扩展报头识别符 (EXI)。按照传送的客户信号类型设定用户净荷识别符。在表 6-3 给出为客户数据帧确定的 UPI 值。

表 6-3/G.7041/Y.1303—客户帧的用户净荷识别符

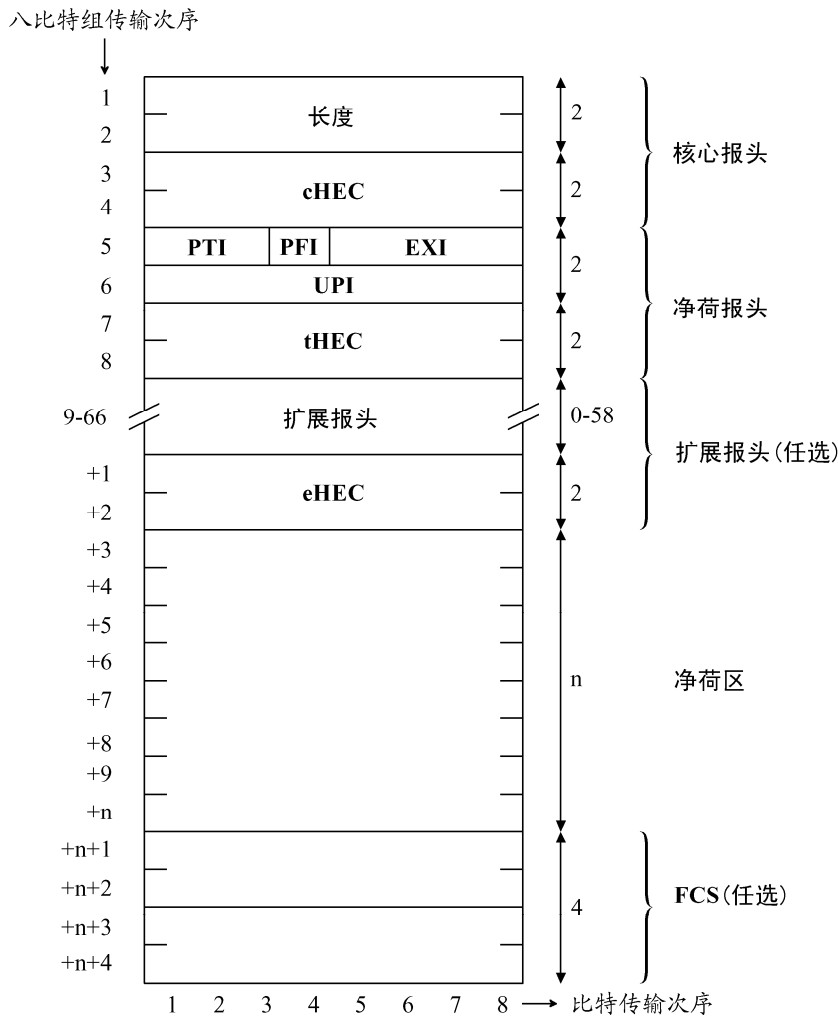
PTI = 000	
类型比特 <7:0>	GFP帧净荷区
0000 0000 1111 1111	待用和不可用
0000 0001	帧映射以太网
0000 0010	帧映射 PPP
0000 0011	透明光纤通路
0000 0100	透明 FICON
0000 0101	透明 ESCON
0000 0110	透明 Gb 以太网
0000 0111	留作今后使用
0000 1000	在 SDH(MAPOS)上帧映射多重接入协议
0000 1001	透明 DVB ASI
0000 1010	帧映射 IEEE 802.17 弹性信息包环
0000 1011	帧映射光纤通路 FC-BBW
0000 1100	异步透明光纤通路
0000 1101 到 1110 1111	留待今后标准化
1111 0000 到 1111 1110	留待私有使用 (注)

注 — 私有使用代码值叙述在附件 A/G.806。

6.1.3.2 GFP客户管理帧

客户管理帧提供一个通用的机制，以便 GFP 客户特定的源适配过程能任选地向 GFP 客户特定的宿适配过程发送客户管理帧。如图 6-10 所示，客户管理帧是由核心报头和净荷区组成的 GFP 客户帧。客户数据帧的类型字段使用下列类型子字段值：

- PTI = 100
- PFI = 净荷规格
- EXI = 净荷规格
- UPI = 净荷规格



G.7041/Y.1303_F6-10

图 6-10/G.7041/Y.1303—GFP客户管理帧

对于 GFP 客户管理帧的用途，净荷 FCS 指示符 (PFI) 应当按 FCS 是使能或不使能的要求进行设定。(注意，在 GFP 客户管理帧中使用 FCS 减少了这个帧能使用的“备用”带宽的量。) 扩展报头指示符 (EXI) 应当按扩展报头使用还是不使用的要求来设定。(注意，在 GFP 客户管理帧中使用扩展报头会大大降低这个帧能使用的“备用”带宽的量。)

UPI 规定了 GFP 客户管理帧净荷的用途。在这个方式中，GFP 客户管理帧可以用于多重用途。表 6-4 规定了 GFP 客户管理帧净荷的用途。

表 6-4/G.7041/Y.1303—GFP客户管理帧用户净荷识别符

PTI = 100	
UPI值	用途
0000 0000 1111 1111	待用
0000 0001	客户信号失效（客户信号丢失）
0000 0010	客户信号失效（字符同步丢失）
0000 0011 到 1111 1110	留待今后使用

6.2 GFP控制帧

GFP 控制帧在 GFP 连接管理中使用。此时规定的控制帧只是 GFP 的空闲帧。

6.2.1 GFP空闲帧

GFP 空闲帧是一个特殊的四个八比特组 GFP 控制帧，只由具有 PLI 和 cHEC 字段（见 6.1.1 节）设为 0 和没有净荷区的 GFP 核心报头组成。空闲帧意图用作 GFP 源适配过程的填充帧，以便 GFP 八比特组数字流到任何给定传送媒质的适配，在这里传送媒质的通路具有比客户信号要求的容量更大。在图 6-11 示出 GFP 空闲帧的格式，图中括弧内的值表示实行 Barker 状扰码之后的值。

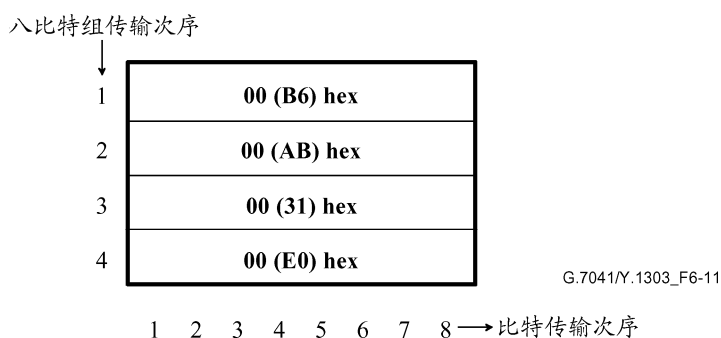


图 6-11/G.7041/Y.1303—GFP 空闲帧（Barker状扰码的帧）

6.2.2 其他控制帧

具有 PLI = 1, 2 或 3 的控制帧尚待研究。

6.3 GFP帧层的功能

本节讨论帧层处理，对所有通过 GFP 成帧的净荷是通用的。处理过程针对第 7 和 8 节讨论的实际净荷规定。图 6-12 示出这些处理过程周围的关系。

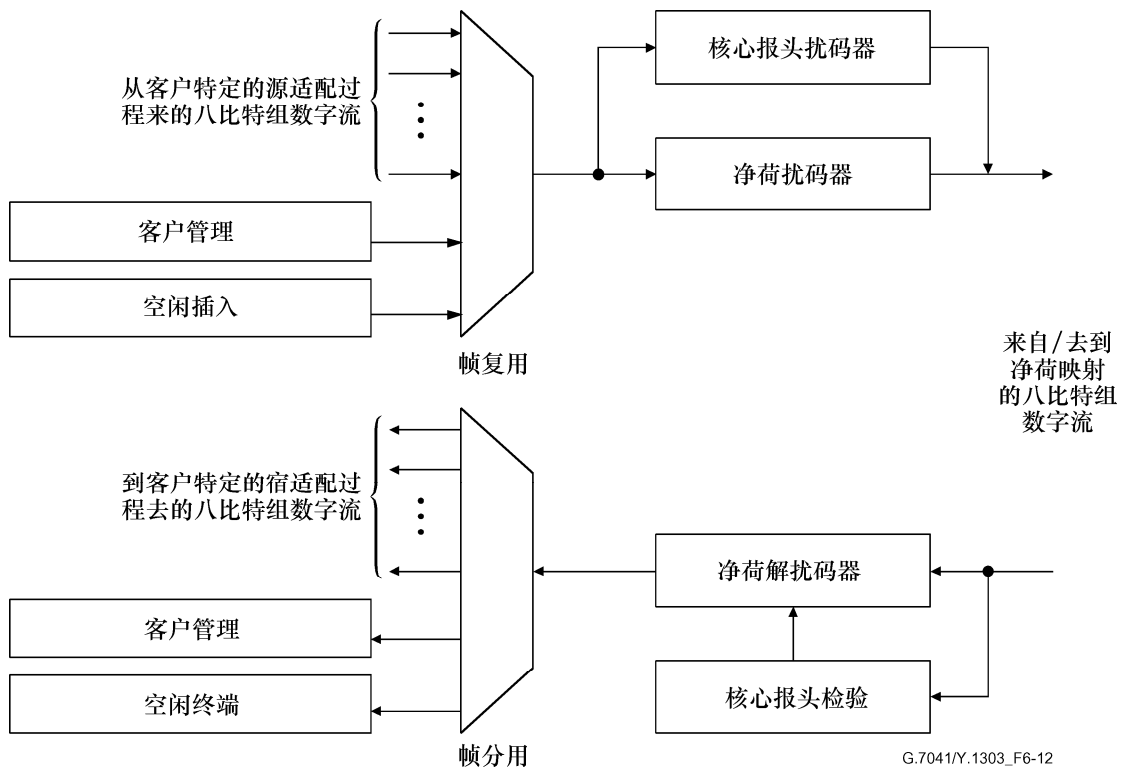


图 6-12/G.7041/Y.1303—GFP通用（协议无关）程序

6.3.1 GFP帧描述算法

GFP 使用在 7.3.3.2/I.432.1 规范的 HEC 校验算法的修正版，提供 GFP 帧描述。在 GFP 中使用的帧描述算法与 ITU-T I.432.1 建议书不同的有两个基本方面：

- 算法使用 GFP 核心报头的 PDU 长度指示符来找到 GFP 帧的终点；和
- HEC 字段的计算使用 16 比特多项式，随后生成一个两个八比特组的 cHEC 字段。

根据 GFP 头两个八比特组与嵌入的两个八比特组 cHEC 字段之间的相关性实现 GFP 帧的描述。图 6-13 示出 GFP 帧描述方法的状态图。

状态图按如下方式工作：

- 在 HUNT 状态，GFP 过程对八比特组逐个搜索，在最后接收的四个八比特组上找出格式正确的核心报头，实现帧描述。在这个状态内，禁住核心报头单个差错校正。当在候选的 PLI 和 cHEC 字段检出正确的 cHEC 配合，候选的 GFP 帧被辨认出来，接收过程进入 PRESYNC 状态。
- 在 PRESYNC 状态，GFP 过程一帧又一帧地逐个校验，找出在下一个候选 GFP 帧中的推测的核心报头内正确的 cHEC 配合，实现帧描述。先前 GFP 帧的核心报头中的 PLI 字段被用来找寻下一个候选 GFP 帧的起始。在这个状态，核心报头单个差错校正保持禁止。在证实 DELTA 个连续正确的 cHEC 之前，该过程一直重复，在证实正确的那个时刻该过程进入 SYNC 状态。如果检测出

不正确的 cHEC，该过程返回 HUNT 状态。因而，从 HUNT 状态移到 SYNC 状态要求的连续正确 cHEC 的总数是 DELTA + 1。

- 3) 在 SYNC 状态，GFP 过程校验下一个候选 GFP 帧上 cHEC 配合是否正确，实现帧描述。前面 GFP 帧核心报头内的 PLI 字段用于寻找下一个候选 GFP 帧的始点。在这个状态内，使能单比特核心报头差错校正。每当由 cHEC 在核心报头内检测到多比特差错时，帧描述丢失。在这个情况，宣告 GFP 帧描述丢失事件，成帧过程返回 HUNT 状态，向客户适配过程指示客户服务器信号失效 (SSF)。
- 4) 空闲 GFP 帧在描述过程中参与然后被丢弃。

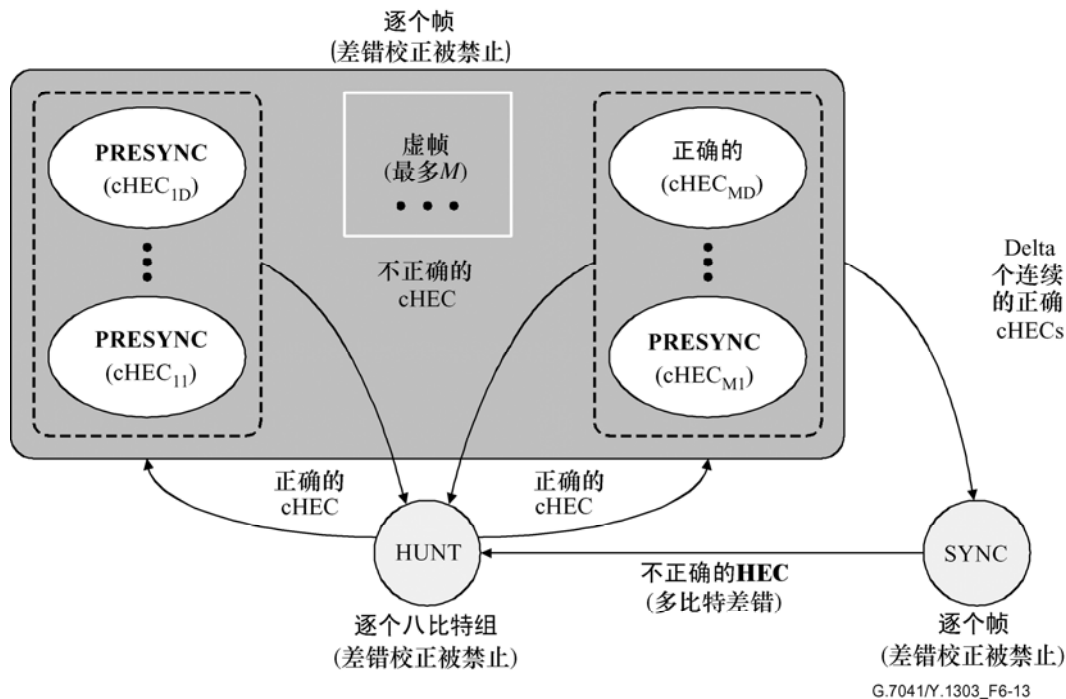


图 6-13/G.7041/Y.1303—GFP帧描述状态图

对在再同步过程中的假描述的强度取决于 DELTA 的值。提议 DELTA 之值等于 1。

用多个“虚帧”的实现方式能够提高帧描述的搜捕速度，借助将 GFP 过程保持在 HUNT 状态并对输入八比特组数字流中每个候选 GFP 帧产生出分离的 PRESYNC 子状态，如图 6-13 所示。

6.3.2 帧复用

在逐个帧的基础上将来自多个端口和多个客户类型的 GFP 帧复用。预定算法的选择不在本建议书范围之内。

当传输没有其他 GFP 帧可用时，应插入 GFP 空闲帧，以便为映射进八比特组定位的物理层提供一个连续的帧流。

6.3.3 客户信号失效指示

GFP 为 GFP 客户特定的源适配过程提供一个通用机制，向远端 GFP 客户特定的宿适配过程的输入客户信号失效缺陷检测传送客户信号失效 (CSF) 指示。

客户信号失效的检测规则由客户特定的定义（见 7 和 8 节）规定。检测时，GFP 源适配过程应产生客户管理帧（PTI = 100）。PFI 子字段设置为 0（无净荷信息字段 FCS），EXI 子字段设置为与应用适合的扩展报头类型。两种类型的 CSF 使用下列 UPI 字段值：

- 客户信号丢失（UPI = 0000 0001）。
- 客户字符同步丢失（UPI = 0000 0010）。

在检测 CSF 的情况，GFP 客户特定的源适配过程应在下一个帧的始点每隔 $100\text{ ms} \leq T \leq 1000\text{ ms}$ 向远端 GFP 客户特定的宿适配过程发送 CSF 指示。过渡的帧应当是 GFP 空闲帧。

在接受 CSF 指示时，GFP 客户宿适配过程宣告宿客户信号失效。在 6.3.4 节讨论缺陷的处理。

GFP 客户特定的宿适配过程在下列条件下应清除缺陷状态：

- 1) 在 $N \times 1000\text{ ms}$ 内未能收到 N 个 CSF 指示（建议 N 值为 3），或
- 2) 接收到一个有效的 GFP 客户数据帧时。

在 CSF 事件启动时不完整 GFP 帧的处理应当与 8.3 节规定的透明映射 GFP 的差错处理程序一致。带有帧映射 GFP 的 CSF 的用法有待研究。

6.3.4 在GFP中缺陷处理

图 6-14 说明 GFP 过程检测的和指示的各种缺陷之间的因果关系。路径信号失效（TSF）事件指的是在 SDH 或 OTN 传送网中如 ITU-T G.783 和 G.798 建议书规定那样检测出的失效事件。GFP 服务器信号失效事件指的是如 GFP 状态机（6.3.1 节）规定的 GFP 帧描述丢失事件或是向 GFP 客户传送的 TSF 事件。CSF 事件指的是在（CSF 客户管理帧到远端通信的）进口或在出口（客户特定的映射缺陷，如净荷差错，见 7 和 8 节）客户信号中检测到的失效事件。

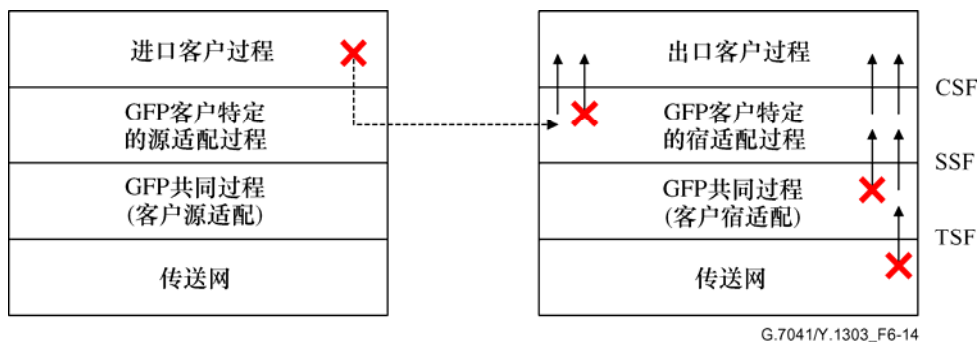


图 6-14/G.7041/Y.1303—在GFP中缺陷信号的传送

当检出 TSF 事件或 GFP 帧描述丢失事件时，GFP 宿适配过程产生 GFP SSF 指示送给它的客户特定的宿适配过程。一旦 GFP 过程恢复链路同步就立即清除这些失效事件。

当检出除了远端 CSF 指示之外的 CSF 事件时，GFP 客户特定的宿适配过程应采取客户特定的（以及服务器特定的）动作处理那些失效事件。

7 帧映射GFP的净荷特定特征

本节叙述为采用将客户净荷一帧又一帧的映射进 GFP 的方式适配客户信号而规定的通用包封规格的特征。

7.1 以太网MAC净荷

以太网 MAC 帧的格式规定在 IEEE 802.3 节。在高层 PDU 和 GFP PDU 之间是一个对一的映射。特别是，GFP PDU 的边界与成帧的高层 PDU 的边界是对准的。图 7-1 表明以太网 MAC 帧与 GFP 帧之间的这种关系。

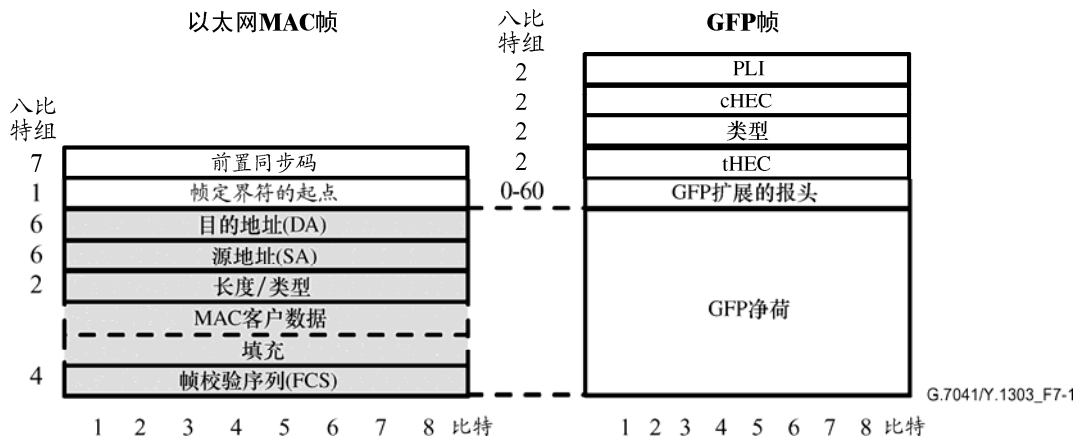


图 7-1/G.7041/Y.1303—以太网和GFP帧的关系

7.1.1 以太网MAC的包封

以太网 MAC 中从目的地址到帧校验序列的八比特组都放在 GFP 净荷信息字段内。维持八比特组的定位并维持八比特组内比特的辨识。特别是，在一个八比特又一个八比特组的基础上，在 IEEE 802.3-2002 第 3 节的比特 0 到 7 分别相当于本 GFP 建议的比特 8 和 1。

7.1.2 以太网信息包间间隙 (IPG) 的删除和恢复

下列规则适用于在客户不是负的帧映射 GFP 客户时以太网 IPG 的删除和恢复：

- 1) 在 IPG 源适配过程处理以太网 MAC 帧之前删去 IPG，在 GFP 宿适配过程处理 GFP 帧之后恢复 IPG。
- 2) 当从客户比特流中抽取出以太网 MAC 帧时删除 IPG。然后将抽出的（解码的）以太网 MAC 帧送进 GFP 源适配过程，随即将它包封进 GFP 帧。
- 3) GFP 终端单元从 GFP 帧抽取出以太网 MAC 帧之后恢复 IPG。然后将抽出的（未编码的）以太网 MAC 帧送入随后过程的客户层。为了符合最低接收器 IFG 要求，IPG 的恢复要保证：相继接收的以太网 MAC 帧之间要有足够的八比特组容纳十六进制 00 的空闲脉型。最小接收器 IFG 要求规定在 IEEE 802.3 第 4.4 节。

7.2 IP/PPP净荷

IP/PPP 净荷首先被包封进类似 HDLC 的帧内。PPP 帧的格式规定在 IETF RFC 1661 第 2 节。类似 HDLC 帧的格式规定在 IETF RFC 1662 第 3 节。与 RFC 1662 不同，在标志或控制换码字符上不执行八比

特组堵塞程序。在高层 PPP/HDLC PDU 与 GFP PDU 之间是一个对一的映射。特别是，GFP PDU 的边界与成帧的高层 PPP/HDLC PDU 的边界是对齐的。PPP/HDLC 帧和 GFP 帧之间的这种关系表明在图 7-2。

类似的客户，例如 MAPOS，用如 PPP 帧同样的方式进行映射。

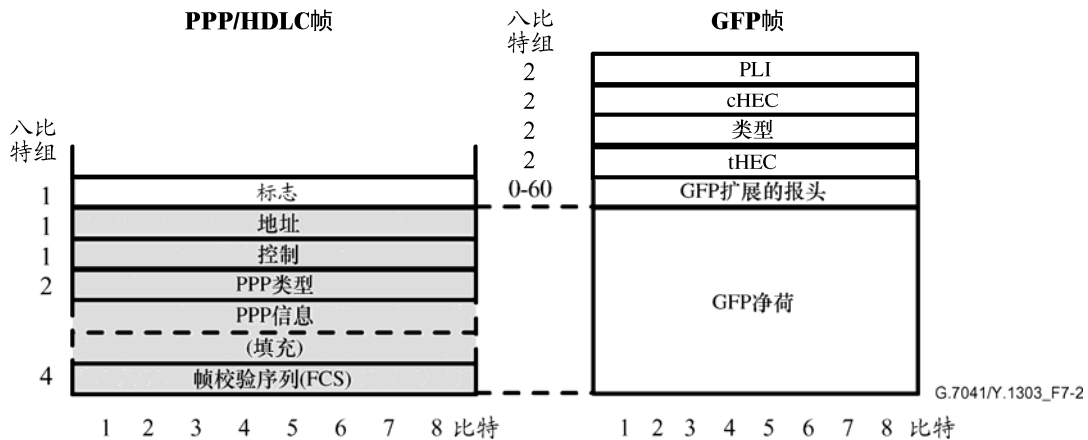


图 7-2/G.7041/Y.1303—PPP/HDLC和GFP帧的关系

7.2.1 PPP帧封装

来自 PPP/HDLC 帧的所有八比特组，包括任何任选 PPP 信息字段填充，都放置在 GFP 帧的净荷信息字段。维持八比特组的定位且维持八比特组内比特的辨识。PPP/HDLC 字节的比特 0 和 7（见 ISO/IEC 3309）分别相当于 GFP 净荷字节的比特 8 和 1。

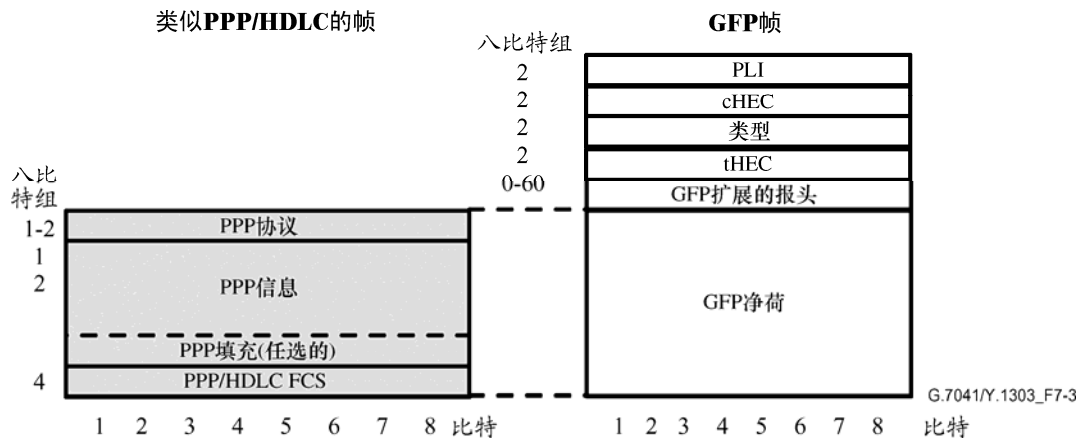
7.2.2 GFP/HDLC描述互通

对于帧的描述用途，GFP 不依赖标志字符和相关的控制换码八比特组。下列规则适用于用 GFP/HDLC 互通功能处理八比特组同步 HDLC 帧：

- 1) 当从输入客户八比特组码流中抽取出 PPP/HDLC 帧时，除去标志和相关的控制换码八比特组（如 RFC 1662 第 4.2 节规定）。然后，将抽出的（解码的）PPP/HDLC 帧送进 GFP 源适配过程，随即封装进 GFP 帧。
- 2) GFP 从 GFP 帧抽出 PPP/HDLC 帧。然后，将抽出的（未解码的）PPP/HDLC 帧送进相继过程的客户层。然后，用插入标志字符（例如，十六进制 0x7e）和换码控制字符（例如，十六进制 0x7d）恢复标志和控制换码字符，如 IETF RFC 1662 第 4 节之规定。

7.2.3 PPP净荷配置选项

采用 IETF RFC 1661 第 6 节规定的链路配置协议（LCP）配置选项程序可以忽略对类似 PPP/HDLC 帧格式的修正。例如，在连续忽略地址和控制字段压缩（ACFC）配置选项之后的 GFP 帧格式如图 7-3 所示。这样的配置程序是客户特定的并对 GFP 过程透明。



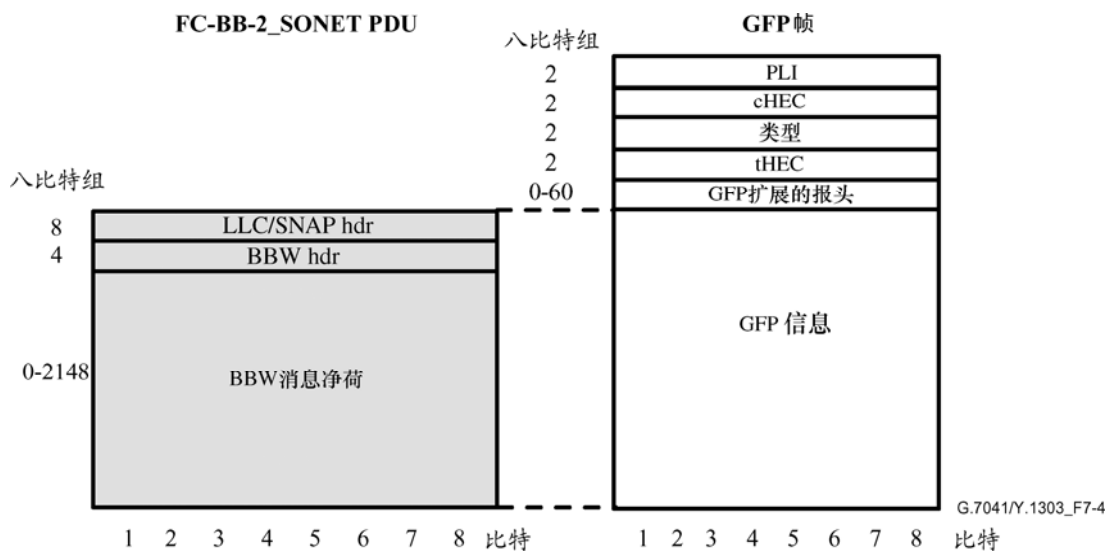
**图 7-3/G.7041/Y.1303—PPP/HDLC和GFP帧的关系
(具有PPP的ACFC配置选项)**

7.3 通过FC-BBW_SONET的光纤通路净荷

在 ANSI INCITS 342-2001 (FC-BB)第 6 节规定了光纤通路宽带-2_SONET (FC-BBW_SONET) PDU 的格式。对于基于 GFP-F 的配置用途，在光纤通路 PDU 和 FC-BBW_SONET PDU（按每个 FC-BB 规范）之间，和 FC-BBW_SONET PDU 和 GFP PDU（按本建议书）之间的映射是一对一的。本建议书只规范 FC-BBW_SONET PDU 和 GFP PDU 之间的映射关系。

7.3.1 FC-BB-2_SONET PDU的包封

从 LLC/SNAP_报头到 BBW 消息净荷起始的 FC-BBW_SONET PDU 内所有八比特组放置在 GFP 帧的净荷信息字段之内。在 GFP PDU 内维持八比特组定位和八比特组内比特的辨识。在 ANSI INCITS 342-2001 内规范了 FC-BBW_SONET PDU 中 BBW_报头和 BBW 消息净荷（如果存在）的结构。在图 7-4 说明 FC-BBW_SONET 帧和 GFP 帧之间的这种关系。



**图 7-4/G.7041/Y.1303—光纤通路宽带-2 SONET
(FC-BBW_SONET) 和GFP帧的关系**

7.4 在帧映射GFP中差错处理

在入口，在客户源适配过程传输之前查出有差错的 PDU 应当抛弃。在客户源适配过程传输时查出有差错的 PDU 应当用全“1”的比特序列填充，在具有全部 32 比特互补的净荷 FCS 存在时用它传输。这些动作保证了终端 GFP 过程或客户终点除去有差错的 PDU。

7.5 IEEE 802.17 RPR净荷

这种净荷的映射尚待研究。

8 8B/10B客户透明映射进GFP的净荷特定特征

8B/10B 透明映射进 GFP 用于在要求很低的传输等待时间的场合传送 8B/10B 块编码的客户信号。这种客户信号的例子有：光纤通路、ESCON、FICON 和千兆比特以太网。除了将客户数据的整个帧寄存在它自己的 GFP 帧内之外，客户信号的各个字符被从客户块码去映射，然后映射进周期的固定长度的 GFP 帧。不论客户字符是数据还是控制字符都进行映射，从而保存客户的 8B/10B 控制码。透明 GFP 不排斥帧复用。

8.1 GFP-T的共同特征

透明 GFP 帧使用与帧映射 GFP，包括要求的净荷报头，一样的帧结构。净荷 FCS 是选项。在图 8-1 说明透明 GFP 帧的格式。

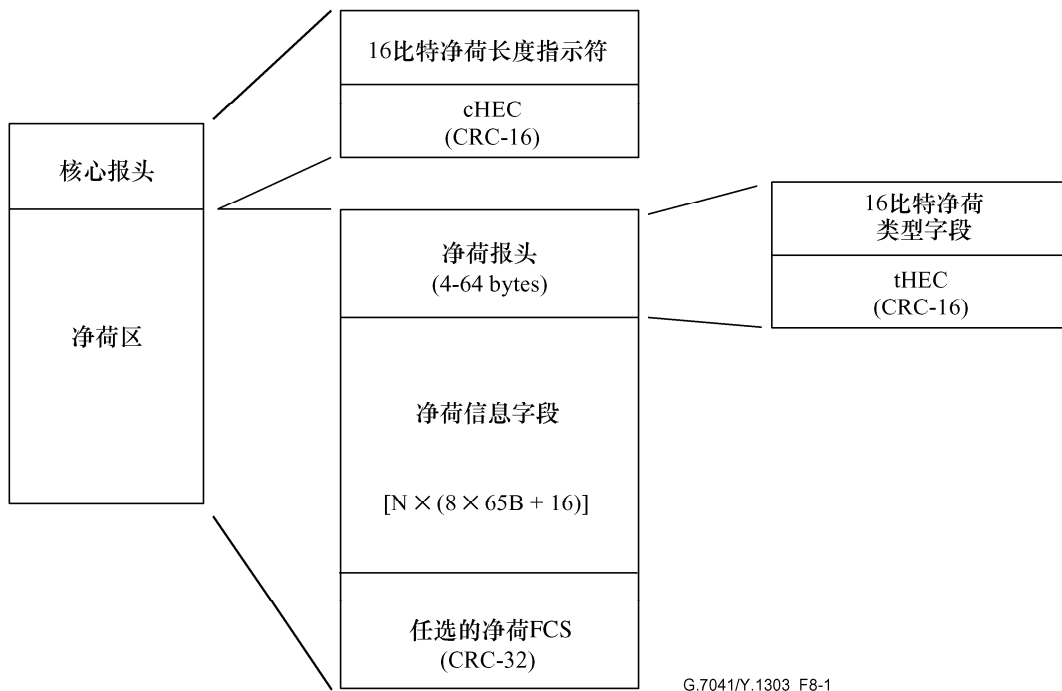


图 8-1/G.7041/Y.1303—透明GFP帧的格式

8.1.1 通过64B/65B块码适配8B/10B客户信号

如图 2 功能模块所述，客户适配过程的第一步是对物理层客户信号解码。对于 8B/10B 线路码，接收的 10 比特字符如果它是 8B/10B 数据码字就被解码成它自己的原始 8 比特值，如果它是 8B/10B 控制字码

就解码成控制字符。对于在透明 GFP 中有 8 比特控制字符可供利用的情况，8B/10B 控制码字映射为 16 个可能的 4 比特控制码指示符之一（见表 8-1）。

**表 8-1/G.7041/Y.1303—8B/10B 控制字符和
64B/65B 控制码指示符之间的映射关系**

名 称	八比特组之值	10B 码字 (RD-) abcdei fghj	10B 码字 (RD+) abcdei fghj	64B/65B 4 比特映射
/K28.0/	1C	001111 0100	110000 1011	0000
/K28.1/	3C	001111 1001	110000 0110	0001
/K28.2/	5C	001111 0101	110000 1010	0010
/K28.3/	7C	001111 0011	110000 1100	0011
/K28.4/	9C	001111 0010	110000 1101	0100
/K28.5/	BC	001111 1010	110000 0101	0101
/K28.6/	DC	001111 0110	110000 1001	0110
/K28.7/	FC	001111 1000	110000 0111	0111
/K23.7/	F7	111010 1000	000101 0111	1000
/K27.7/	FB	110110 1000	001001 0111	1001
/K29.7/	FD	101110 1000	010001 0111	1010
/K30.7/	FE	011110 1000	100001 0111	1011
10B_ERR	01	不识别的 RD-	不识别的 RD+	1100
65B_PAD	02	N/A	N/A	1101
备用	03	N/A	N/A	1110
备用	04	N/A	N/A	1111

注 1 — 在必须支持全部 256 个数据字符时，只有 12 个特定的 8B/10B 控制码字被识别和用于千兆以太网、光纤通路和 FICON 及 ESCON 中的 64B/65B 控制字符。因此，除了限制客户信号或对 8B/10B 控制码字提供协议特定的处理之外，有可能将特定的 8B/10B 控制码字压缩进 4 比特之值。

注 2 — 解码过程完全不知道控制字或指令的含义。它简单地将数据和控制字解码为 65B 块。不需要知道：帧的起点、帧的终点、差错、空闲、控制码、指令等。

然后，解码的 8B/10B 字符映射进 64 比特/65 比特 (64B/65B) 块码。图 8-2 示出 64B/65B 块码的结构。65 比特块的前导比特、标志比特、指示那个块只含有 64B/65B 8 比特数据字符还是在块中也有客户控制字符。（标志比特 = 0，指示只有数据八比特组，标志比特 = 1，表示块中至少有一个控制八比特组）。被映射进 8 比特 64B/65B 控制字符的客户控制字符，如果它们在那个块中存在，则位于 64 比特块净荷的起头。64B/65B 控制字符的头一个比特内含最后的控制字符 (LCC) 标志比特，它指示在这个块中至少有一个这个控制字符 (LCC = 0)，或者，在下一个八比特组中有另一个控制字符 (LCC = 1)。以下三个比特内含控制码位置符，它指示包含在该块内连续的八个客户字符中 8B/10B 控制码字符的原始位置。最后四比特，控制码指示符，给出以 4 比特表示的 8B/10B 控制码字符。在表 8-1 规定了 8B/10B 控制码字符

映射进 4 比特控制码的明确关系。控制码按它们被接收的次序映射进 64B/65B 码的净荷字节。注意，作为规则，图 8-2 中控制码的地址 aaa-hhh 按向上递增的顺序排列。

输入客户 字符	标志比特	64比特（8个八比特组）字段							
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
全部数据	0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
7 数据, 1 控制	1	0 aaa C1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
6 数据, 2 控制	1	1 aaa C1	0 bbb C2	D1	D2	D3	D4	D5	D6
5 数据, 3 控制	1	1 aaa C1	1 bbb C2	0 ccc C3	D1	D2	D3	D4	D5
4 数据, 4 控制	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	0 ddd C4	D1	D2	D3	D4
3 数据, 5 控制	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	0 eee C5	D1	D2	D3
2 数据, 6 控制	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	0 fff C6	D1	D2
1 数据, 7 控制	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	0 ggg C7	D1
8 控制	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	1 ggg C7	0 hhh C8

— 如有多个控制八比特组则在控制八比特组（LCC）内前导比特 = 1；如这个净荷八比特组含有那个块内的最后一个控制八比特组，则= 0。

— aaa = 3 比特表示第 1 控制代码的原始位置（第 1 控制代码位置符）

— bbb = 3 比特表示第 2 控制代码的原始位置（第 2 控制代码位置符）

...

— hhh = 3 比特表示第 8 控制代码的原始位置（第 8 控制代码位置符）

— Ci = 4 比特表示第 i 控制代码的原始位置（控制码指示器）

— Di = 8 比特表示第 I 数据按传输次序的值

图 8-2/G.7041/Y.1303—透明GFP 64B/65B代码的元件
(见图8-3关于真实超块的结构)

例如，若在块中有一个单个的 64B/65B 控制字符，且它原始位于 8B/10B 数据码字 D2 和 D3 之间，则 64B/65B 块的头一个八比特组就包含 0.010.C1。LCC 的值为 0 表示这个 64B/65B 控制字符是那个块中的最后一个。aaa 的值 = 010 表示 C1 的位置在 D2 和 D3 之间。在去映射时，64B/65B 数据字符去映射为 8 比特数据八比特组，然后编码返回 8B/10B 数据码字。对于 64B/65B 控制字符，四比特控制代码指示符被去映射成适当的 8B/10B 控制码字，根据三比特控制码位置符恢复它在原始字符码流中原有位置。

8.1.1.1 10B_ERR代码

某些客户信号缺陷可能会在进入 GFP 源适配过程的入口产生 64B/65B 适配过程不能辨识的 8B/10B 码字（例如，客户信号失效、不合法的 8B/10B 码字或带有运行不均性差错的合法码字，见 8.2 节）。为了传送这种“不能辨识的 8B/10B 码字”客户信号缺陷，提供了特殊的 64B/65B 控制字符，10B_ERR 代码。

当在来自传送网的出口处重建客户信号时，建议将接收到的 10B_ERR 代码由去映射器再编码为无效传输字符：001111 0001 (RD-)或 110000 1110 (RD+) (固定的、不合法 8B/10B 码字具有中性不均匀性，在该码字的头三个比特和最后三个比特之内包含有过渡)，按照运行不均性（见 8.2.3 节关于其他客户特定

的运行不均匀性考虑) 确定再编码为什么。尽管不能辨识的 8B/10B 码字的真实值不再保留, 却保留了客户信号缺陷的存在和位置。

除了推荐的无效传输字符(它的结构最大程度地减小了在与相邻字符组合时生成假逗号的可能性), 10B_ERR 事件也可以去映射成另外的无效传输字符, 只要这些替代的无效传输字符也符合所有 8B/10B 编码规则, 属于中性不均匀性, 在码字的头四个比特和最后四个比特内最少含有一个过渡。

8.1.1.2 插入65B_PAD代码和GFP客户管理帧

因为透明 GFP 应用要求可用通道(通路)容量至少是客户信号的基本(编码前)数据率, 映射器的输入接收(入口)缓存器将有规律地趋近下溢。为了速率适配目的, 如果透明 GFP 帧当前正在发送又如果透明 GFP 映射器没有准备好的客户字符发送, 则映射器应插入 65B_PAD 填充字符。填充字符用与控制字符同样的方式映射进 GFP 帧, 由 GFP 去映射器辨识和去除。在 8.4.1 节给出客户特定的对 65B_PAD 代码处理的考虑。

客户数据帧优先于客户管理帧发送。如果 GFP 客户管理帧已可用于发送, 而入口缓存器接近空的(例如, 如果在当前客户数据帧期间 65B_PAD 字符已被发送), 则在当前客户数据帧之后可以发送客户管理帧。为了维持低的等待时间, 建议对于正常容量的通路, 在客户数据帧之间只发送单个客户管理帧。还建议, 透明 GFP 使用的客户管理帧要限制到八个字节或更小的净荷信息字段。注意, 增大通路容量使之允许交换附加的客户管理帧也可以维持低的等待时间。

8.1.2 64B/65B码块适配进GFP

为了保存透明 GFP 信号与传送的 SDH/ODUk 帧的八比特组定位, 适配过程的第一步是将八个 64B/65B 代码集群为如图 8-3 所示的超块。八个 64B/65B 码的每一个的前导(标志)比特集群在一起成为第一个结尾八比特组。最后两个结尾八比特组的十六个比特用于在这个超块的比特上的 CRC-16 差错校验。

八比特组 1, 1							
八比特组 1, 2							
八比特组 1, 3							
.							
.							
.							
八比特组 8, 7							
八比特组 8, 8							
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
CRC-1	CRC-2	CRC-3	CRC-4	CRC-5	CRC-6	CRC-7	CRC-8
CRC-9	CRC-10	CRC-11	CRC-12	CRC-13	CRC-14	CRC-15	CRC-16
其中: 八比特组 j, k 是超块中第 j 个 64B/65B 码的第 k 个八比特组 Lj 是超块中第 j 个 64B/65B 码的前导(标志)比特 CRC-i 是第 i 个控制比特, 其中 CRC-1 是 CRC 的 MSB							

图 8-3/G.7041/Y.1303—64B/65B代码元件映射进GFP帧的超块机构

注 — 为了最小化等待时间，只要在群中已形成第一个64B/65B代码而不要等待整个超块形成透明GFP映射器就开始发送数据。

假定没有净荷 FCS 和空扩展报头，最终的 GFP 帧长为 $[N \times ((65 \times 8) + 16) + (8 \times 8)]$ 个比特，其中 N 是 GFP 帧中的超块数。 N 的值取决于客户信号基本的、未编码的、速率以及传送通路的容量。在附录 IV 示出建议的 SDH 虚级联通路容量和相关的最小 N 值。对其他传送通道建议的通路容量尚待研究。 N 的最小值取决于客户信号数据率、GFP 帧开销八比特组的数目（例如，8 和无任选净荷 FCS 和空扩展报头），和净荷包封的大小，如附录 IV 所示。特别是，必须这样选择 N_{\min} ：对于最快的容许客户时钟速率和最慢的容许 SDH/OTN 时钟速率，传输含有 $N \times 8 \times 8$ 个客户字符的 GFP 所需的时间要小于客户能将这 $N \times 8 \times 8$ 个字符传递到 GFP 映射器的时间。

注意， N 可以按传送客户管理帧的备用带宽要求任意地配置。见附录 IV。

8.1.2.1 透明GFP的差错控制

在超块内 16 个差错控制比特（见图 8-3）含有在那个超块内 536 个比特上的 CRC-16 差错校验码。如果去映射器检出差错，它将输出 10B 差错字符或不能辨识的 10B 字符，代替那个超块包含的全部客户字符。10B 差错和不能辨识的字符说明在客户特定的特征内不均匀性差错（见 8.2 节）。这种替代保证了客户接收器将能检出存在的差错。

CRC-16 的生成多项式是 $G(x) = x^{16} + x^{15} + x^{12} + x^{10} + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$ 初始值为 0，其中 x^{16} 相当于 MSB， x^0 相当于 LSB。利用源适配过程以下列步骤生成超块 CRC。

- 1) 首先按网络八比特组的序列取超块头 65 个八比特组（见图 8-3）当作最高有效位形成 520 比特脉型代表 519 次多项式 $M(x)$ 的系数。
- 2) 用 x^{16} 乘 $M(x)$ 并以 $G(x)$ 除（模 2），产生一个 15 次或更低次的余数 $R(x)$ 。
- 3) $R(x)$ 的系数被认为是一个 16 比特序列，其中 x^{15} 是最高有效位。
- 4) 这个 16 比特序列就是 CRC-16。

注 — 用这个 CRC-16 也可能进行单个差错校正。然而，因为宿适配过程是在完成净荷解扰之后实行 CRC-16 校验，差错校正电路应考虑除去解扰器输出的相隔 43 比特的单比特差错和双比特差错。

宿适配过程按与源头适配过程一样的方式实现步骤 1-3。在没有比特差错时，余数应为 0000 0000 0000 0000。

8.2 在64B/65B编码中运行不均匀性

8B/10B 码字被设计成能保持 DC 平衡，能为时钟恢复提供重要的过渡并能限制连续的“1”或“0”的运行长度以利于无差错传输。DC 平衡是在一个码字又一个码字的基础上用保持“运行均匀性”的踪迹进行测量的。运行不均匀性或者是正（指示发送的 1 比 0 多），或者是负（发送的 0 比 1 多）。

为了保持 8B/10B 码字中 DC 平衡，每个 8 比特数据字符和 12 个辨识的“特定控制字符”的每一个都有两个 8 比特编码。按照当前的运行不均匀性，8B/10B 编码器会选择两个编码中的一个发送为下一个数据或控制字符，以便翻转运行不均匀性或保持当前的运行不均匀性。特别是，如果已经发送的 0 比 1 多，新的码字使运行不均匀性从负翻到正；如果已发送的 1 比 0 多，就从正翻到负；如果已有的 0 和 1 的数目相等就保持该运行不均匀性。

传输比特差错可能会使接收的 8B/10B 码字当前开始的运行不均匀性状态具有很坏的不均匀性。在这些情况，检测出运行不均匀性差错。与接收的字符有效性无关，接收的传输字符应用于计算运行不均匀性的新值。新的值应被当作下一个接收的传输字符的接收器的当前运行不均匀性使用。

注 — 传输比特差错也可能产生按正确不均匀性接收的错误码字，错误却合法的 8B/10B 码字会产生由运行不均匀性差错检测出某些后来的无差错码字。在某些情况，已建立的协议特定的运行不均匀性规则能保证每个数据包的开头或结尾具有规定的不均匀性，使差错不会穿过数据包传播。

8.2.1 在入口运行不均匀性的处理

在入口，假设由于电源开启、复位或信号丢失或码字同步丢失等瞬变引起的初始运行不均匀性是正的或是负的。

根据当前开始的运行不均匀性，在 8B/10B 有效码字查阅表合适 RD+或 RD-的纵列中搜寻与接收的 10B 字符匹配的码字。如果找不到匹配的，具有运行不均匀性差错的不合法码字或合法码字就被检测出来。两者均被当作 8B/10B 代码破坏处理，在 64B/65B 映射过程中，用 10B_ERR 码取代之。

8.2.2 在出口运行不均匀性的处理

在出口，假设由于电源开启、复位或信号丢失或码字同步丢失等瞬变引起的初始运行不均匀性是负的。

透明传送实现方式必须采用任何可应用的协议特定的规则产生正确的运行不均匀性。在 8.2.3 节给出了供参考的一些规定每种当前可应用的协议不均匀性规则的标准。

10B_ERR 代码被再编码进入客户信号，按照协议，或者是被当作带有有效运行不均匀性的不能辨识的码字，或者是被当作协议特定的差错，如 8.2.3 节所述。

8.2.3 客户特定的运行不均匀性特征

本节叙述受 8B/10B 客户协议支持和识别的每种客户特定的运行不均匀性规则。

8.2.3.1 光纤通路净荷

在 ANSI X3.230-1994，光纤通路物理和信令接口 (FC-PH)，Rev. 4.3 第 11 节可以找到光纤通路的运行不均匀性规则。除了第 11.2 节规定的“一般”运行不均匀规则之外，在第 11.4 节对光纤通路特定的规则给每个有序集提供了两个方案，并指令它们用于保证在处理了 EOF 有序集最终字符之后会产生负的运行不均匀性。为原始信号和原始序列定义的有序集保留这个负的不均匀性，保证与 SOF 分隔符，原始信号有关的有序集以及原始信号也总是以负的开始运行不均匀性发送。这个限制允许光纤通路空闲字被除去

同时再添上一个来自被编码比特流的一个字，而不必改换开始运行不均匀性。

为了阻止从已宣告无效的相继的有效光纤通路帧，假定开始负的运行不均匀性产生与除 EOF 以外的全部有序集有关的 K28.5 字符。在先前的传输差错引起当前运行不均匀性的不正确 EOF 时，下一个有序集将产生 RD- K28.5，迫使运行不均匀性终结为负。结果，传输差错就不会引起运行不均匀性穿过帧传播。

对于光纤通路净荷的“透明传送”，按照开始的运行不均匀性是(RD-)还是(RD+)，依从 8.1.1.1 节说明的规则，应将 10B_ERR 再编码成一个不能辨识的 10B 中性不均匀性码字。

8.2.3.2 ESCON净荷

在 ANSI X3.296-1997，信息技术-单字节指令码组连接 (SBCON) 方案，第 6.2.2 节可以找到 ESCON 的运行不均匀性规则。因为 ESCON 不定义取代码破坏的差错码，在出口，按照开始的运行不均匀性是 (RD-)或(RD+)，依据 8.1.1.1 叙述的规则，应将 10B_ERR 再编码为不能辨识的 10B 中性不均匀性码字。

8.2.3.3 FICON净荷

针对映射进透明 GFP 的目的，FICON 的运行不均匀性规则与 ANSI X3.230-1994, Rev. 4.3 规定的那些对光纤通路的规则是同样的。

8.2.3.4 千兆比特以太网净荷

在 IEEE 802.3-2002 第 36.2.4 节可以找到千兆比特以太网的运行不均匀性规则。提供两个表示为 /I1/和 /I2/的空闲编码。头一个/I/跟在信息包或配置有序集之后恢复当前运行不均匀性为负值。所有相继的/I/和 /I2/保证负的终结运行不均匀性。这个限制允许速率适配插入/去除单个/I2/而不必转换与代码群随后插入或去除/I2/有关的开始运行不均匀性。

为了保证每个 SOF 开始的负值运行不均匀性，应当用 RD- K28.5 产生所有/I2/空闲，保证下一个空闲或 SOF 的开始负值运行不均匀性。

按照 IEEE 802.3-2002 第 36.2.4.16 节，在入口检出的（和在 64B/65B 编码过程以 10B_ERR 码字替代的）运行不均匀性差错应当用在出口有正确不均匀性的/V/码字 (K30.7) 取代。作为一种选项，也允许按照开始的运行不均匀性，将接收的 10B_ERR 再编码成下列不能辨识的 10B 中性不均匀性码字之一：001111 0001 (RD-)或 110000 1110 (RD+)。作为一种选项，也允许按照开始的运行不均匀性是(RD-)或 (RD+)，依 8.1.1.1 所述规则，将接收的 10B_ERR 再编码成不能辨识的 10B 中性不均匀性码字。

应当注意，这种将 10B_ERR 去映射进入数据流的选项只适用于所连接的以太网系统不使用差错记录支持系统维护的情况。

8.2.3.5 DVB ASI净荷

DVB ASI 映射进 GFP 的运行不均匀性特征应遵从如 ANSI X3.230-1994，光纤通路的物理和信令接口 (FC-PH)，Rev. 4.3 第 11 节规定的光纤通路标准。在出口，按照开始的运行不均匀性是(RD-)或(RD+)，遵从第 8.1.1.1 节描述的规则，应将 10B_ERR 再编码为不能辨识的 10B 中性不均匀性码字。

8.3 客户特定的信号失效特征

当透明 GFP 映射在入口检出客户信号失效，它可以发送“客户信号失效”，如 6.3.3 所述。客户信号失效至少包括：8B/10B 同步丢失、在某些情况的信号丢失。其他与实现方式有关的客户信号丢失指示（例如，来自综合电路之间接口的时钟丢失）可以被编码成客户信号失效。

因为客户信号是按连续的串行 10 比特字符流供给，它必须找出码字的定位。包含“逗号”隔断符的特殊字符供给获得并维持码字定位所必须的信息。在所有 8B/10B 客户信号应用相同的比特定位技术时，检出和清除 8B/10B 同步丢失的条件是协议规定和在下一个协议特定的子句中辨识它。

服务器层失效，在 GFP 过程自身，在 64B/65B 适配过程，或在传送网中，可能引起向客户适配过程发 CSF 指示。

如果在 GFP 客户数据帧内出现 CSF 的启动，那个 GFP 帧的 64B/65B 块的余数应被填入 10B_ERR 代码。在远端，这些码应按差错被检出。

在传送网的远端，透明传送的客户信号必须按照符合对每个协议规定的物理和编码接口要求的方式仍旧被重建并输出。后随的客户特定的子句规定在客户信号出口要采取什么样的动作来响应所接收的使它不能抽出客户信号的远端客户信号失效指示或任何适配或传送缺陷。

8.3.1 光纤通路净荷

8.3.1.1 光纤通路光丢失 (LOL)

光纤通路信号丢失是与实现方式有关的选项。在受到支持时，在 5.6 节、6.2.3.2 节和 ANSI X3.230-1994，光纤通路物理和信令接口 (FC-PH)，Rev. 4.3 的 H.10 可以找到可应用的光丢失和信号检测要求。

其他失效客户信号的与实现方式有关的指示（例如，来自 SerDes 的时钟丢失）可以按客户信号失效编码。

8.3.1.2 光纤通路8B/10B同步丢失

在 ANSI X3.230-1994 的第 12.1 节规定了宣告光纤通路的 8B/10B 码字进入/退出同步的条件。

8.3.1.3 由于入口或传送信号失效光纤通路的输出

因为透明 GFP 映射的目标是尽可能透明地传送客户信号，它不适合于因为客户信号失效或传送故障而在出口启动链路初始化或链路恢复程序。建议：出口光纤通路发送器连续输出中性不均匀性编码的 10B_ERR，迫使检出同步丢失并使下游光纤通路接收器采取相关动作。代替地，出口发送器可以产生非工作原语（ANSI X3.230-1994 第 16.4.2 节）。

如果 CSF 状态坚持不变，客户适配过程可以什么都不发送，迫使进行 LOS 检测并使下游光纤通路接收器采取相应动作。

8.3.2 ESCON净荷

8.3.2.1 ESCON的信号丢失 (LOS)

在 ANSI X3.296-1997, 信息技术单字节指令组连接 (SBCON) 方案, 第 5.2 节和 5.3 节分别对单模和多模接口规定了光信号丢失检测要求。

8.3.2.2 ESCON 8B/10B同步丢失

在 ANSI X3.296-1997, 第 7.1 节规定了宣告 ESCON 进入和退出 8B/10B 码字同步的条件。

8.3.2.3 由于进口或传送信号失效ESCON的输出

因为透明 GFP 映射的目标是尽可能透明地传送客户信号, 它不适宜于因客户信号失效或传送故障在出口启动链路初始化或链路恢复程序。建议: 出口 ESCON 发送器连续地输出中性不均匀性解码的 10B_ERR, 迫使进行同步丢失检测并使下游 ESCON 接收器采取相关的动作。替代地, 出口发送器可以产生非工作原语 (ANSI X3.296-1997 第 7.4.2 节)。

如果 CSF 状态坚持不变, 客户适配过程可以什么都不发送, 迫使进行 LOS 检测并使下游 ESCON 接收器采取相应动作。

8.3.3 FICON净荷

对 FICON 的 CSF 处理要求与 ANSI X3.230-1994, Rev. 4.3 规定的那些光纤通路是同样的。

8.3.4 全双工千兆比特以太网净荷

8.3.4.1 千兆比特以太网信号丢失

IEEE 802.3-2002 的 38.2.4 节和 39.2.3 节分别对光纤和铜线接口规定了千兆比特以太网物理媒介无关 (PMD) 信号检测要求。

8.3.4.2 千兆比特以太网8B/10B同步丢失

IEEE 802.3-2002, 第 36.2.5.2.6 节和图 36-9 规定了宣告千兆比特以太网进入或退出 8B/10B 码字同步的条件。

8.3.4.3 由于入口或传送信号失效千兆比特以太网的输出

因为透明 GFP 映射的目标是尽可能透明地传送客户信号, 它不适宜于由于客户信号失效或传送故障而在入口启动链路初始化或链路恢复程序。建议: 入口 GbE 发送器连续输出/V/有序集 (IEEE 802.3-2002 第 36.2.4.16 节), 迫使进行同步丢失检测并使下游 GbE 接收器采取相应动作。

如果 CSF 状态坚持不变, 客户适配过程可以什么也不发送, 迫使进行 LOS 检测并使下游 GbE 接收器采取相应动作。

8.3.5 DVB ASI净荷

8.3.5.1 DVB ASI光丢失 (LOL)

参照光纤通路标准, DVB ASI 信号丢失是与实现方式有关的选项。在受到支持时, 在 ANSI X3.230-1994, 光纤通路物理和信令接口 (FC-PH), Rev. 4.3 的第 5.6 节、6.2.3.2 节和 H.10 节可以找到可应用的光丢失和信号缺陷的要求。

其他与实现方式有关的客户信号失效的指示（例如，来自 SerDes 的时钟丢失）可以像客户信号失效一样编码。

8.3.5.2 DVB ASI 8B/10B同步丢失

根据 ETSI EN 50083-9 附录 B，DVB ASI 的码字同步应当在 5 个连续接收的字符中有两个/K28.5/字符具有同样定位被接受时获得。ETSI EN 50083-9 没有规定宣告码字同步丢失的判据。因为 DVB ASI 的码字同步和传输是基于字符的，而不是基于 4 个字符的传输字，所以不可能使用光纤通路的判据在没有来自 ETSI EN 50083-9 的导则的情况下，基于 ESCON/SBCON 字符的码字同步丢失判据应当使用 ANSI X3.296-1997，第 7.1 节规定的那些判据。

8.3.5.3 由于入口或传送信号失效DVB ASI的输出

出口 DVB ASI 发送器应连续地输出中性不均匀性解码的 10B_ERR，迫使同步丢失检出并使下游 DVB ASI 接收器采取任何相应动作。如果 CSF 状态坚持不变，客户适配过程可以什么也不发送，迫使 LOS 检出并使下游 DVB ASI 接收器采取相应动作。

8.4 8B/10B客户整速率透明映射进GFP

利用同步（整速率）映射所有接收的客户字符能够实现 8B/10B 编码块客户的透明映射。这个透明映射利用第 8.1 节叙述的通用基于字符的映射和第 8.2.3 节和 8.3 节叙述的客户特定的过程。另外，在映射和包封（在入口方向）之前和去映射，抽出 64B/65B 块并将它们解码为 8B/10B 块码（在出口方向）之后，采用以下各小节叙述的客户特定的要求。

8.4.1 进入64B/65B代码的速率适配

在入口，速率要适配到 64B/65B 编码过程内输出净荷数据率。如果映射器没有 8B/10B 码字可用于再编码为 64B/65B 块码，映射器就插入 65B_PAD，如 8.1.1.2 节所述。本质上，这个 65B_PAD 是非客户空闲，是用来作速率适配的填充 64/65B 块。在出口，去映射器除去这些非客户空闲信号。因为使用固定长度的 GFP 帧，为了速率适配，帧都可能用 65B_PAD 填充，在将它插入出发的传送信号之前不需要寄存进入的 GFP 帧，从而缩减了缓存和映射过程的延迟。

8.4.1.1 出口速率适配过程

有两种方法在 GFP 客户特定的宿适配过程产生客户出口数据接口时钟。一个方法是使客户信号与锁定在 GFP 宿适配过程的时钟源适配。另一个方法是从接收的 GFP 信号和传送时钟导出客户信号出口时钟。

如果在入口客户信号或在 SDH/OTN 传送期间出现故障，在客户希望将客户速率链路故障信号放进故障的客户时，在客户数据出口点仍然要求有协议特定的本地参考时钟。

8.4.1.1.1 与本地参考时钟速率适配

当前支持的 8B/10B 客户信号规定的工作频率具有时钟偏移要求为 ± 100 ppm 到 ± 200 ppm，与 SDH 或 OTN 相比非常宽松。这些客户信号的每一种都设计成允许其速率适配到本地参考时钟，利用客户空闲（或填充字）插入或除去的方法，在再生器或在远端实现。为了方便这种速率适配，这些客户信号的每一个都会影响规定在数据之间必须插入的空闲码字的最小数目的最小包间间隙（IPG）的规则。这些客户信号

的每一个也规定了最大数据包的大小。已建立的最小 IPG 规则保证了在要求速率与本地时钟适配的场合，甚至是在快的输入时钟和慢的输出时钟要求删去某些 IPG 空闲，为了成功的对客户帧定界，在信息包之间要保留足够的 IPG 的最坏情况也能满足的那个要求。

当在出口重建透明映射的客户数据时，这个方案也同样能良好的应用。使用这个方法，在 GFP 宿适配过程供给本地参考时钟。当客户数据从 GFP 帧去映射并再编码为 8B/10B 码字时，利用空闲插入/去除其速率适配于本地参考时钟。为了辨认插入/去除空闲码字的合法机会，产生合适的空闲码并将这样的代码插入出口比特流，需要客户特定的过程。客户特定参数的例子是允许插入或去除的空闲的最小和最大数目。

即便是链路含有多个再生器，如果所有“本地”时钟都符合特定协议的精度要求，就会出现空闲插入或去除的足够机会，因为经过级联再生器之后的集合定时偏移不会超过最坏情况时钟偏移要求。

用这个方法，定时特性诸如重建客户信号的抖动和漂动基本上取决于本地参考时钟的质量。本地参考时钟是协议速率规定的（例如，千兆比特以太网、光纤通路、和 ESCON 不会共享公共频率）。

8.4.1.1.2 离开传送的客户信号的速率适配

在入口按平滑的协议特定的时钟速率提供客户信号。在客户数据包自身之内可能有间隔时，会用固定时钟频率的包间间隔（IPG）填入。在使用 64B/65B 再编码它时，（假定没有客户信号丢失或字符同步丢失），透明映射保持所有的客户数据、控制和 IPG 信息。然而，为了使速率适配到更高带宽的传送净荷通路，再编码的数据而后会用填充 65B_PAD 的方式映射进 GFP 帧。GFP 客户管理或控制帧可能也被周期地或按机会插入 GFP 客户数据帧之间。传送帧附加它们自己的开销（在 SDH 的情况，段和通道开销加上固定填充字节）。不会保持客户数据、填充字节或块、GFP 帧、传送开销之间的定位。

在出口，需要 FIFO 和去同步器，希望恢复时钟，在那里去同步器需要有参考时钟、PLL 和滤波器。恢复的时钟定时取决于某些滤波的 FIFO 填充水平的版本。由于大块的段/传送开销、GFP 帧开销、和 GFP 客户管理帧的存在，FIFO 本身正常工作状态下的水平会遭到相当引入注目的改变。在最坏状态，有可能所有客户数据“间隔”机制调准到一个相邻接的“非客户数据”块。以相对大的客户数据源时钟频率容限组合的某些间隔的相对非周期性质使 FIFO 和 PLL 的设计复杂化。

这种去同步器方法的优点是在出口恢复客户时钟不要求协议特定的资料。

重建客户信号的抖动和漂动定时特性基本上取决于时钟恢复系统的设计。使用更复杂的设计，就能用单一设计支持宽范围的客户速率。

8.4.1.2 客户特定的速率适配特征

在出口，透明传送的客户信号必须按符合每种协议规定的物理接口的状态重建并输出。不论所选择的客户出口定时方式如何，必须符合对每种客户协议规定的可应用标准一样的协议特定的定时要求。下列子节说明要应用的除其他协议特定的要求之外的关键的可应用要求。

8.4.1.2.1 光纤通路净荷

光纤通路整速率输出数据率（8B/10B 编码之后）应是 531.25, 1062.5, 2125 或 4250 Mbit/s \pm 100 ppm，如 ANSI X3.230-1994，光纤通路物理和信令接口（FC-PH），Rev. 4.3，第 5.1 节的规范。在 ANSI X3.230，第 6.1.1 节（单模光输出接口），第 6.2.1 节（多模光输出接口），和第 7 节（电缆接口）又进一步规定了输出信号定时要求。产生的输出信号通常按 ANSI X3.230 第 17.1 节规定在帧间最少有六个原始信号（空闲和 R_RDY）。如果采用光纤通路空闲插入/去除实现速率适配，速率适配应当这样应用：接收目的地至少接收前头两个帧中各自的空闲码，如 ANSI X3.230 节 17.1 节的规范。

当接收光纤通路原始序列的连续码流时，也可能需要速率适配，在 ANSI X3.230-1994 的表 26 规定这个原始序列。因为在序列被辨识之前，需要接收最小三个连续识别的原始序列（ANSI X3.230 第 16.4.1 节），用插入接收的四个字符序列的一个复制品，或删去接收的序列实现的速率适配应当只出现在三个连续识别的序列已被接收并再发送之后。

根据实现方式，在出口应产生连续的 10B_ERR 中性不均匀性字符流，速率适配在这里仍然需要。在这种情况下，速率适配可以在 12 个连续 10B_ERR 字符已被接收并再发送之后用除去或插入 10B_ERR 中性不均匀性字符的方式来实现。

8.4.1.2.2 ESCON净荷

按 ANSI X3.296-1997，信息技术单字节指令码集连接（SBCON）方案，第 5.1.2 节规定，ESCON 输出数据速率（8B/10B 编码之后）应当是 200 Mbit/s \pm 0.04 Mbit/s。在 ANSI X3.296 第 5.2.1 节（多模输出接口）和第 5.3.1 节（单模输出接口）进一步规定了输出信号定时要求。产生的输出信号通常在数据帧之间最少有四个空闲字符（K28.5），如 ANSI X3.296 第 6.3 节规定。按照 ANSI X3.296 第 7.2 节的规则，如果采用 ESCON 空闲插入/去除实现速率适配，这种适配限于任何两个帧之间有一个插入/去除事件，也就是说插入/去除事件是由添加或去掉一个或两个空闲字符组成。然而，帧之间一个插入/去除事件在帧之间的间隔变得足够大时可能不足以提供足够的速率校正能力。因而，对于 GFP-T 出口适配过程，只要这种事件出现不太频繁平均不超过每 2500 个字符一次，且不会使帧间剩余的空闲少于两个，在帧间允许有任何数目的插入/去除事件，当接收到连续的有序集序列码流时，可能也需要速率适配，有序集序列规定在 ANSI X3.296 的表 15。因为在序列被辨识之前需要接收最少八个连续的序列（ANSI X3.296 第 6.3 节），只会在八个连续的辨识序列已被接收并重发之后才出现用插入一个接收的两个字符序列的复制品或删去接收的序列实现的速率适配。

按照实现方式，在出口应产生连续的 10B_ERR 中性不均匀性字符流，速率适配在这里仍然需要。在这种情况下，速率适配可以在 12 个连续 10B_ERR 字符已被接收并再发送之后用除去或插入 10B_ERR 中性不均匀性字符的方式来实现。

8.4.1.2.3 FICON净荷

FICON 的定时要求与 ANSI X3.230-1994, Rev. 4.3 规定的那些要求一样。

8.4.1.2.4 全双工千兆比特以太网净荷

如 IEEE 802.3-2002 所规定，千兆比特以太网（GbE）输出数据率（8B/10B 编码之后）应当是 1250 Mbit/s \pm 100 ppm。在 IEEE 802.3-2002 第 38.5 节和 38.6 节（1000BASE-LX 光纤接口），和第 39.3.1 节和 39.3.3 节（1000BASE-CX（短距铜线接口））进一步规定输出信号定时要求。通常产生的输出信号具有最小 12 个八比特组的 IPG（IEEE 802.3-2002 第 4.4.2.3 节）。在 IEEE 802.3-2002，第 36.2.4.12 节规定了 GbE 空闲字符是两个八比特组。如果利用全双工 GbE 空闲插入/去除实现速率适配，在任何 IPG 内可以去掉任何数目的 /I2/，它们的去除应该不会没有 /I/ 产生和不会使帧间余下的包含 /T/、/R/ 和 /I/ 的八比特组不少于 8 个，这是 IEEE 802.3-2002 图 36-7a 和图 36-7b 规定的成功的为帧定界的要求。在任何 IPG 内可以添加任何数目的 /I2/。当接收到八字符配置有序集（交替的 /C1/C2/ 构成）的连续码流时，可能也需要速率适配。因为在配置集被辨识之前，需要接收最少三个连续的 /C1/C2/ 配置有序集，只会三个连续的辨识的 /C1/C2/ 序列已被接收并重发之后，才会出现用插入接收的 /C1/C2/ 序列的复制品或删除接收的 /C1/C2/ 序列实现的速率适配。按照实现方式，在出口应产生连续的 10B_ERR 中性不均匀性或传输差错（/V/）字符流，速率适配仍然需要。在这种情况下，可以用在接收并重发 12 个连续的 10B_ERR 或 /V/ 字符之后去除或复制 10B_ERR 或 /V/ 字符的方式来实现速率适配。

8.4.1.2.5 DVB ASI净荷

按 ETSI EN 50083-9 附录 B 规定，DVB ASI 输出数据率（8B/10B 编码后）应是 270 Mbit/s \pm 100 ppm。对输出信号定时要求的进一步规定参考光纤通路规范 ANSI X3.230-1994。

在 MPEG 信息包之间必须最少存在两个 /K28.5/ 字符。在包内或包间可能存在附加的速率适配 /K28.5/ 字符。如果采用去除 /K28.5/ 实现速率适配，速率适配应当采用如 ETSI EN 50083-9 附录 B 规定的，接收目的地至少接收前两个帧中两个 /K28.5/ 字符。如果速率适配要求插入 /K28.5/ 字符，它们可以插在 MPEG 信息包之间或之内。

按照实现方式，在出口应接收或产生连续的 10B_ERR 中性均匀性字符码流（例如，为响应接收的客户信号失效）。在这种情况下，可以在已接收到并重发 12 个连续 10B_ERR 字符之后去除或插入 10B_ERR 中性不均匀性字符来实现速率适配。

8.5 8B/10B客户异步（整速率或子速率）映射进GFP

利用异步（整速率或子速率）映射接收的客户字符能够实现 8B/10B 块编码客户的子速率传送。异步透明映射采用 8.1 节所述共同的基于字符的映射方式和 8.2.3 节及 8.3 节的客户特定的过程。然而，异步映射是典型的不太透明的基于字符的映射，在该方式中客户特定的过程（在入口处）从码字流中删去了客户空闲字符。可能会采用流量控制以保证在提供的带宽比支持整速率客户信号带宽小的传送通道上无损传送客户信号。在映射和包封（入口方向）之前和在去映射，抽出 64B/65B 块和将它们解码成 8B/10B 块码（出口方向）之后，使用以下子节所述客户特定的要求。

8.5.1 对异步GFP-T映射，光纤通路特定的特征

有待研究。

附录 I

GFP应用功能模型示例

本附录给出 GFP 应用的功能模型的一些例子。在没有对于数据层网络（例如，IP 和以太网）用的层网络结构的情况下，所提供的模型仅供解释之用。

GFP 能够在传送网元（例如，SDH）和在数据网元（例如，IP、以太网）中应用。

在前者的情况，提供一个物理数据接口（以太网或存储区域网类型）作为传送网元上分支接口的端口。对于物理数据信号是 8B/10B 编码信号的情况，它能作为采用 GFP-T 映射的透明码流经过传送网传送（图 I.1）。对于只有一部分物理接口带宽承载业务流和只有这个业务流是通过传送网传送的情况，利用在 VC-m-Xv, VC-n, VC-n-Xc 或 VC-n-Xv 信号上 GFP-F 映射，物理数据接口信号被终端，数据 PDU 被抽出并向前传（图 I.2）。

在后者的情况，GFP 过程在 IP 路由器[以太网交换]设备和在例如 STM-N 接口端口功能之间或之内完成（图 I.3 和 I.4）。

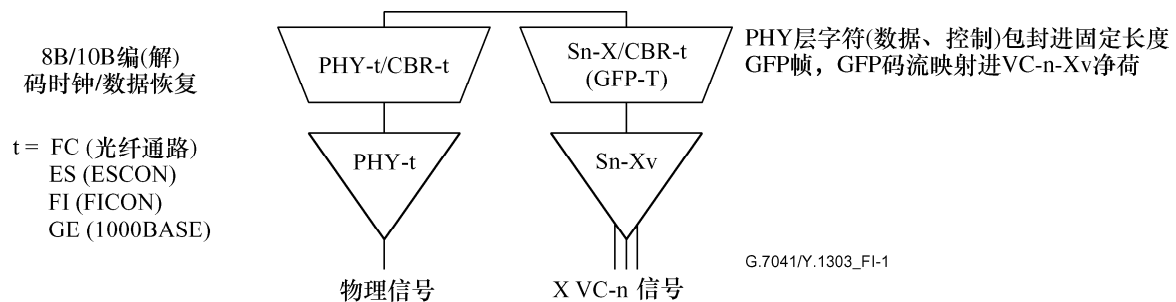


图 I.1/G.7041/Y.1303—采用整速率GFP-T映射进SDH网元的FC/ES/FI/GE分支接口端口

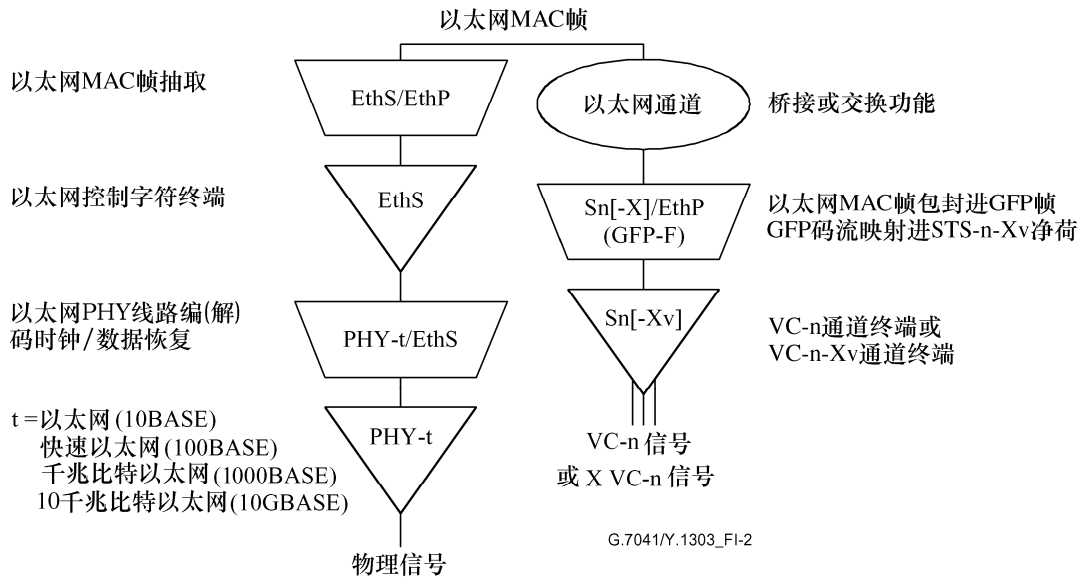


图 I.2/G.7041/Y.1303—使用GFP-F帧映射进SDH网元的以太网分支接口端口

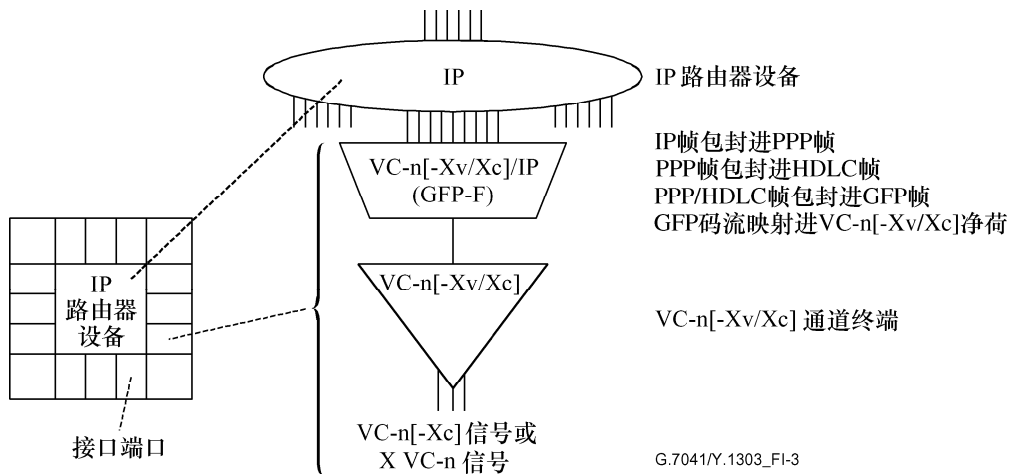


图 I.3/G.7041/Y.1303—在IP路由器或IP路由器功能上VC-n/VC-n-Xv/VC-n-Xc端口嵌进混合SDH/IP设备

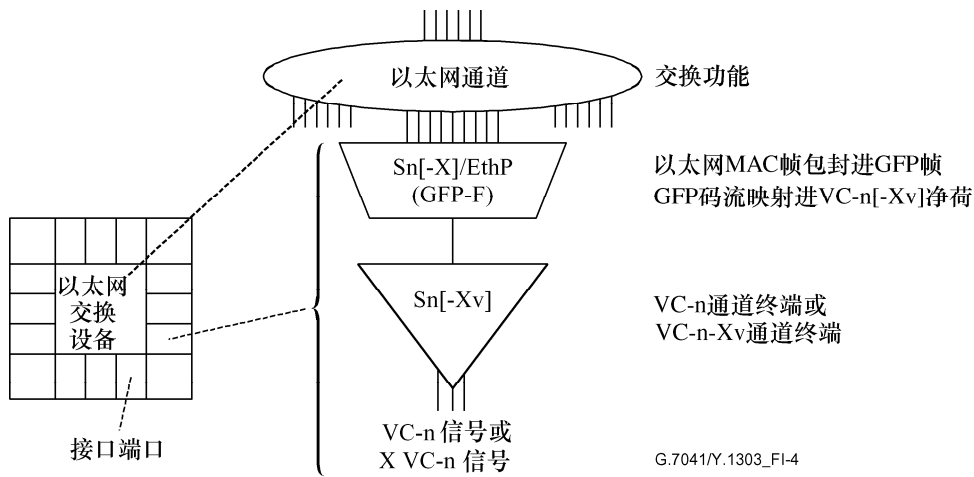


图 I.4/G.7041/Y.1303— 以太网交换或以网交换功能上的VC-n-Xv端口
嵌入混合SDH/以太网设备

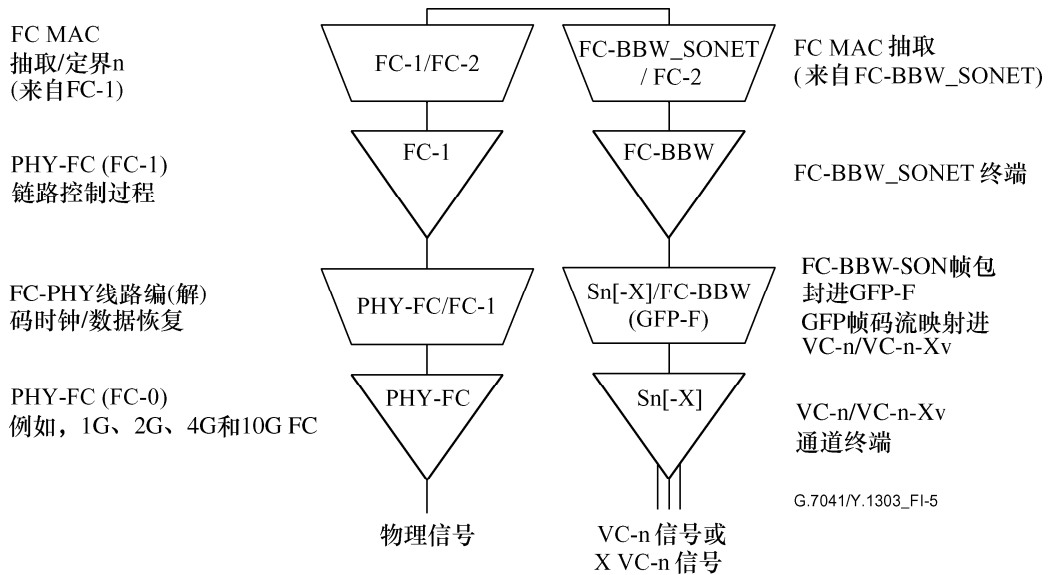


图 I.5/G.7041/Y.1303 – 利用FC-BBW_SONET和GFP-F映射进SDH网元的
光纤通路支路接口端口

附 录 II

GFP净荷类型的样本

表 II.1/G.7041/Y.1303—GFP净荷类型

净荷类型识别符 (二进制) 类型比特 <15:13>	净荷FCS识别符 (二进制) 类型比特 <12>	扩展报头识别符 (二进制) 类型比特 <11:8>	用户净荷识别符 (二进制) 类型比特 <7:0>	类型 (十六进制)	GFP帧净荷区	扩展报头长度 (# 八比特组)
000	0	xxxx	0000 0000	0x00	待用	
000	1	xxxx	0000 0000	1x00	待用	
000	0	0000	0000 0001	0001	具有空扩展报头和无净荷FCS的以太网	0
000	0	0000	0000 0010	0002	具有空扩展报头和无净荷FCS的PPP	0
000	0	0001	0000 0001	0101	具有线性扩展报头和无净荷FCS的以太网	4
000	0	0001	0000 0010	0102	具有线性扩展报头和无净荷FCS的PPP	4
000	0	0010	0000 0001	0201	具有环形扩展报头和无净荷FCS的以太网	18
000	0	0010	0000 0010	0202	具有环形扩展报头和无净荷FCS的PPP	18
000	0	0000	0000 0011	0003	具有空扩展报头和无净荷FCS的透明光纤通路	0
000	0	0000	0000 0100	0004	具有空扩展报头和无净荷FCS的透明FICON	0
000	0	0000	0000 0101	0005	具有空扩展报头和无净荷FCS的透明ESCON	0
000	0	0000	0000 0110	0006	具有空扩展报头和无净荷FCS的透明Gb以太网	0
1xx	x	xxxx	xxxx xxxx	-	待用	-
x1x	x	xxxx	xxxx xxxx	-	待用	-
xx1	x	xxxx	xxxx xxxx	-	待用	-

附录 III

说明传输次序和CRC计算的GFP帧示例

处理的例子

发送:

用户数据 → GFP 源适配 → 扰码和 DC 平衡 → SDH

接收:

SDH → 去 DC 平衡和解扰 → GFP 宿适配 → 客户数据

下列处理的例子表明在 DC 平衡和自同步扰码之前，用线性报头和 FCS 封装 64 字节以太网的过程。按照相对于以太网传输比特次序相反的传输比特次序（即，IEEE 802.3-2002 第 3 节的比特 0 相当于 GFP 八比特组成的比特 8，和 IEEE 802.3-2002 第 3 节的比特 7 相当于 GFP 八比特组的比特 1），将以太网数据八比特组映射到 GFP 八比特组。在这个例子中十六进制值按这样定位：MSB 在左而 LSB 在右。

字节	字段	值(十六进制)	注释
1	PLI[15:8]	00	; PLI = 长度 { 净荷报头 + 净荷信息字段 + 净荷 FCS } ; = 8 + 64 + 4 = 76 字节
2	PLI[7:0]	4C	
3	cHEC[15:8]	89	;
4	cHEC[7:0]	48	;
5	TYPE[15:8]	11	; [15:13]='000' (客户数据)
6	TYPE[7:0]	01	; [12] = '1' (净荷 FCS 使能)
7	tHEC[15:8]	20	; [11:8]='0001' (线状报头)
8	tHEC[7:0]	63	; [7:0] = '00000001' (以太网)
9	EHDR[15:8]	80	; CID[07:00]=0x8000 (例子的值)
10	EHDR[7:0]	00	; SPARE[7:0]
11	eHEC[15:8]	1B	; 在 CID, SPARE 上计算的 eHEC
12	eHEC[7:0]	98	; 扩展报头结尾
13	DATA	FF	; 1d 以太网 DA=0xFFFFFFFF
14	DATA	FF	; 2d
15	DATA	FF	; 3d
16	DATA	FF	; 4d
17	DATA	FF	; 5d
18	DATA	FF	; 6d
19	DATA	06	; 7d 以太网 SA=0x060504030201
20	DATA	05	; 8d
21	DATA	04	; 9d
22	DATA	03	; 10d
23	DATA	02	; 11d
24	DATA	01	; 12d

25	DATA	00	; 13d 以太网类型/长度
26	DATA	2E	; 14d
27	DATA	00	; 15d 以太网净荷
28	DATA	01	; 16d
29	DATA	02	; 17d
30	DATA	03	; 18d
31	DATA	04	; 19d
32	DATA	05	; 20d
33	DATA	06	; 21d
34	DATA	07	; 22d
35	DATA	08	; 23d
36	DATA	09	; 24d
37	DATA	0A	; 25d
38	DATA	0B	; 26d
39	DATA	0C	; 27d
40	DATA	0D	; 28d
41	DATA	0E	; 29d
42	DATA	0F	; 30d
43	DATA	10	; 31d
44	DATA	11	; 32d
45	DATA	12	; 33d
46	DATA	13	; 34d
47	DATA	14	; 35d
48	DATA	15	; 36d
49	DATA	16	; 37d
50	DATA	17	; 38d
51	DATA	18	; 39d
52	DATA	19	; 40d
53	DATA	1A	; 41d
54	DATA	1B	; 42d
55	DATA	1C	; 43d
56	DATA	1D	; 44d
57	DATA	1E	; 45d
58	DATA	1F	; 46d
59	DATA	20	; 47d
60	DATA	21	; 48d
61	DATA	22	; 49d
62	DATA	23	; 50d
63	DATA	24	; 51d
64	DATA	25	; 52d
65	DATA	26	; 53d
66	DATA	27	; 54d
67	DATA	28	; 55d

68	DATA	29	; 56d
69	DATA	2A	; 57d
70	DATA	2B	; 58d
71	DATA	2C	; 59d
72	DATA	2D	; 60d
73	DATA	DE	; 61d 以太网 FCS (在 60 字节上计算的)
74	DATA	E1	; 62d
75	DATA	90	; 63d
76	DATA	D0	; 64d
77	FCS[31:24]	56	; 任选的 GFP 净荷 FCS 的第一个字节
78	FCS[23:16]	CF	; 只包含净荷信息字段
79	FCS[15:8]	2B	; 扩展字段 (即, 64 字节)
80	FCS[7:0]	B0	; 任选的 GFP FCS 最末字节

核心报头是 XOR 具有 DC Barker 码, GFP 帧剩下的字段不变。

字节	字段	值(十六进制)	注释
1	PLI[15:8]	B6	; 00 xor B6
2	PLI[7:0]	E7	; 4C xor AB
3	cHEC[15:8]	B8	; 89 xor 31
4	cHEC[7:0]	A8	; 48 xor E0
5	...		

下列的例子表明对 $PLI[15:0] = 0x004C$ 计算 cHEC。多项式是 $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ 。PLI 移位进入 CRC-16 计算器, 首先是 $PLI[15:8]$, 然后是 $PLI[7:0]$, 对每个八比特组首先是最高有效位。

		x^{15}	...	x^0	
		0000000000000000			← CRC-16 初始状态
输入比特	1	0001000000100001			← 输入比特后的 CRC-16
	0	0010000001000010			
	0	0100000010000100			
	1	1001000100101001			
	1	0010001001010010			
	0	0100010010100100			
	0	1000100101001000			

从 x^{15} 开始发送 CRC-16 得出 GFP 八比特组 $cHEC[15:0] = 0x8948$ 。

GFP 帧按网络比特次序 (首先是最高有效位) 输入 $x^{43}+1$ 扰码器。以类型 (TYPE) 字段的首一个比特开始 (核心报头不扰码)。

- Bit #1 TYPE[15]
- Bit #2 TYPE[14]
- Bit #3 TYPE[13]
- ...

附录 IV

在透明GFP使用的超块数目

IV.1 引言

在 GFP-T, 在客户数据帧内有整数 (N) 个 536 比特超块。 N 的值要选择的使客户数据比特相对于 GFP 帧开销比特的有效量对传送客户数据信号能有足够的带宽。 N 的值能选择的在通路内有足够的附加“备用”带宽用于客户管理帧 (CMF) 的传送。 在这里表明最小 N 的值是允许在成功的 GFP-T 客户数据帧之间传输的各种开销比特和客户管理帧数目的函数。

IV.2 “备用”带宽的计算

在 GFP-T 通路内备用带宽定义为:

$$\begin{aligned} SBW &= (\text{在通路内载送客户比特的最小比特率}) - (\text{客户数据比特率}) \\ &= (\text{最小通路比特率})(\text{客户数据比特与总比特之比}) - (\text{客户数据比特率}) \end{aligned}$$

其中:

客户数据比特率是解码块线路码 (例如, 8B/10B) 之后的数据速率, 和通路内比特的总数是客户数据比特加上所有 GFP-T 开销比特。

SBW 作为 N 的函数是:

$$SBW(N) = (\text{最小通路速率}) \left(\frac{\text{客户数据比特/GFP-T 帧}}{\text{总比特/GFP-T 帧}} \right) - (\text{最大客户数据速率})$$

$$SBW(N) = \frac{(512)(N)(ChBW_{min})}{GFPOH + (536)(N)} - CSBW_{max}$$

式中:

$ChBW_{min}$ = 在传送时钟容限最慢端传送通路带宽

$CSBW_{max}$ = 在传送时钟容限最快端客户信号数据率

$GFPOH$ = GFP 开销比特的数目

N 的最小值是使 $SBW(N) > 0$ 的最小 N :

$$N_{min} = \left\lceil \frac{(CSBW_{max})(GFPOH)}{(512)(ChBW_{min}) - (536)(CSBW_{max})} \right\rceil$$

其中标记 $\lceil x \rceil$ 表示它是 $\geq x$ 的最小整数。

在表 IV.1 示出具有与它们相关的 N_{min} 值的最小 VC 通道的大小。

IV.3 CMF可用带宽的计算

CMF可用带宽是受到两个客户数据帧之间能传输的CMF数目限制的备用带宽。如果对要传输的CMF的数目上没有限制，则最大允许的 N 值将给出大量的CMF可用带宽，这里，

$$\begin{aligned} N_{max} &= (65536 - GFPOH) / 67 \\ &= 978 \text{ 没有扩展报头或净荷 FCS, 和} \\ &= 977 \text{ 加上扩展报头和/或净荷 FCS} \end{aligned}$$

为了尽量减小与进入GFP-T源适配过程相关的等待时间和缓冲要求，希望发送的客户数据帧之间的CMF不超过一个。客户数据帧越长，对发送CMF每秒存在的机会就越少（即，用于发送CMF的客户数据帧之间的间隔越少）。结果，当 N 增大时，CMF传输机会的数目减小，因而可用CMF带宽减小。因为这种限制， N 的最佳值就是严格按每个客户数据帧一个CMF填充整个带宽条件下的 N 值。较小的 N 值会降低备用带宽，这样它就不足以在每个客户数据帧之间提供CMF。较大的 N 值使每秒的CMF较少。通常，如在客户数据帧之间可以发送 m 个CMF，则可用CMF带宽是：

$$\begin{aligned} CMFBW(N, m) &= (\text{CMF/秒})(\text{比特/CMF}) \\ CMFBW(N, m) &= \frac{(ChBW_{min})(CMFL)(m)}{(m)(CMFL) + GFPOH + (536)(N)} \end{aligned}$$

式中：

$CMFL$ = CMF 帧长度，

m = 在客户数据帧之间能发送的CMF数目且限制条件如下：

$$\frac{(512)(N)(ChBW_{min})}{GFPOH + (536)(N) + (m)(CMFL)} \geq CSBW_{max}$$

客户管理帧的真实净荷带宽是CMF净荷区与总的CMF帧长度的比值：

$$CMPLBW = (CMFBW(N, M)) \left(\frac{CMFPAL}{CMFL} \right)$$

式中：

$CMPLBW$ = CMF 可用净荷带宽

$CMFPAL$ = 在CMF净荷区内用于CMF净荷的比特数（即，净荷区减去（如果它使用）pFCS）

对于给定的 m 值，给出最大可用CMF带宽的 N 值将是最接近下式得出值的一个整数：

$$N_{opt} = \frac{(CSBW_{max})(GFPOH + (m)(CMFL))}{(512)(ChBW_{min}) - (536)(CSBW_{max})}$$

表 IV.1/G.7041/Y.1303—SDH通道容量和每个透明GFP帧的超块数目

客户未编码数据率	客户信号例子	VC通道大小	65B块最小数目/GFP帧
160 Mbit/s	ESCON	VC-3-4v	1
216 Mbit/s	DVB ASI	VC-4-2v	1
425 Mbit/s	光纤通路	VC-4-3v	13
850 Mbit/s	光纤通路/FICON	VC-4-6v	13
1000 Mbit/s	千兆比特以太网	VC-4-7v	95
1700 Mbit/s	光纤通路	VC-4-12v	13
3400 Mbit/s	光纤通路	VC-4-24v	13

注 — 这里示出的超块数是在假定空扩展报头和没有任选的净荷 FCS 情况下得出的。

附录 V

以太网传送的带宽要求

本附录示出客户数据在以太网上在 GFP 上传送带宽要求，它是以太网 MAC 速率、客户净荷字段长度、网络是否具有插入 VLAN 标记和是否有 GFP pFCS 可用等因素的函数。在表 V.1 到 V.4 示出这种资料。

注 — 在表V.1到V.4内MAC比特速率是在除去12字节信息包间间隔加上7字节原语+1字节帧界限起点之后以太网MAC帧真实的比特率。换句话说，MAC比特率 = (以太网接口速率)(MAC帧内比特数)/(MAC帧内比特数+ 12字节信息包间间隔 + 7字节原语 + 1字节帧界限的起点)。

表 V.1/G.7041/Y.1303—每"10 Mbit/s" MAC服务器信号的最大(无)标记的MAC比特率

净荷比特率 (以太网标称比特率)											
			10 000	9 600	11 200		8 704		10 880		
MAC比特率 (kbit/s), 相对于最大MAC比特率的流量 (%)											
GFP-FCS	VLAN 标记	MAC-大小 (字节)	10Base-T	VC-11-6v	流量	VC-11-7v	流量	VC-12-4v	流量	VC-12-5v	流量
0	0	64	7 619	8 533	112.0	9 956	131	7 737	101.5	9 671	127
0	0	128	8 649	9 035	104.5	10 541	122	8 192	94.7	10 240	118
0	0	256	9 275	9 309	100.4	10 861	117	8 440	91.0	10 550	114
0	0	512	9 624	9 452	98.2	11 028	115	8 570	89.0	10 713	111
0	0	1 024	9 808	9 526	97.1	11 113	113	8 637	88.1	10 796	110
0	0	1 518	9 870	9 550	96.8	11 141	113	8 658	87.7	10 823	110
0	0	9 618	9 979	9 592	96.1	11 191	112	8 697	87.1	10 871	109
0	1	64	7 727	8 589	111.2	10 021	130	7 788	100.8	9 735	126
0	1	128	8 684	9 051	104.2	10 560	122	8 207	94.5	10 258	118
0	1	256	9 286	9 313	100.3	10 866	117	8 444	90.9	10 555	114
0	1	512	9 627	9 453	98.2	11 029	115	8 571	89.0	10 714	111
0	1	1 024	9 809	9 526	97.1	11 114	113	8 637	88.0	10 796	110
0	1	1 518	9 870	9 550	96.8	11 141	113	8 658	87.7	10 823	110
0	1	9 618	9 979	9 592	96.1	11 191	112	8 697	87.1	10 871	109
1	0	64	7 619	8 084	106.1	9 432	124	7 330	96.2	9 162	120
1	0	128	8 649	8 777	101.5	10 240	118	7 958	92.0	9 947	115
1	0	256	9 275	9 170	98.9	10 699	115	8 314	89.6	10 393	112
1	0	512	9 624	9 380	97.5	10 944	114	8 505	88.4	10 631	110
1	0	1 024	9 808	9 489	96.7	11 070	113	8 603	87.7	10 754	110
1	0	1 518	9 870	9 525	96.5	11 112	113	8 636	87.5	10 795	109
1	0	9 618	9 979	9 588	96.1	11 186	112	8 693	87.1	10 866	109
1	1	64	7 727	8 160	105.6	9 520	123	7 398	95.7	9 248	120
1	1	128	8 684	8 800	101.3	10 267	118	7 979	91.9	9 973	115
1	1	256	9 286	9 176	98.8	10 706	115	8 320	89.6	10 400	112
1	1	512	9 627	9 382	97.5	10 945	114	8 506	88.4	10 633	110
1	1	1 024	9 809	9 489	96.7	11 071	113	8 604	87.7	10 754	110
1	1	1 518	9 870	9 525	96.5	11 112	113	8 636	87.5	10 795	109
1	1	9 618	9 979	9 588	96.1	11 186	112	8 693	87.1	10 866	109

注1 — GFP-FCS; No = 0, Yes = 1. VLAN标记; 其值给出VLAN标记数 (无VLAN 标记 = 0)。

注2 — 封装的开销; 对物理以太网接口20个字节 (7字节原语, 1字节SFD和12个最小的IPG)。对GFP的8个字节封装的开销没有GFP-FCS和12字节封装的GFP用GFP-FCS的开销。

表 V.2/G.7041/Y.1303—每个"100 Mbit/s" MAC服务器信号的最大
(无)标记的MAC比特速率

净荷比特率 (以太网的标称比特率)							
MAC比特率 (kbit/s), 相对于最大MAC比特率的流量(%)							
GFP-FCS	VLAN 标记	MAC-大小 (字节)	100 000	96 768	149 760		
			100Base-T	VC-3-2v	流量	VC-4	流量
0	0	64	76 190	86 016	100.0	133 120	100.0
0	0	128	86 486	91 076	100.0	140 951	100.0
0	0	256	92 754	93 836	100.0	145 222	100.0
0	0	512	96 241	95 279	99.0	147 456	100.0
0	0	1 024	98 084	96 018	97.9	148 599	100.0
0	0	1 518	98 700	96 261	97.5	148 975	100.0
0	0	9 618	99 792	96 688	96.9	149 636	100.0
0	1	64	77 273	86 582	100.0	133 996	100.0
0	1	128	86 842	91 238	100.0	141 202	100.0
0	1	256	92 857	93 879	100.0	145 290	100.0
0	1	512	96 269	95 291	99.0	147 474	100.0
0	1	1 024	98 092	96 021	97.9	148 604	100.0
0	1	1 518	98 703	96 262	97.5	148 977	100.0
0	1	9 618	99 793	96 688	96.9	149 636	100.0
1	0	64	76 190	81 489	100.0	126 114	100.0
1	0	128	86 486	88 474	100.0	136 923	100.0
1	0	256	92 754	92 435	99.7	143 054	100.0
1	0	512	96 241	94 552	98.2	146 330	100.0
1	0	1 024	98 084	95 647	97.5	148 025	100.0
1	0	1 518	98 700	96 009	97.3	148 585	100.0
1	0	9 618	99 792	96 647	96.8	149 573	100.0
1	1	64	77 273	82 253	100.0	127 296	100.0
1	1	128	86 842	88 704	100.0	137 280	100.0
1	1	256	92 857	92 499	99.6	143 153	100.0
1	1	512	96 269	94 569	98.2	146 356	100.0
1	1	1 024	98 092	95 651	97.5	148 032	100.0
1	1	1 518	98 703	96 011	97.3	148 588	100.0
1	1	9 618	99 793	96 647	96.8	149 573	100.0

注1 — GFP-FCS; No = 0, Yes = 1. VLAN标记; 其值给出VLAN标记数 (无VLAN 标记 = 0)。

注2 — 封装的开销; 对物理以太网接口20个字节 (7字节原语, 1字节SFD和12个最小的IPG)。对GFP的8个字节封装的开销没有GFP-FCS和12字节封装的GFP用GFP-FCS的开销。

表 V.3/G.7041/Y.1303—每个"1Gbit/s" MAC服务器信号的最大
(无)标记的MAC比特速率

净荷比特率 (以太网的标称比特率)							
1 000 000 898 560 1 048 320							
MAC 比特率 (kbit/s), 相对于最大MAC比特率的流量(%)							
GFP-FCS	VLAN 标记	MAC-大小 (字节)	1000Base-X	VC-4-6v	流量	VC-4-7v	流量
0	0	64	761 905	798 720	100.0	931 840	100.0
0	0	128	864 865	845 704	97.8	986 654	100.0
0	0	256	927 536	871 331	93.9	1 016 553	100.0
0	0	512	962 406	884 736	91.9	1 032 192	100.0
0	0	1 024	980 843	891 594	90.9	1 040 193	100.0
0	0	1 518	986 996	893 849	90.6	1 042 824	100.0
0	0	9 618	997 925	897 813	90.0	1 047 449	100.0
0	1	64	772 727	803 975	100.0	937 971	100.0
0	1	128	868 421	847 214	97.6	988 416	100.0
0	1	256	928 571	871 737	93.9	1 017 027	100.0
0	1	512	962 687	884 842	91.9	1 032 315	100.0
0	1	1 024	980 916	891 621	90.9	1 040 225	100.0
0	1	1 518	987 030	893 862	90.6	1 042 839	100.0
0	1	9 618	997 926	897 814	90.0	1 047 449	100.0
1	0	64	761 905	756 682	99.3	882 796	100.0
1	0	128	864 865	821 541	95.0	958 464	100.0
1	0	256	927 536	858 326	92.5	1 001 380	100.0
1	0	512	962 406	877 982	91.2	1 024 313	100.0
1	0	1 024	980 843	888 152	90.5	1 036 177	100.0
1	0	1 518	986 996	891 512	90.3	1 040 098	100.0
1	0	9 618	997 925	897 440	89.9	1 047 014	100.0
1	1	64	772 727	763 776	98.8	891 072	100.0
1	1	128	868 421	823 680	94.8	960 960	100.0
1	1	256	928 571	858 918	92.5	1 002 071	100.0
1	1	512	962 687	878 138	91.2	1 024 495	100.0
1	1	1 024	980 916	888 192	90.5	1 036 224	100.0
1	1	1 518	987 030	891 531	90.3	1 040 119	100.0
1	1	9 618	997 926	897 441	89.9	1 047 014	100.0

注1 — GFP-FCS; No = 0, Yes = 1. VLAN标记; 其值给出VLAN标记数 (无VLAN 标记 = 0)。

注2 — 封装的开销; 对物理以太网接口20个字节 (7字节原语, 1字节SFD和12个最小的IPG)。对GFP的8个字节封装的开销没有GFP-FCS和12字节封装的GFP用GFP-FCS的开销。

表 V.4/G.7041/Y.1303—每个"10Gbit/s" MAC服务器信号的最大
(无)标记的MAC比特速率

			净荷比特率 (以太网的标称比特率)						
			10 000 000	9 884 160	9 953 280		9 995 277		
			MAC 比特率 (kbit/s), 相对与最大MAC比特率的流量(%)						
GFP-FCS	VLAN 标记	MAC-大小 (字节)	10GBase-R	VC-4-66v	流量	ODU1-4v	流量	ODU2	流量
0	0	64	8 311 688	8 785 920	100.0	8 847 360	100.0	8 884 691	100.0
0	0	128	9 078 014	9 302 739	100.0	9 367 793	100.0	9 407 319	100.0
0	0	256	9 516 729	9 584 640	100.0	9 651 665	100.0	9 692 390	100.0
0	0	512	9 752 381	9 732 096	99.8	9 800 153	100.0	9 841 503	100.0
0	0	1 024	9 874 638	9 807 539	99.3	9 876 123	100.0	9 917 794	100.0
0	0	1 518	9 915 088	9 832 343	99.2	9 901 100	99.9	9 942 877	100.0
0	0	9 618	9 986 502	9 875 945	98.9	9 945 008	99.6	9 986 970	100.0
0	1	64	8 395 062	8 843 722	100.0	8 905 566	100.0	8 943 143	100.0
0	1	128	9 103 448	9 319 351	100.0	9 384 521	100.0	9 424 118	100.0
0	1	256	9 523 810	9 589 110	100.0	9 656 167	100.0	9 696 910	100.0
0	1	512	9 754 253	9 733 257	99.8	9 801 322	100.0	9 842 677	100.0
0	1	1 024	9 875 120	9 807 834	99.3	9 876 421	100.0	9 918 093	100.0
0	1	1 518	9 915 309	9 832 478	99.2	9 901 237	99.9	9 943 014	100.0
0	1	9 618	9 986 508	9 875 949	98.9	9 945 011	99.6	9 986 974	100.0
1	0	64	8 311 688	8 323 503	100.0	8 381 709	100.0	8 417 075	100.0
1	0	128	9 078 014	9 036 946	99.5	9 100 142	100.0	9 138 539	100.0
1	0	256	9 516 729	9 441 586	99.2	9 507 611	99.9	9 547 727	100.0
1	0	512	9 752 381	9 657 805	99.0	9 725 342	99.7	9 766 377	100.0
1	0	1 024	9 874 638	9 769 672	98.9	9 837 991	99.6	9 879 502	100.0
1	0	1 518	9 915 088	9 806 637	98.9	9 875 215	99.6	9 916 883	100.0
1	0	9 618	9 986 502	9 871 843	98.9	9 940 877	99.5	9 982 822	100.0
1	1	64	8 395 062	8 401 536	100.0	8 460 288	100.0	8 495 985	100.0
1	1	128	9 103 448	9 060 480	99.5	9 123 840	100.0	9 162 337	100.0
1	1	256	9 523 810	9 448 094	99.2	9 514 165	99.9	9 554 309	100.0
1	1	512	9 754 253	9 659 520	99.0	9 727 069	99.7	9 768 112	100.0
1	1	1 024	9 875 120	9 770 112	98.9	9 838 434	99.6	9 879 947	100.0
1	1	1 518	9 915 309	9 806 839	98.9	9 875 419	99.6	9 917 087	100.0
1	1	9 618	9 986 508	9 871 848	98.9	9 940 882	99.5	9 982 827	100.0

注1 — GFP-FCS; No = 0, Yes = 1. VLAN标记; 其值给出VLAN标记数 (无VLAN 标记 = 0)。

注2 — 封装的开销; 对物理以太网接口20个字节 (7字节原语, 1字节SFD和12个最小的IPG)。对GFP的8个字节封装的开销没有GFP-FCS和12字节封装的GFP用GFP-FCS的开销。

ITU-T Y系列建议书
全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络

全球信息基础设施	
概要	Y.100-Y.999
业务、应用和中间件	Y.200-Y.299
网络方面	Y.300-Y.399
接口和协议	Y.400-Y.499
编号、寻址和命名	Y.500-Y.599
运营、管理和维护	Y.600-Y.699
安全	Y.700-Y.799
性能	Y.800-Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000-Y.1099
业务和应用	Y.1100-Y.1199
体系、接入、网络能力和资源管理	Y.1200-Y.1299
传输	Y.1300-Y.1399
互通	Y.1400-Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500-Y.1599
信令	Y.1600-Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700-Y.1799
计费	Y.1800-Y.1899
下一代网络	
框架和功能体系模型	Y.2000-Y.2099
服务质量和性能	Y.2100-Y.2199
业务方面：业务能力和业务体系	Y.2200-Y.2249
业务方面：NGN中业务和网络的互操作性	Y.2250-Y.2299
编号、命名和寻址	Y.2300-Y.2399
网络管理	Y.2400-Y.2499
网络控制体系和协议	Y.2500-Y.2599
安全	Y.2700-Y.2799
通用移动性	Y.2800-Y.2899

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

ITU-T 系列建议书

- A 系列 ITU-T 工作的组织
- B 系列 表述方式：定义、符号和分类
- C 系列 综合电信统计
- D 系列 一般资费原则
- E 系列 综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
- F 系列 非话电信业务
- G 系列 传输系统和媒质、数字系统和网络**
- H 系列 视听及多媒体系统
- I 系列 综合业务数字网
- J 系列 电视、声音节目和其他多媒体信号的传输
- K 系列 干扰的防护
- L 系列 电缆和外部设备其他组件的结构、安装和保护
- M 系列 TMN 和网络维护：国际传输系统、电话电路、电报、传真和租用电路
- 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、电话安装及本地线路网络
- Q 系列 交换和信令
- R 系列 电报传输
- S 系列 电报业务终端设备
- T 系列 远程信息处理业务的终端设备
- U 系列 电报交换
- V 系列 电话网上的数据通信
- X 系列 数据网和开放系统通信
- Y 系列 全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络
- Z 系列 编程语言

30334