

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.8261/Y.1361

(08/2013)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络

经传送网的分组网 – 质量与可用性目标

**Y系列：全球信息基础设施，互联网的协议概况和
下一代网络**

互联网的协议概况 – 传送

分组网的定时和同步概况

ITU-T G.8261/Y.1361 建议书

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
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
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
经传送网的分组网概况	G.8000-G.8999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8099
经传送网的MPLS概况	G.8100-G.8199
质量和可用性目标	G.8200-G.8299
业务管理	G.8600-G.8699
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。

分组网的定时和同步概况

摘要

ITU-T G.8261/Y.1361建议书规定了分组网中频率同步的概况，明确了不应超过的最大的网络抖动和漂移限值，它规定了在这些分组网的边界TDM和同步接口应提供的、设备对于抖动和漂移的最低容限，还概述了对网元同步功能的最低要求。

为了确保不同厂家生产设备的互操作性以及令人满意的网络性能，必须遵守本建议书中规定的关于抖动和漂移特性的要求。

历史沿革

版本	建议书	批准日期	研究组
1.0	ITU-T G.8261/Y.1361	2006-05-22	15
1.1	ITU-T G.8261/Y.1361 (2006) 纠正. 1	2006-12-14	15
2.0	ITU-T G.8261/Y.1361	2008-04-29	15
2.1	ITU-T G.8261/Y.1361 (2008) 修订. 1	2010-07-29	15
3.0	ITU-T G.8261/Y.1361	2013-08-29	15

前言

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

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

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

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

注

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

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款(以确保例如互操作性或适用性等)，只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他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他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，因此大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局(TSB)的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2015

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制出版物的任何部分。

目录

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
3	定义	3
3.1	其他地方定义的术语	3
3.2	本建议书定义的术语	4
4	缩写和首字母缩略语	5
5	惯例	6
6	总则	7
6.1	分组网同步要求	7
6.2	TDM定时要求	8
6.3	分组网中同步网络工程	9
6.4	边界的定时要求对比核心网的定时要求	9
6.5	PNT域和CES域	9
7	经分组网的参考定时信号分发 (PNT域)	9
7.1	准同步和网络同步方法	10
7.2	基于分组的方法	11
8	经分组网传输的固定比特速率业务的定时恢复(CES域)	12
8.1	网络同步运行	13
8.2	差分法	13
8.3	自适应方法	14
8.4	TDM端系统可获得的参考时钟	14
9	网络限值	15
9.1	CES网络限值	15
9.2	PNT网络限值	19
10	分组网中减损对定时分发和业务时钟恢复的影响	25
10.1	分组传送延时和延时变化	27
10.2	分组减损的影响	31
11	参考时钟减损对业务时钟恢复的影响	32
11.1	网络同步运行法的减损	32
11.2	差分法的减损	33
12	分组网参考模型的不同同步方法的结果和结论	34
12.1	CES域建议	34
12.2	PNT域建议	36
	附件A –提议用于同步以太网的网络体系结构	38

A.1	PRC位置.....	38
A.2	同步以太网的受限抖动和漂移.....	38
A.3	关于基于同步以太网的同步网络设计的考虑事项.....	39
A.4	经同步以太网的定时分发例子.....	40
A.5	以太网和同步以太网接口的互通.....	40
附件B	– 功能划分为CES和PNT IWF的IWF和网络的例子.....	45
B.1	总则.....	45
B.2	IWF时钟.....	47
B.3	网络例子.....	49
附件C	– CES IWF同步相关要求.....	51
C.1	业务接口.....	51
C.2	同步接口.....	51
C.3	IWF同步功能.....	52
附件D	– ITU-T G.8262/Y.1362中规定的网络应用和对时钟要求.....	53
附录I	– 以太网交换机、以太网、路由器和接入技术的特性.....	54
I.1	以太网交换机和网络的特性.....	54
I.2	路由器的延时特性.....	58
I.3	接入技术的延时特性（微波节点、PON、DSL）.....	58
附录II	– 稳定期.....	59
附录III	– 关于基于分组方法的考虑事项.....	60
附录IV	– 应用和使用案例.....	61
IV.1	背景.....	61
IV.2	无线.....	61
IV.3	基础设施.....	63
IV.4	媒体网关.....	63
附录V	– 分组网参考模型.....	64
V.1	以太网模型.....	64
V.2	其它网络模型.....	66
附录VI	– 基于分组方法的测量准则.....	70
VI.1	测量基准点.....	70
VI.2	输入业务特性.....	71
VI.3	自适应方法的试验拓扑.....	72
VI.4	差分法的试验拓扑.....	79
VI.5	双向协议测试.....	80
附录VII	– 配置案例1的漂移限值.....	88
VII.1	2048 kbit/s接口的限值.....	88

	页码
VII.2 1544 kbit/s 接口的限值	89
附录 VIII – 同步以太网PHY中的同步状态报文发送	90
附录 IX – IWF 例子	91
附录 X – 与IEEE抖动测量相比，关于按ITU-T方法测量同步以太网的考虑事项.....	94
附录 XI – 本建议书和其它关键同步相关建议书中所包含的要求之间的关系	95
附录 XII – 分组网定时的基本原理	98
XII.1 总则	98
XII.2 通过分组选择的分组延时变化减轻	101
XII.3 基于分组方法和同步PHY方法的比较	101
XII.4 现有的标准	102
附录 XIII – 网络节点分组延时变化产生的评估	103
XIII.1 引言	103
XIII.2 一般考虑	103
XIII.3 一般配置	103
参考资料	105

分组网的定时和同步概况

1 范围

本建议书规定了分组网中频率同步的概况，明确了不应超过的最大的网络抖动和漂移限值，规定了在这些分组网边界TDM和同步接口应提供的、设备对于抖动和漂移的最低容限，还概述了对网元同步功能的最低要求。

特别地，本建议书处理了两个主要问题：同步网络时钟信号经分组网的分发（PNT域），业务时钟信号经分组网的分发（CES域）。

注—只是部分地涵盖了经分组网传输SDH信号的应用，某些方面有待进一步研究。

本建议书范围内的分组网当前限于以下情况：

- 以太网([IEEE 802.3]、[IEEE 802.1DTM]、[IEEE 802.1QTM]和[IEEE 802.1QayTM])
- MPLS [IETF RFC 3031]和 [ITU-T G.8110]
- IP [IETF RFC 791]和[IETF RFC 2460]

与本建议书相关的物理层是[IEEE 802.3]中定义的以太网媒体类型。在本建议书将来的版本中，可能会与其它物理层相关并且研究它们。

2 参考文献

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

- [ITU-T G.691] ITU-T G.691建议书(2006)，具有光放大器的单路STM-64和其它SDH系统的光接口。
- [ITU-T G.702] ITU-T G.702建议书(1988)，数字分级比特速率。
- [ITU-T G.703] ITU-T G.703建议书(2001)，分层数字接口的物理/电气特性。
- [ITU-T G.705] ITU-T G.705建议书(2000)，准同步数字系列（PDH）设备功能模块的特性。
- [ITU-T G.781] ITU-T G.781建议书(2008)，同步层功能。
- [ITU-T G.803] ITU-T G.803建议书(2000)，基于同步数字系列（SDH）的传送网的体系结构。
- [ITU-T G.811] ITU-T G.811建议书(1997)，主参考时钟的定时特性。

- [ITU-T G.812] ITU-T G.812建议书(2004), 同步网中适合用作节点时钟的从时钟的定时要求。
- [ITU-T G.813] ITU-T G.813建议书(2003), . SDH设备从时钟 (SEC) 的定时特性。
- [ITU-T G.822] ITU-T G.822建议书(1988), 国际数字连接的受控滑动率指标。
- [ITU-T G.823] ITU-T G.823建议书(2000), 以2048 kbit/s系列为基础的数字网内抖动和漂移的控制。
- [ITU-T G.824] ITU-T G.824建议书(2000), 以1544 kbit/s系列为基础的数字网内抖动和漂移的控制。
- [ITU-T G.825] ITU-T G.825建议书(2000),以数字同步系列 (SDH) 的基础的数字网内抖动和漂移的控制。
- [ITU-T G.957] ITU-T G.957建议书(2006), 与同步数字系列有关的设备和系统的光接口。
- [ITU-T G.959.1] ITU-T G.959.1建议书(2008), 光传输网物理层接口。
- [ITU-T G.8010] ITU-T G.8010/Y.1306建议书(2004), 以太网层网络体系结构。
- [ITU-T G.8110] ITU-T G.8110/Y.1370建议书(2005), MPLS层网络体系结构。
- [ITU-T G.8110.1] ITU-T G.8110.1/Y.1370.1建议书(2006), 传送MPLS (T-MPLS) 层网络体系结构。
- [ITU-T G.8260] ITU-T G.8260建议书(2010), 分组网中同步的定义和术语。
- [ITU-T G.8261.1] ITU-T G.8261.1/Y.1361.1建议书(2012), 适用于基于分组方法 (频率同步) 的分组延时变化网络限值。
- [ITU-T G.8262] ITU-T G.8262/Y.1362建议书(2010), 同步以太网设备从时钟的定时特性。
- [ITU-T G.8263] ITU-T G.8263/Y.1363建议书(2012), 基于分组设备时钟的定时特性。
- [ITU-T G.8264] ITU-T G.8264/Y.1364建议书(2008), 经分组网的定时分发。
- [ITU-T G.8265] ITU-T G.8265/Y.1365建议书(2010), 基于分组频率发送的体系结构和要求。
- [ITU-T G.8265.1] ITU-T G.8265.1/Y.1365.1建议书(2010), 用于频率同步的精确时间协议电信概括。
- [ITU-T G.8271] ITU-T G.8271/Y.1366建议书(2012), 分组网的时间和相位同步概况。
- [ITU-T O.171] ITU-T O.171建议书(1997), 基于准同步数字系列 (PDH) 的数字系统的定时抖动和漂移测量设备。

- [ITU-T O.172] ITU-T O.172建议书(2005), 基于同步数字系列 (SDH) 的数字系统的定时抖动和漂移测量设备。
- [ITU-T Y.1411] ITU-T Y.1411建议书(2003), ATM-MPLS网络互通—蜂窝模式用户平面互通。
- [ITU-T Y.1540] ITU-T Y.1540建议书(2002), 互联网协议数据通信业务—IP分组传送和可用性性能参数。
- [ITU-T Y.1561] ITU-T Y.1561建议书(2004), MPLS网络的性能和可用性参数。
- [ITU-T Y.1731] ITU-T Y.1731建议书(2006), 以太网的OAM功能和机制。
- [IEEE 802] IEEE 802-2001, IEEE局域网和城域网标准: 概述和体系结构。
<<http://standards.ieee.org/getieee802/802.html>>
- [IEEE 802.1D] IEEE 802.1D-2004, IEEE局域网和城域网标准: 媒体访问控制 (MAC) 桥。
<<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1D-2004.pdf>>
- [IEEE 802.1Q] IEEE 802.1Q-2011, IEEE局域网和城域网标准: 虚拟桥接局域网。
<<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1Q-2011.pdf>>
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3-2008, 第3部分: 带冲突检测的载波侦听多路访问 (CSMA/CD) 访问方法和物理层规范。
<<http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>>
- [IETF RFC 791] IETF RFC 791 (1981), 互联网协议 (IP).
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc0791.txt?number=791>>
- [IETF RFC 2460] IETF RFC 2460 (1998), 互联网协议, 版本6 (IPv6) 规范。
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt?number=2460>>
- [IETF RFC 3031] IETF RFC 3031 (2001), 多协议标签交换体系。 *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt?number=3031>>

3 定义

3.1 其他地方定义的术语

本建议书采用了其他地方定义的下列术语:

- 3.1.1 自适应时钟恢复 (adaptive clock recovery)**: 见[ITU-T G.8260]。
- 3.1.2 异步接口 (asynchronous interface)**: 见 [ITU-T G.823]。
- 3.1.3 互通功能 (interworking function (IWF))**: 见 [ITU-T Y.1411]。更多细节和例子见附件B和附录IX。
- 3.1.4 基于分组的方法 (packet-based method)**: 见 [ITU-T G.8260]。
- 3.1.5 网络定时支持下的基于分组的方法 (packet-based method with timing support from the network)**: 见 [ITU-T G.8260]。
- 3.1.6 没有网络定时支持下的基于分组的方法 (packet-based method without timing support from the network)**: 见 [ITU-T G.8260]。
- 3.1.7 分组网定时功能 (packet network timing function(PNT-F))**: 见[ITU-T G.8260]。
- 3.1.8 同步接口 (synchronous interface)**: 见 [ITU-T G.823]。
- 3.1.9 业务接口 (traffic interface)**: 见 [ITU-T G.823]。

3.2 本建议书定义的术语

本建议书定义了下列术语：

3.2.1 CES IWF：电路仿真业务（CES）互通功能（IWF）是支持业务时钟域（见图B.3）的IWF内部功能集，它包括恢复业务时钟定时的功能。

3.2.2 电路仿真业务岛（circuit emulation services (CES) island）：网络的一段，以分组交换技术为基础，为了传输CBR业务（例如，E1），模仿电路交换网络或PDH/SDH传输网络的特性。

3.2.3 频率源可追溯性（frequency source traceability）：频率源可追溯性是系统内所有时钟频率均参考单一的物理时钟的关系。在正常运行条件下，在源可追溯系统内所有的时钟都将具有相同的平均频率，因此，所有时钟之间的相位误差或者最大时间间隔误差（MTIE）是有限制的。

注 – 一个不同的情况是当时钟的频率可追溯至精确的主时钟时（不一定是相同的设备部件），这可与[b-ITU-T G.810]中规定的准同步概念联系起来。一个例子是在基于分布式PRC体系的同步网络中，时钟具有“PRC可追溯性”（即可追溯至[ITU-T G.811]时钟）的时候。

3.2.4 网络时钟（network clock）：产生网络时钟信号的时钟。

3.2.5 网络时钟域（network clock domain）：专用于支持同步网络（网络时钟）的功能集。

3.2.6 网络时钟信号（network clock signal）：分别在网络的进出点，用作业务时钟映射和去映射的基准的参考定时信号，在一些应用中，该信号可以是异步的，由自由运行的、在频率准确度方面要求较低的时钟（例如，在以太网中，物理层可以运行在 ± 100 ppm）产生。在其它的应用中，需要一个精确的参考定时信号。在这种情况下，该信号典型地可追溯至一个正常条件下的PRC，由同步网络完成该信号的跨网络分发。

注 – 对于本建议书来说，假设总是包含一个适当的高精度的信号，由此，可以认为网络时钟信号精度与同步网络时钟信号的精度一致，这两个术语在本建议书全文中可互换使用。

3.2.7 网络同步运行（network-synchronous operation）：物理层的同步（通常采用一个可追溯至主参考时钟（PRC）的定时信号的定时分发，见[ITU-T G.811]）。

3.2.8 业务时钟（service clock）：产生业务时钟信号的时钟。

3.2.9 业务时钟域（service clock domain）：专用于支持CES定时功能（业务时钟）的功能集。

3.2.10 业务时钟信号（service clock signal）：与网络支持的一个特定业务有关的定时信息。例如，对于E1 TDM业务，该定时应为2048 kbit/s ± 50 ppm。

3.2.11 同步网络时钟（synchronization network clock）：同步网络中提供定时信号的设备。

3.2.12 同步网络时钟信号（synchronization network clock signal）：同步网络分发的参考定时信号，该信号可追溯至一个精确的主时钟（例如，PRC）。

3.2.13 时分复用 (time division multiplex (TDM))：通常指在电话网使用的同步比特流的一个术语；尤其是属于[ITU-T G.705]中描述的准同步数字系列 (PDH) 的那些比特流。[ITU-T G.702]详细描述了传统上用于世界上不同地区的比特率。TDM定义所涵盖的信号的例子是属于PDH和SDH系列的那些信号。

3.2.14 稳定期 (stabilization period)：从IWF选择一个有效的定时源开始、到输出定时特性在输出抖动和漂移要求范围之内为止的时期。

3.2.15 (网络岛的) 漂移预算 (wander budget (of a network island))：当理想的参考定时信号作为网络岛第一个网元的输入时，在该网络岛输出端产生的漂移。

4 缩略语和首字母缩写

本建议书采用下列缩写和首字母缩略语：

3GPP	第三代合作伙伴计划
ATM	异步转移模式
BS	基站
CBR	固定比特速率
CDMA	码分多址
CE	用户设备
CES	电路仿真业务
DUT	被测设备
EEC	同步以太网设备时钟
ESMC	以太网同步报文发送信道
FDD	频分双工
FE	快速以太网
GE	吉比特以太网
GPS	全球定位系统
GSM	全球移动通信系统
IP	互联网协议
IP DSLAM	IP数字用户线路接入复用器
IWF	互通功能
MAC	媒体访问控制
M-CMTS	模块化电缆调制解调器终端系统
MPEG	运动图像专家组
MRTIE	最大相对时间间隔误差
MSAN	多业务接入节点
MTIE	最大时间间隔误差
NTP	网络时间协议
OLT	光线路终端

OTN	光传输网络
PDH	准同步数字系列
PDV	分组延时变化
PEC	基于分组的设备时钟
PHY	物理（层）
PNT	分组网定时
PNT-F	PNT-功能
PRC	主参考时钟
PSC-A	基于分组的业务时钟-自适应
PSC-D	基于分组的业务时钟-差分
PSTN	公共交换电话网
PTP	精确时间协议
QL	质量水平
SASE	独立型同步设备
SDH	同步数字系列
SEC	SDH设备时钟
SLA	服务水平协议
SNTP	简单网络时间协议
SRTS	同步剩余时间戳
SSM	同步状态报文
SSU	同步供给单元
STM	同步转移模式
TCP	传输控制协议
TDD	时分双工
TDEV	时间偏差
TDM	时分复用
TDM PW	TDM 伪线
ToD	时间
UI	单位间隔
UTC	协调世界时
WCDMA	宽带码分多址

5 惯例

术语“分组”和“帧”在本建议书全文中互换使用。

在本建议书范围内，术语“以太网”指的是[IEEE 802.3]规定的一个接口，不遵守本建议书、[ITU-T G.8262]和[ITU-T G.8264]中规定的同步以太网的补充定时要求。

6 总则

最初引入分组交换是为了处理异步数据。

然而，对于新的应用，例如时分复用（TDM）业务传输和经分组网的同步分发，必须要考虑这些应用的严格的同步要求。

电信正在进行的演进增加了将混合分组/电路环境用于语音和话带数据业务的可能性，这些环境将分组技术（例如，异步转移模式（ATM）、IP、以太网）与传统TDM系统结合在一起。在这些情况下，确保维持可以接受的质量水平很重要（例如，有限的滑动率）。

TDM网络同步被充分地认识并且实现，典型地，TDM电路业务提供商将维持一个定时分发网络，提供可追溯至主参考时钟的同步（即遵循[ITU-T G.811]的时钟）。

本建议书研究的定时和同步概况最初涉及其物理层是以[IEEE 802.3]规定的以太网媒体类型为基础（见第1节范围）的网络。

[ITU-T G.8010]规定了适用于以太网的功能体系结构。

在本建议书的上下文中，最高层（例如，开放系统互连（OSI）模型的第7层）指的是经分组网传输的应用，实时应用具有相对严格的定时要求，涉及延时和延时变化，某些应用可能会在较高层内解决其定时问题（例如，MPEG-2）；其它应用则依靠由一个或以上较低层（例如，物理层）所提供的定时支持。

本建议书旨在描述不同的方法，以便获得与同步相关的要求。对电路仿真业务（CES）和分组网络定时（PNT）域均予以了考虑，并描述了不同的要求。

此外，描述了对作为以太网和同步以太网一部分的接口和设备的要求，还建议了什么时候适用不同类型的同步方法。

下面小节概括了关于基于分组的网络中可适用同步要求的一些考虑。

本建议书主要研究公共网络环境下的CES，在一些包括电路仿真的专用网络应用中，给CES互通（IWF）节点分发一个非主要参考时钟（PRC）质量水平的公共时钟可能就足够了。然而，使用低于PRC质量水平的同步定时可能会导致不同网络域之间互通困难，例如，涉及到多个公共网络提供商之间的互连。

使用非PRC质量水平的公共时钟有待进一步研究。

6.1 分组网同步要求

与面向分组的传输技术有关的节点（例如，ATM节点）不需要任何同步用于分组交换功能的实现，实际上，在分组交换机的所有入口点，单台设备应使输入信号的分组定时（例如，对于ATM交换机为蜂窝定时适应）适应内部的定时。例如，对于ATM网络，处理频率差的原理是使用空闲的蜂窝填充。因此，传输链路原则上相互之间不需要同步。

然而，当分组网演进到集成基于TDM的应用时，即当经分组网传输固定比特速率（CBR）数据流时并且与公共交换电话网（PSTN）互通时，分组网将会在业务接口提供正确的定时。

这意味着对分组网中同步功能的要求，特别是关于分组网边界的，取决于经该网络传输的业务。对于基于TDM的业务，IWF可能需要网络同步运行，以便提供可以接受的性能。

6.2 TDM 定时要求

经分组网传输TDM信号需要分组网输出端的信号遵守TDM定时要求，这对于实现与TDM设备的互通很重要。

这些要求与TDM信号传输的信息类型（语音或数据）无关。

让TDM信号适应分组网被称作电路仿真业务（CES）。

可适用的定时要求为：业务和/或同步接口的抖动和漂移限值，长期频率准确度（它会影响滑动性能）和总的延时（这对于实时业务例如语音业务很重要）。

6.2.1 PDH定时要求

对于业务接口，准同步系列（PDH）的定时要求主要与抖动、漂移和滑动性能有关。

在分组网边界处网元的输入端，适用抖动和漂移容限要求。在分组网出口处网元的输出端，适用抖动和漂移产生要求。

对于基于2048 kbit/s系列的网络，[ITU-T G.823]规定了这些数值，对于基于1544 kbit/s系列的网络，[ITU-T G.824]规定了这些数值。

此外，[ITU-T G.822]规定了适合的滑动率指标。实际情况是当产生TDM信号的设备的时钟与从分组恢复TDM信号的设备中使用的时钟不同时，该应用需要滑动缓冲区。

6.2.2 同步接口要求

在将PDH信号定义为同步接口的情况下，其同步要求比对2048 kbit/s和1544 kbit/s业务接口的要求更为严格，[ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]还规定了对于PDH接口的同步接口要求。

6.2.3 SDH定时要求

任何同步转移模式(STM)-N信号必须遵循[ITU-T G.825]，相关要求指的是适用于位于分组网边界、接收STM-N数据的网元输入端的抖动和漂移容限，以及适用于在分组网的另一端、产生STM-N业务的网元的输出端的抖动和漂移产生。

对于STM-N信号来说，业务和同步接口之间没有区别，因为所有的STM-N信号均被规定为同步接口。

6.3 分组网中同步网络工程

这其中许多工作的驱动力是满足应用的同步需求，或者通常是某些技术的需要（例如，全球移动通信系统（GSM）和宽带码分多址（WCDMA）的基站）。为了达到这样的目标，运营商必须将适当质量的参考定时信号分发到处理该应用的网元。

一种方法是遵循分布式PRC策略（例如，采用全球定位系统（GPS）技术）。一种备选的方法是基于主从时钟的策略，当底层分组传输采用现有的同步技术（PDH或者同步数字系列（SDH）网络）时，对这些情况下同步网络工程的设计规则有着充分的认识和记录（例如，见[ITU-T G.803]），另一方面，当底层传输以非同步技术（即以太网）为基础时，将会考虑备选的方法，第7节对此作了进一步的分析。

6.4 边界的定时要求对比核心网的定时要求

当分组网是核心网的一部分或者作为核心层的底层时，会有不同的性能需求。

经过核心网的一部分分发同步基准可能会要求遵守严格的抖动和漂移要求（即用于同步接口的[ITU-T G.823]、[ITU-T G.824]，以及[ITU-T G.825]）。

另一方面，在接入网中，要求可能会被放宽到允许分发具有充足性能（例如，低于PRC质量水平）的定时基准信号以便支持端节点的定时要求（例如，基站或者ITU-T V.90调制解调器），附录IV提供了更多信息。

6.5 PNT域和CES域

本建议书处理了两个主要的不同问题：

- 1) 如何经分组网传输一个同步网络时钟信号：
 - 这个问题与PNT域有关，涉及网络时钟（见定义）。
 - 第7节提供了关于这个问题的指导。
- 2) 如何传输一个业务时钟信号：
 - 这个问题与CES域有关，涉及业务时钟（见定义）。
 - 第8节提供了关于这个问题的指导。

附件B提供了关于PNT和CES域的补充信息。

7 经分组网的参考定时信号分发（PNT域）

为了满足适合的同步要求，应该有可能分发具有适当相位稳定性和频率准确度特性的参考定时信号。

本建议书确定了两类主要的方法：

- 1) 准同步和网络网络方法（即经同步物理层分发参考定时信号）。
- 2) 基于分组的方法。

7.1 准同步和网络同步方法

第一类方法指的是分发式PRC方法（例如，基于GPS）或采用同步物理层（例如，STM-N）的主-从时钟方法，见图1。这些方法被广泛地用于TDM网络同步。

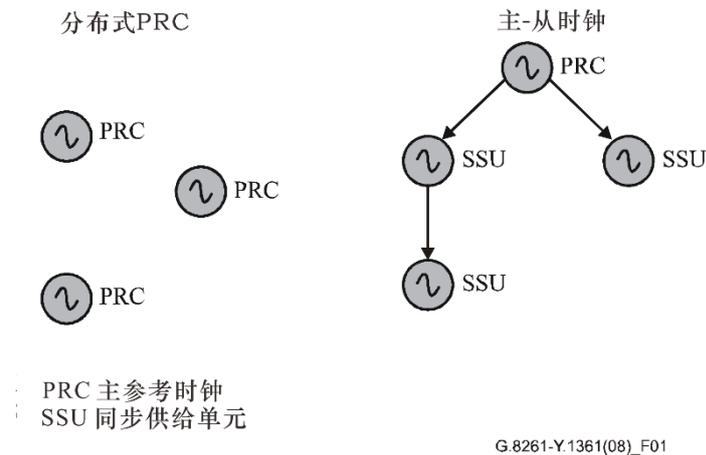


图 1 – 分布式PRC和主-从时钟方法

以太网是自由运行的（ ± 100 ppm），然而，在同步以太网的情况下，有可能在物理层上设计一个主-从同步体系。在这种情况下，物理层可以用于提供经过分组网、从骨干级到接入级的参考定时信号分发。该方法还能够用于IWF中为经分组网传输的CBR业务（网络同步运行）提供定时恢复，还能在一个支持同步以太网的纯粹的以太网中用于提供参考定时信号。

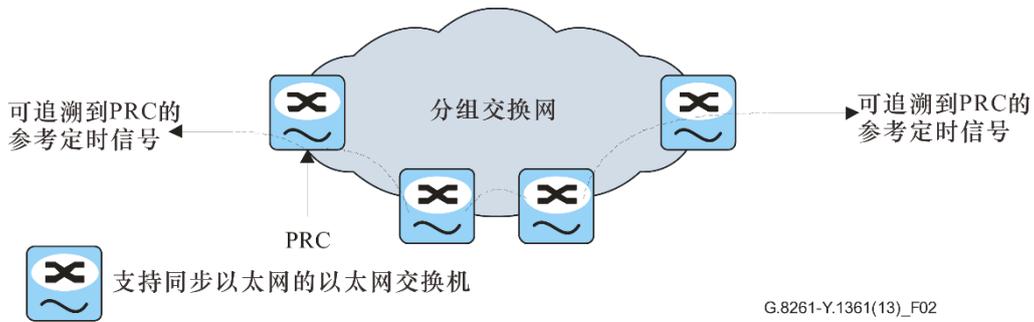
第7.1.1节详细描述了实现同步以太网的高级方法。

7.1.1 同步以太网

图2给出了经同步以太网网传送来自以太网交换机的物理层时钟的一般概念。

采用外部时钟端口，将可追溯到PRC的参考定时信号注入到以太网交换机之中。在将定时注入到以太网比特流之前，要通过同步功能对该信号进行抽取和处理。同步功能提供了过滤并且可能需要保持，支持同步以太网的时钟被称为同步以太网设备时钟（EEC），见[ITU-T G.8262]。

如图所示，可能会有多个以太网交换机涉及参考定时信号的分发。在这种情况下，这些以太网内部的同步功能必须能够从输入比特流恢复同步“线路定时”。



G.8261-Y.1361(13)_F02

图2 – 在同步以太网之上主-从同步网络的例子

作为体系的一部分，应区分网络时钟和业务时钟，见下面的描述。

术语同步以太网适用于控制离开以太网交换机的比特速率的网络时钟，该时钟应遵循 [ITU-T G.8262]。

在现有的以太网技术内，业务实际上是异步的，在同步以太网中，现有的以太网业务将以业务时钟产生的适当速率被连续地映射进入和离开以太网物理层。

提议用于基于同步以太网的同步网络的体系结构见附件A的描述。

注 – 同步以太网设备必须遵守规定了同步层的 [ITU-T G.781]，以及规定了用于同步以太网的同步状态报文 (SSM) 的 [ITU-T G.8264]。

7.2 基于分组的方法

第二种方法取决于分组传输的定时信息，在这种情况下，定时要由专用的时间戳报文传输，如图3所示。在物理层不是同步的情况下，这是分发PRC方法的唯一备选方案。附录XII概述了这些方法的原理。

时间戳可基于多种协议，协议的例子为网络时间协议 (NTP) 和精确时间协议 (PTP) (见第XII.4节)。

在主-从体系中，PTP协议使用时间戳来同步网络中的时钟。它可用于分发频率和/或时间 (TOD) 信息。最初引入PTP是针对工业自动化以及测试和测量行业；然而，一个新的版本 (见第XII.4节) 已包含了一些更新，使其能够用于远程通信。

NTP和简单网络时间协议 (SNTP) 是传统的用于分发时间信息的协议，相同的分组也可以用于分发频率信息。

基于分组的方法本质上是自适应的，因为它们不需要支持全网络的同步基准。因此，性能会受到网络中分组延迟变化的影响 (见第10节)。为了使得来自采用PTP或NTP分组的分组网的影响最小化，客户端可能需要实现特定的算法，这取决于所要求的准确度 (见附录III和IV)。

可以考虑对网络中间节点的补充要求，以提升这些方法的性能。应注意到尤其是在使用传统设备的情况下，这也许不一定可行。

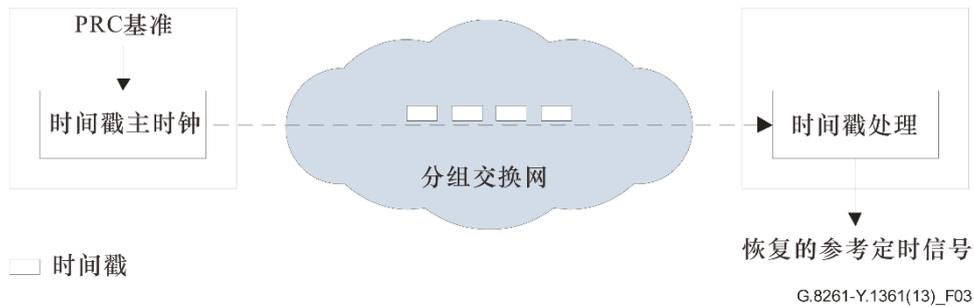


图 3 – 由时间戳分发参考定时信号的基于分组的方法例子

注 – 关于基于分组的方法和相关的要求的更多细节参见[ITU-T G.8261.1]、[ITU-T G.8263]、[ITU-T G.8265] 和 [ITU-T G.8265.1]，第12.2.2节提供了关于基于分组的方法的补充信息和相关建议书。

支持基于分组的方法的时钟被称为基于分组的设备时钟（PEC），（见附件B）。

8 经分组网传送的固定比特率业务的定时恢复(CES 域)

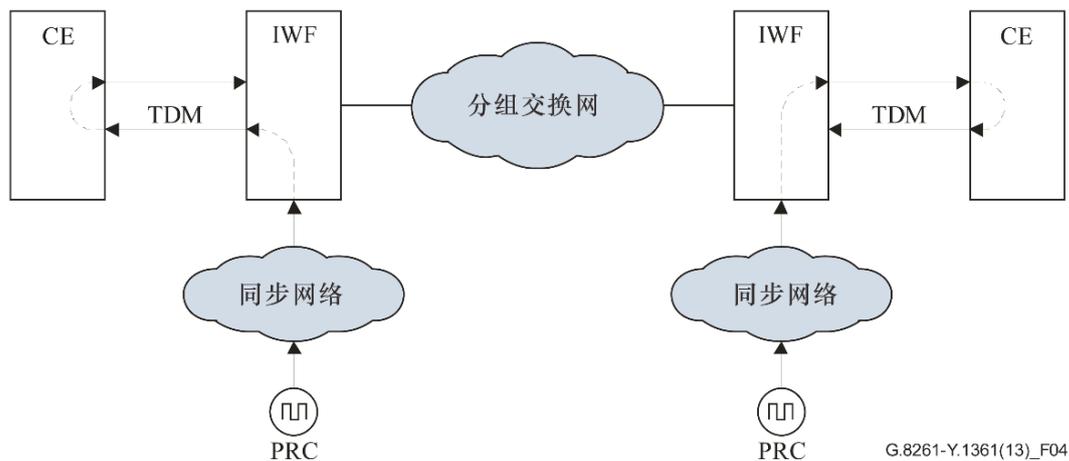
CBR业务（例如，电路仿真的TDM信号）要求分组网络两端（CES域）的定时信号相似并且由负责传送固定比特率数据流的IWF处理。业务时钟保持的概念是指当按照长期平均来考虑时，输入业务时钟频率被当作输出业务时钟频率被复制，这并不意味着输入TDM信号上的漂移被复制到了输出TDM信号上。

本建议书中确定的四种工作方法描述如下：

- 1) 网络同步运行
- 2) 差分法
- 3) 自适应方法
- 4) TDM端系统可获得的参考时钟

8.1 网络同步运行

这个方法指的是通过使用PRC可追溯的网络导出时钟或者本地PRC（例如，GPS）作为业务时钟（见图4）的全网络同步运行，这暗示了PRC基准的可用性，应强调的是这个方法不会保持业务时钟。



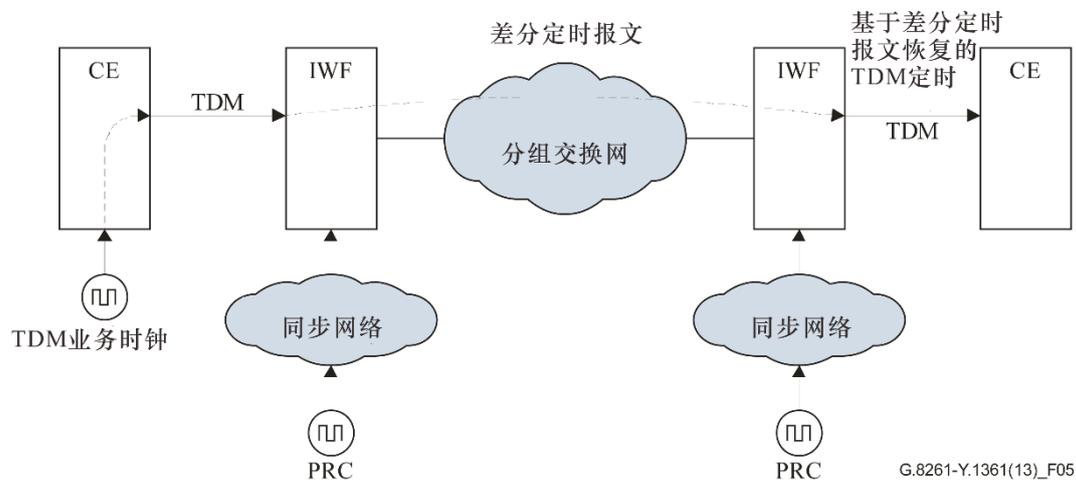
这两个PRC也可能来自相同的源。

图4 – 网络同步运行的例子

注 – IWF输入端的参考定时信号应遵循[ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]规定的同步接口。

8.2 差分法

根据差分法，对业务时钟与参考时钟之间的差进行编码，并跨分组网络传输（见图5）。在分组网的远端利用公共参考时钟恢复该业务时钟。同步剩余时间戳（SRTS）方法[b-ITU-T I.363.1]是该系列方法的一个例子。应强调的是该方法能够保持业务定时。



这两个PRC也可能来自相同的源。

图5 – 基于差分法的定时恢复操作的例子

注1 – 差分法可以适用于不是PRC可追溯的IWF基准时钟，使用非PRC可追溯时钟取决于应用，不在本建议书的范畴之内。

注2 – IWF输入端的参考定时信号应遵循[ITU-T G.823] 和 [ITU-T G.824]规定的同步接口。

8.3 自适应方法

在自适应方法中，能够根据分组到达的间隔时间或抖动缓冲区的填充水平来恢复定时。应强调的是该方法会保持业务定时（见图 6）。

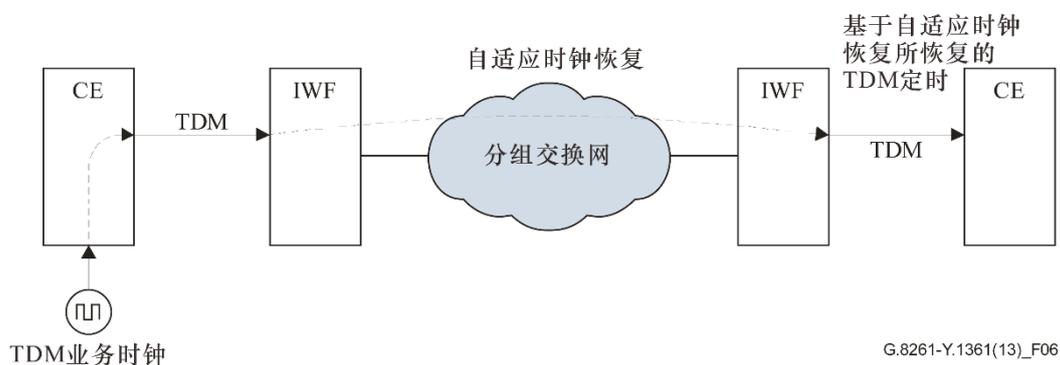


图 6 – 自适应方法的例子

8.4 TDM端系统可获得的参考时钟

当在每个TDM端系统均获得参考时钟时，这是很通常的情况，因为两个端系统都直接访问定时基准，并且对离开IWF的信号进行重定时。因而，不需要恢复该定时。

在TDM接口的IWF中使用环路定时是实施该方法的一个例子（见图7），可能适用这种情况的时机的例子是当两个PSTN域通过分组网连接的时候。在这种情况下，发射机和接收机均为控制滑动所需的数字交换机。

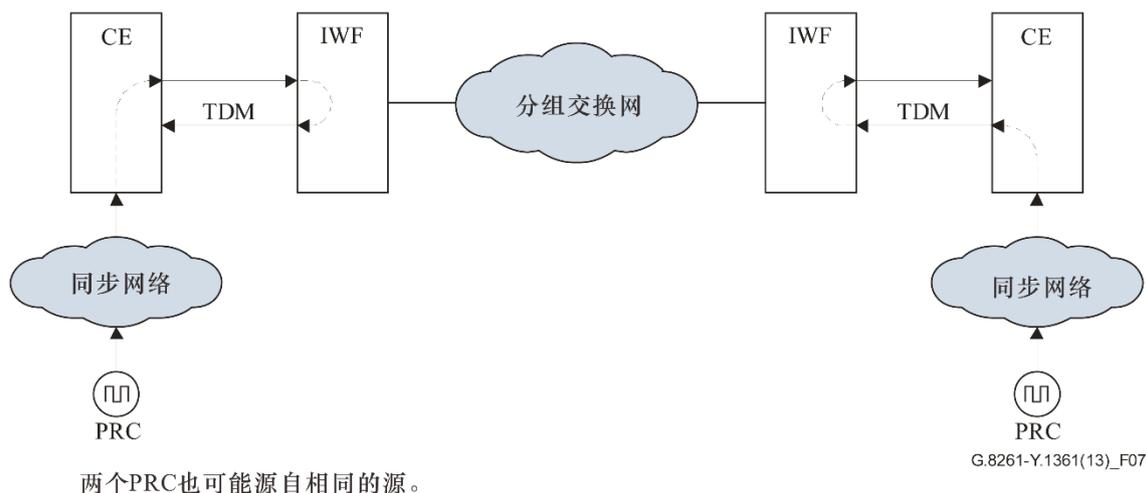


图7 – TDM端系统可获得的PRC参考定时信号的例子

9 网络限值

9.1 CES网络限值

本节规定了CES IWF输出端（图B.4中CES IWF的参考选择器的输出端）TDM链路的网络限值。

在所有与本建议书有关的情况下，必须要满足当前在相关的ITU-R建议书（即[ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]）中规定的抖动和漂移网络限值。

本节描述了三种不同的适用于CES段或岛的配置情况，规定了在这些情况中的每一种情况下，CES段上传输的TDM业务接口（除了STM-N信号以外）的抖动和漂移限值。

适用于同步接口（按照[ITU-T G.823]和[ITU-T G.824]第6节的规定）和分组网上传输的STM-N信号的网络限值有待进一步研究。

应注意到在某些情况下，根据[ITU-T G.823]第5节和[ITU-T G.824]第5节（业务接口），当有质量的信号可追溯至PRC时，能够用作能够容忍这些信号并正确操作的终端设备的参考定时信号（用于配置案例2的模型是这种情况的例子）。

注 – 在正常条件下（即不出现故障条件或者维护操作），本节提供的网络限值应是有效的，确定这些限值适用的时间百分比超出了本建议书的范畴。

9.1.1 网络限值下的网络模型

为了传输PDH信号，[ITU-T G.823]图A.1和[ITU-T G.824]图A.1中的模型是考虑插入CES段的起点。按照[ITU-T G.823]或[ITU-T G.824]的规定，分配给CES段的漂移预算只是整个漂移预算的一部分，原因是整个漂移预算必须要与网络的其余部分分享。

取决于CES段所处的位置，可能适用不同的漂移要求。已经确定了多种CES部署模型；这些模型的定义见第9.1.1.1、9.1.1.2 和9.1.1.3节。

注 1 – 本节中的图没有显示关于IWF如何恢复定时或者定时如何在分组网上分发的细节，更多细节参见第7节和第8节。

注 2 – 在这些模型中只会出现一个CES岛，因为它旨在将漂移预算只分配给CES技术段，可能会有多个CES系统，只要它们累积的漂移产生在分配给CES的预算范围之内。

经多个岛累积的漂移有待进一步研究。

9.1.1.1 配置案例1

当CES段位于[ITU-T G.823]参考模型的两个交换机之间的岛上时，根据图8中的模型来计算漂移预算。该模型以[ITU-T G.823]的图A.1和[ITU-T G.824]的图A.1为基础，其中一个SDH岛用CES网络代替。

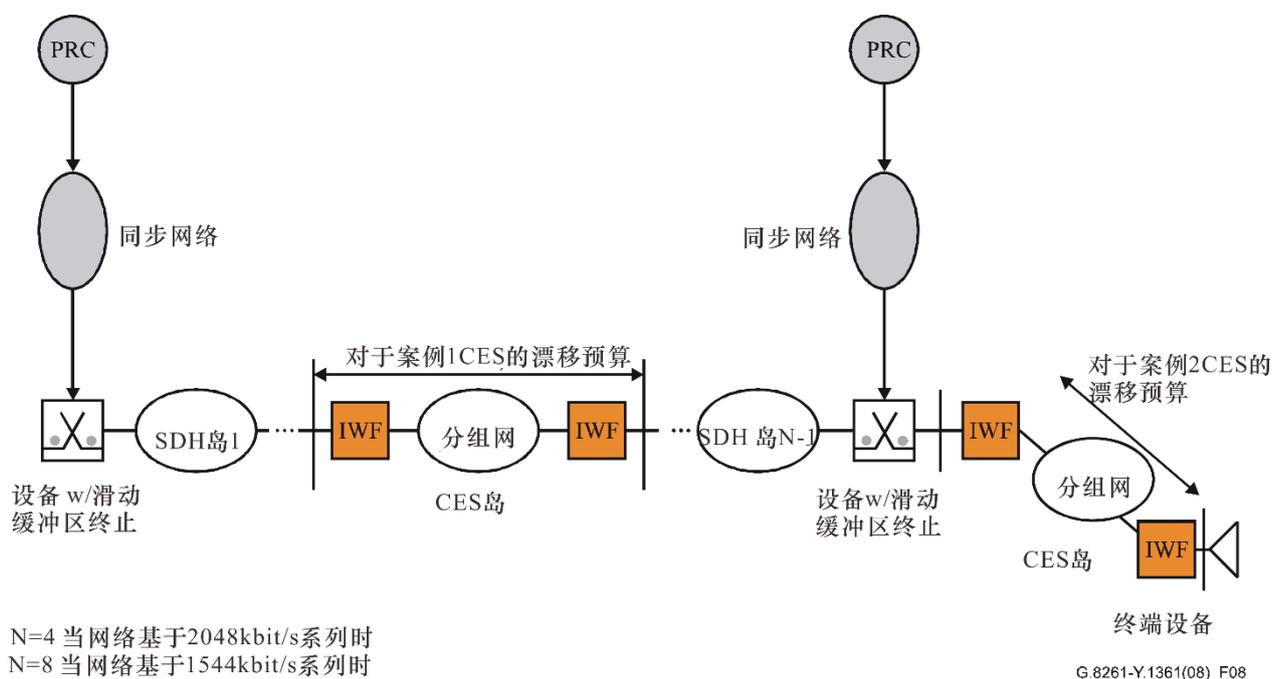


图 8 – 用于配置案例1和2业务和时钟漂移累积的网络模型

对于2048 kbit/s信号，表1规定了其用最大相对时间间隔误差（MRTIE）表示的漂移预算。合成的总的技术要求如图9所示。

表1 – 配置案例1： 2048 kbit/s接口漂移预算

观测区间 τ (s)	MRTIE要求 (μ s)
$0.05 < \tau \leq 0.2$	10.75τ
$0.2 < \tau \leq 32$	$9 \times 0.24 = 2.15$
$32 < \tau \leq 64$	0.067τ
$64 < \tau \leq 1000$	$18 \times 0.24 = 4.3$

注意到对于异步配置，要考虑的最大观测区间为80s。
对于异步接口，80s和1'000 s之间的技术要求有待进一步研究。

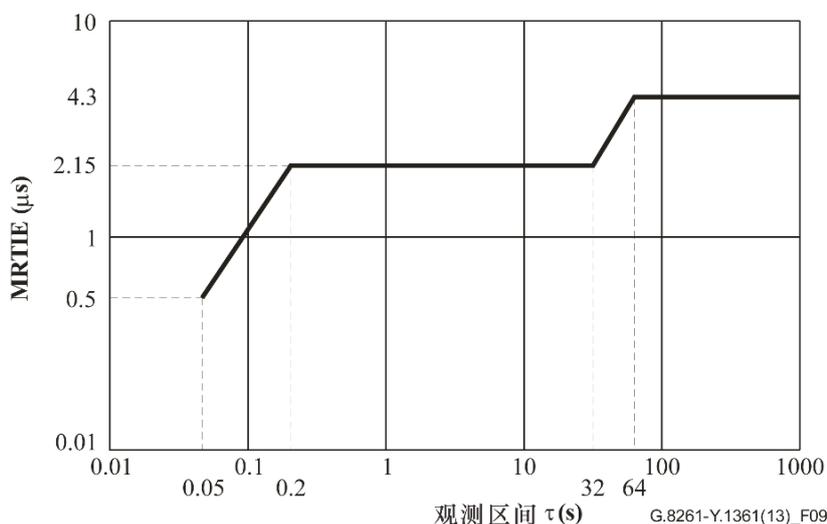


图 9 – 配置案例1: 2048 kbit/s接口漂移预算

2048 kbit/s抖动网络限值应遵循[ITU-T G.823]第5.1节。

对于1544 kbit/s信号，表2规定了其用最大时间间隔误差（MTIE）表示的漂移预算。合成的总的技术要求如图10所示。

表 2 – 配置案例1: 1544 kbit/s接口的漂移预算

以秒计的观测区间(τ)	以 μ s计的MTIE
$\tau \leq 0.1$	不作要求 (见注释)
$0.1 < \tau \leq 0.47$	4.5τ
$0.47 < \tau \leq 900$	2.1
$900 < \tau \leq 1930$	$2.33 \times 10e-3 \tau$
$1930 < \tau \leq 86'400$	4.5

注 - 该区间被抖动要求涵盖。

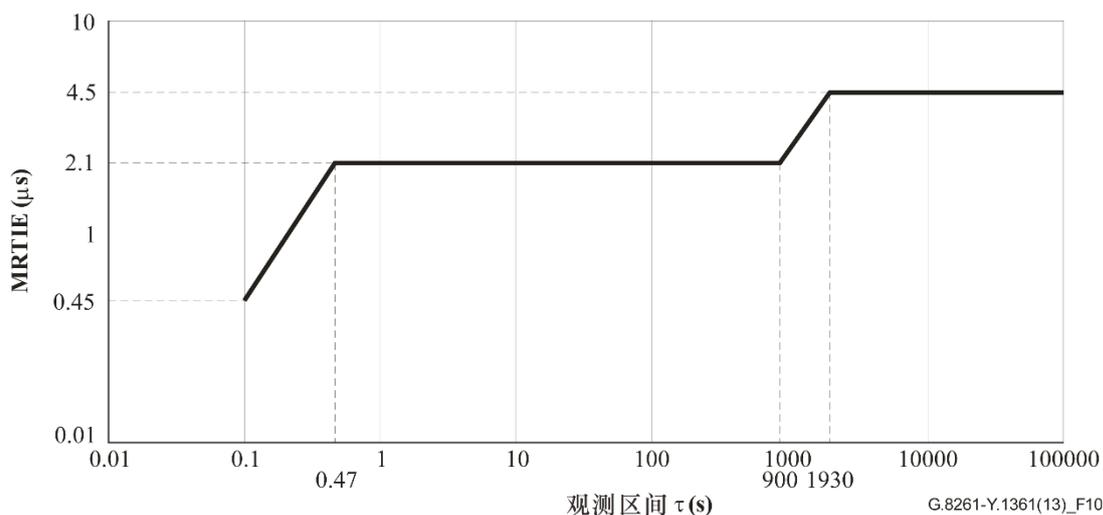


图 10 – 配置案例1: 1544 kbit/s接口的漂移预算

1544 kbit/s抖动网络限值应符合[ITU-T G.824]第5.1节。

注 –经CES段传送的其它PDH信号（即，34'368 kbit/s、44'736 kbit/s 和139'264 kbit/s信号）的网络限值有待进一步研究。

9.1.1.2 配置案例2

应用A

当CES段位于包含滑动缓冲区的网元的外部时（见图8），必须要考虑交换机的重定时影响。在该设备的输出端，业务信号的定时将满足针对同步信号的网络限值，该限值比针对业务信号的限值更为严格。

在这种情况下，CES段的抖动和漂移预算是2048 kbit/s网络限值（见[ITU-T G.823]的图1）和2048 kbit/s同步接口网络限值（见[ITU-T G.823]的图10）之差。表提供了用MRTIE表示的该限值，合成的总的技术要求如图11所示。

表3 – 案例2A： 2048 kbit/s 接口漂移预算

观测区间 τ (s)	MRTIE要求 (μ s)
$0.05 < \tau \leq 0.2$	40τ
$0.2 < \tau \leq 32$	8
$32 < \tau \leq 64$	0.25τ
$64 < \tau \leq 1000$ (注)	16

注意到对于异步配置，要考虑的最大观测区间为80s。
对于异步接口，80s和1'000 s之间的技术要求有待进一步研究。

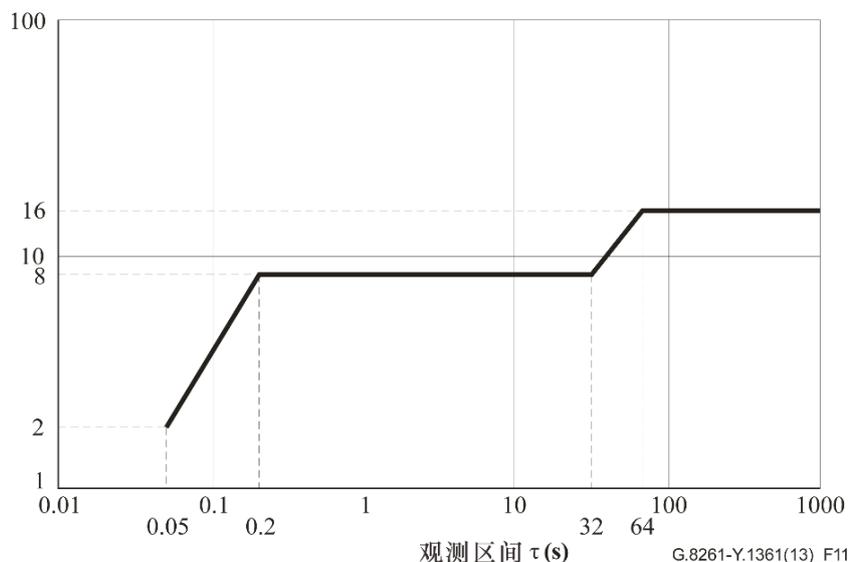


图 11 – 案例2A： 2048 kbit/s接口漂移预算

对于1544 kbit/s接口，案例1要求也适用于案例2应用。

注 1 – 针对CES段传输的其它PDH信号（即34'368 kbit/s、44'736 kbit/s 和 139'264 kbit/s信号）的限值有待进一步研究。

应用B

在这种情况下，该应用通过TDM信号恢复定时；因此，由于数据和时钟均从相同的信号提取，时钟和数据之间的抖动和数据之间不存在不同的抖动和漂移，而不是在时钟恢复的带宽之内。CES的漂移预算只受限于该应用要求的定时质量（例如，基站要求），不一定受限于[ITU-T G.823]。

注 2 –该应用只对具有单一信号的应用有效；如果接收到两个信号，则针对其中之一抖动和漂移可能不同于从另一个信号提取的时钟的抖动和漂移。

9.1.1.3 配置案例3

当在SDH岛的输出端实现重定时的时候，如图12所示，PDH输出端噪声的幅度即为同步接口的幅度，这使得漂移预算能够增加到配置案例2应用A在某些配置下的漂移预算，应注意到在这种情况下不会保持端到端的业务时钟。

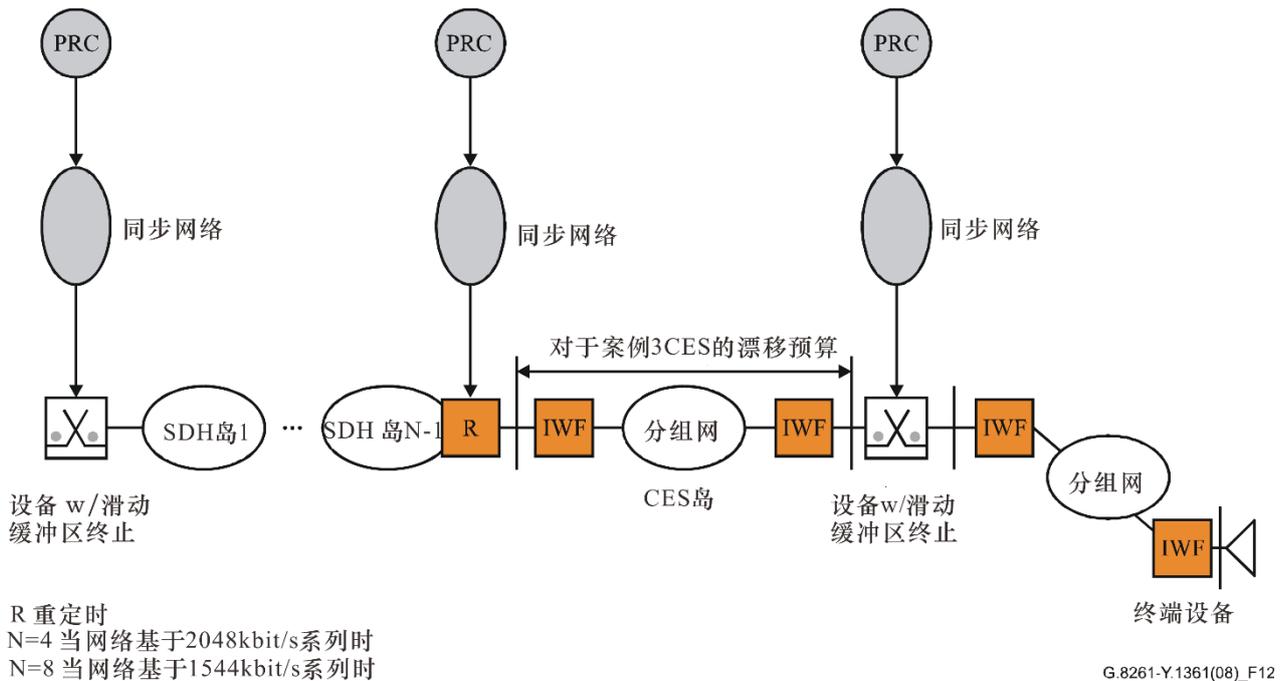


图 12 – 配置案例3的情况

9.2 PNT 网络限值

针对同步以太网（EEC接口）和基于分组时钟（PEC接口）的情况，分别规定了网络模型和相关的网络限值。

特别地，基于同步以太网的同步链的细节（例如，同步链中时钟的数量）按照[ITU-T G.803]、[ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]模型。

图D.1提供了一些例子，如这些例子所述，也为了支持混合实现（此时，SDH与同步以太网混合）规定了网络限值。

注 – 在正常条件下（即不出现故障条件或者维护操作），本节提供的网络限值应是有效的，确定这些限值适用的时间百分比超出了本建议书的范畴。

9.2.1 EEC接口网络限值

本节规定了同步链上EEC的输出端的网络限值。

注 – 这些限值通常适用于同步网络上的所有点。在某些应用案例中，主要是在接入网中，从产生符合连接设备忍耐特性的抖动和漂移的以太网信号中恢复定时是可能的（相关应用的例子见附录IV）。使用不遵守本节规定限值的以太网链路是运营商的职责。

9.2.1.1 SSU接口输出漂移限值

表4给用MTIE表示的、EEC-1输出接口的漂移网络限值，合成的总的技术要求如图13所示。

注 – 该数值与协调世界时（UTC）有关，即它们包括PRC的漂移。

表4 – MTIE中描述的在PRC接口处的漂移的网络限值

观测区间 τ (s)	MTIE 要求 (ns)
$0.1 < \tau \leq 2.5$	250
$2.5 < \tau \leq 20$	100τ
$20 < \tau \leq 2000$	2000
$\tau > 2000$	$433 \tau^{0.2} + 0.01 \tau$

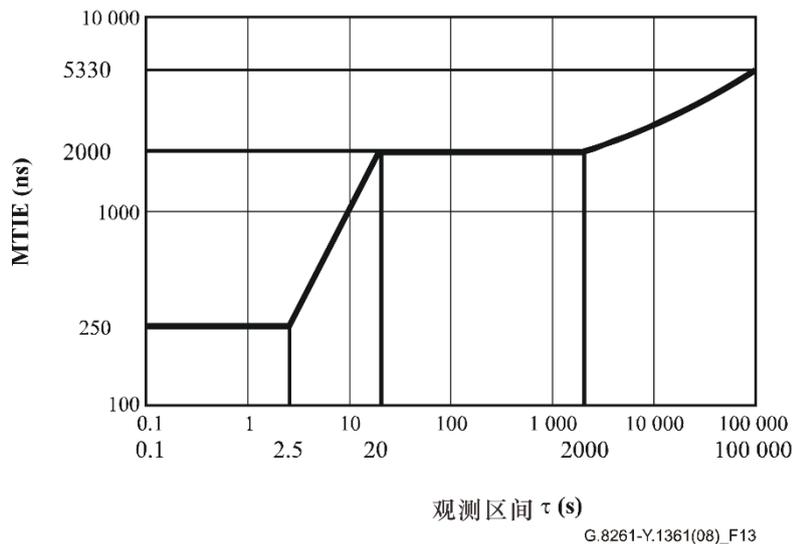
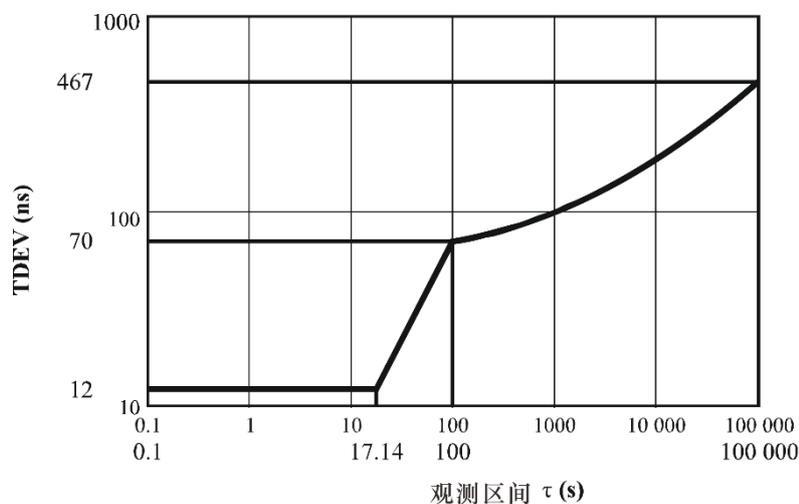


图13 – 在PRC接口处的漂移的网络限值(MTIE)

表5给出了用时间偏差（TDEV）表示的、EEC-选项1输出接口的网络漂移限值。合成的总的技术要求如图14所示。

表5 – TDEV中描述的在PRC接口处的漂移的网络限值

观测区间 τ (s)	TDEV 要求 (ns)
$0.1 < \tau \leq 17.14$	12
$17.14 < \tau \leq 100$	0.7τ
$100 < \tau \leq 1'000'000$	$58 + 1.2 \tau^{0.5} + 0.000 3 \tau$



G.8261-Y.1361(08)_F14

图14 – EEC-选项1接口处网络漂移限值

9.2.1.2 EEC-选项2接口网络漂移限值

表6给出了用TDEV表示的、EEC-选项2输出接口的网络漂移限值。合成的总的技术要求如图15所示。

表6 – EEC-选项2网络漂移限值

观测区间 τ (s)	TDEV 要求 (ns)
$0.05 < \tau \leq 10$	10
$10 < \tau \leq 1000$	$3.1623 \tau^{0.5}$

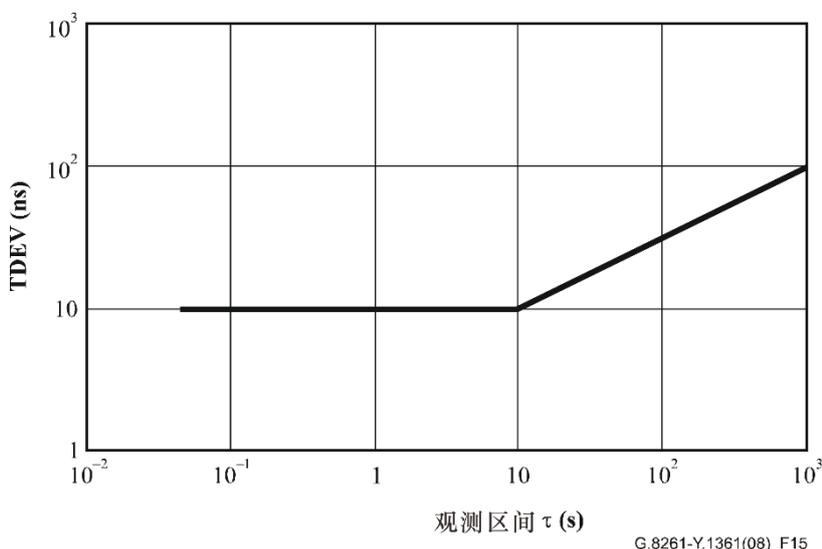


图 15 – EEC-选项2处的网络漂移限值

图15中的掩模取自[ITU-T G.824]的图5，在[ITU-T G.813]关于选项2网络漂移限值的图I.1中也可发现该掩模。

9.2.1.3 EEC 接口网络抖动限值

EEC接口网络抖动限值见表7。

表7 – EEC接口网络抖动限值

接口	参考文献	
2048 kbit/s	见[ITU-T G.823]第6.1节：同步接口输出抖动的网络限值，SEC要求	(注 1)
2048 kHz		
1544 kbit/s		
STM-n	见[ITU-T G.825]第5.1节：网络抖动限值	
以太网（同步以太网）	见表 7a	(注 2)
注 1 – 为了实现与基于同步网络并合并了EEC-SEC功能的SEC的互操作，抖动限值取自[ITU-T G.823]、[ITU-T G.824] 和 [ITU-T G.825]。 注 2 – 在 n ($n \leq 20$)个连接的EEC链中，累积的网络漂移必须要低到足以让所有有关的EEC满足在其同步输出端（例如，2048 kHz、2048 kbit/s、1544 kbit/s）的输出抖动规范，参见显示EEC链的图 16；也可见附件D。		

表7a – 同步以太网接口的最大容许抖动

接口	测量带宽 -3 dB频率	峰峰幅度 (UIpp)
1 G (注1、2、4)	2.5 kHz至10 MHz	1.5
10 G (注1、3、4)	20 kHz 至 80 MHz	1.5

注 1 – 对于同步以太网，没有特定的高频带抖动要求，除了本表格中规定的特定的同步以太网宽带抖动要求以外，应满足相关的[IEEE 802.3]抖动要求。

注 2 – 1 G 包括1000BASE-KX、-SX、-LX；多通道接口有待进一步研究。

注 3 – 10 G 包括10GBASE-SR/LR/ER、10GBASE-LRM、10GBASE-SW/LW/EW；多通道接口有待进一步研究。

注4 –

1 G	1 UI = 0.8 ns
10 G (10GBASE-SR/LR/ER,-LRM)	1 UI = 96.97 ps
10 G (10GBASE-SW/LW/EW)	1 UI = 100.47 ps

图16所示的是n级（n ≤ 20）EEC参考链连同它们的同步输出。

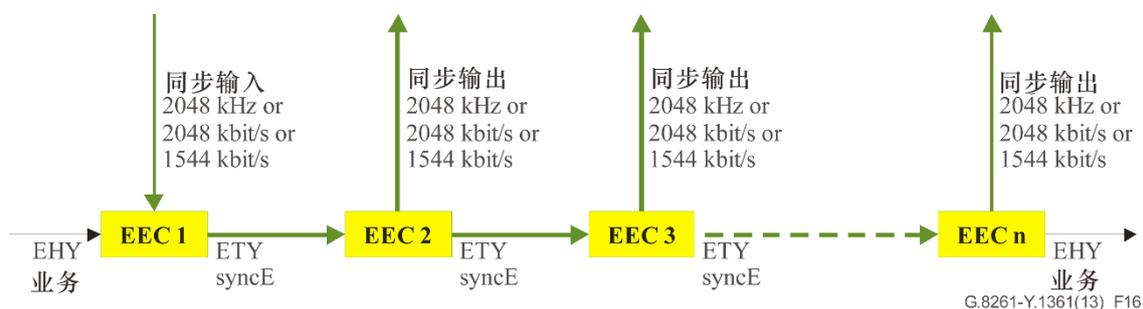


图 16 – EEC链

9.2.2 PEC接口网络限值

本节规定了PEC输出端的网络限值（见图B.5）。

对于具有基于分组设备时钟（PEC）的PNT段或岛，本节描述了两种不同的配置案例，对于每一种情况，本节规定了适用于PEC接口的抖动和漂移限值。适用于PEC输入端的网络限值参见[ITU-T G.8261.1]。

9.2.2.1 PEC网络限值下的网络模型

为了传送参考定时信号，[ITU-T G.803]图8-5和[ITU-T G.823]图B.3中的模型是考虑插入CES段的起点。

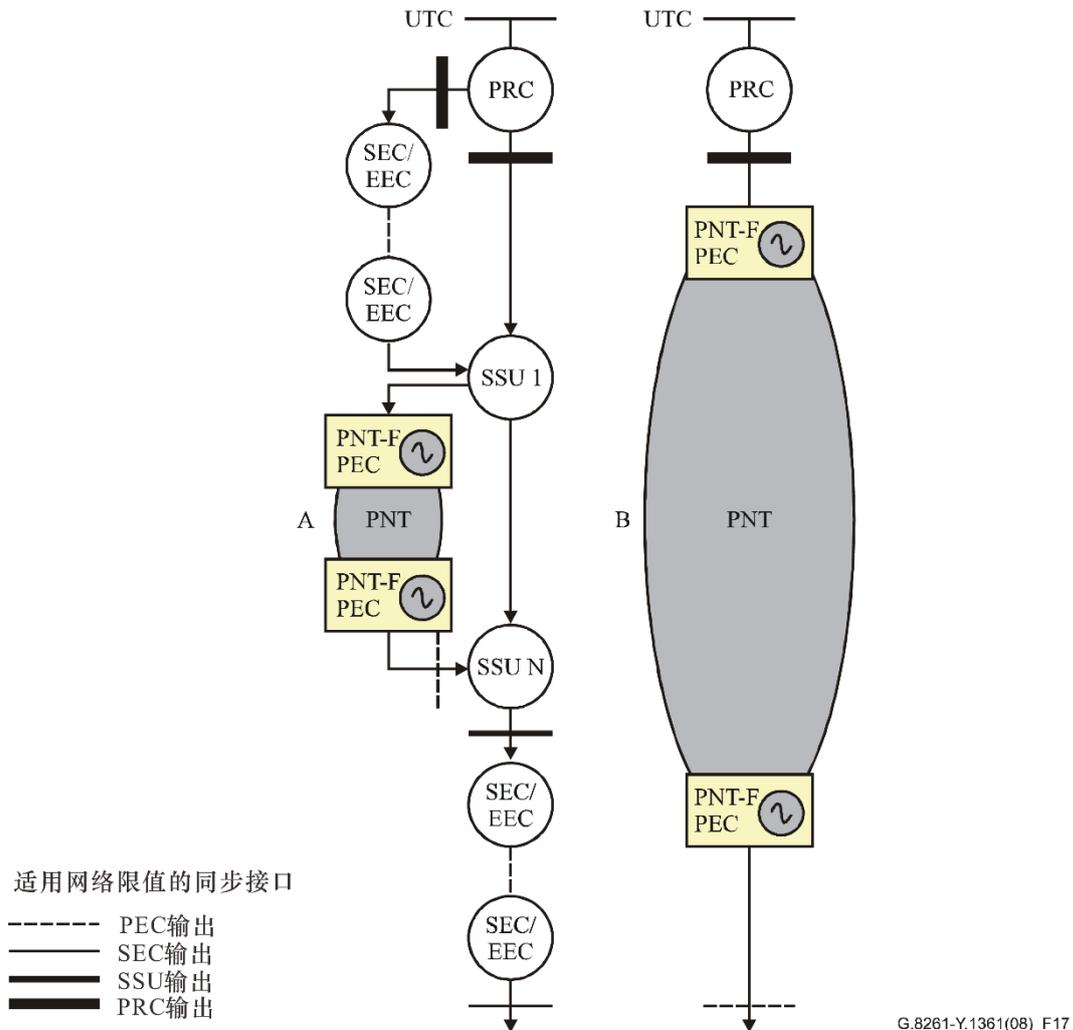
取决于CES段所处的位置，可能适用于不同的漂移要求。已经确定了几种PNT配置模型；本节中规定了这些模型。

注 – 本节中的图没有显示关于定时如何在分组网上分发的细节，更多细节参见第7节。

PNT配置案例1

适用于PNT配置案例1的模型如图17所示。该情况与主从同步网络相关，该同步网络基于分组的网络技术实现，代替了采用基于TDM的技术（例如SDH或PDH）。

左图（模型A）显示的是用PNT段代替部分同步网络的例子，右图（模型B）指的是一个完全在PNT段上实现的同步网络。



注-PEC是该模型内相关的PNT-F时钟。网络内部署其它时钟（例如，部署部分基于EEC的PNT段和部分基于PEC的PNT段）有待进一步研究。

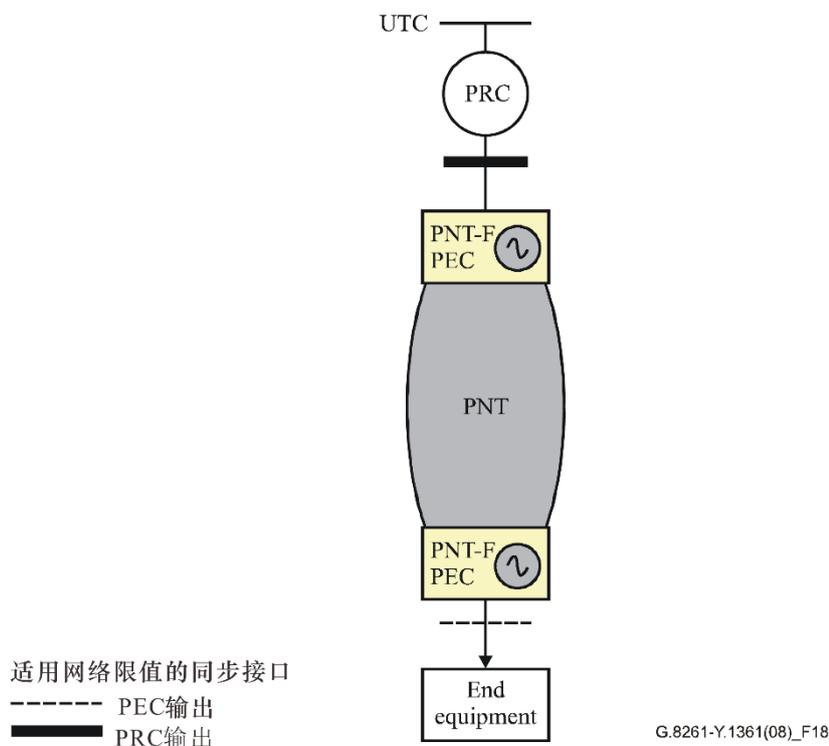
图 17 – PNT段代替部分（模型A）或全部（模型B）的基于TDM的同步网络

第9.2.1节规定的网络限值适用于模型A和模型B。

PNT配置案例2

适用于PNT配置案例2的模型如图18所示。

该案例与向终端设备应用（例如，基站收发信机（BTS），见附录 IV）分发定时有关。



注-PEC是该模型内相关的PNT-F时钟。网络内部署其它时钟（例如，部署部分基于EEC的PNT段和部分基于PEC的PNT段）有待进一步研究。

图 18 –PNT向终端应用分发定时

在配置案例2中，由终端应用设定要求，这些要求用应用正确运行所需的容限和准确度来表示。

因此，允许配置案例2中的PNT段产生的抖动和漂移达到该终端应用容忍的极限值（例如，按照[ITU-T G.823]第5节或者[ITU-T G.824]第5节的规定，适用于业务接口的网络限值）。

特定的适用于无线应用的网络限值的更多例子见第IV.2.3的描述。

10 分组网中减损对定时分发和业务时钟恢复的影响

本节讨论了分组网上影响业务及其定时信息不同减损，在运行条件下应满足第9节中规定的对仿真电路和恢复时钟的要求。

基本上，第1层网络需要网络同步以管理缓冲区。在PDH、SDH和光传输网络（OTN）中出现的第1层缓冲区及其自适应功能是一个简单的结构，其中标称的进出速率控制在由这些TDM网络的相关网络标准给出的特定界限之内。诸如填充字节和指针之类的机制连同系统时钟，是管理这些缓冲区并适应不同时钟域的方法。网络设计约束缓冲区大小以使得等待时间最小化。在第1层网络如SDH中，网络时钟和可能加到客户信号上的漂移或抖动的大小之间有着直接的关联。

对于分组数据网络传输，数据在网络上以块（分组、帧）的方式传送，而不是被当作一个固定比特速率的连续数据流。分组可能会被统计上复用，并且通过分组交换机选择路由，由于中间交换机的处理、缓冲和重传，会给分组带来延时。在单台交换机内，多个分组数据流可能不得不汇集到一个输出缓冲区，由此引起的缓冲区争用将会引入可变的延时。在某些情况下，分组会被丢弃。用于驱动第1层传输链路的时钟可能与该交换机内部使用的时钟不同步，分组提交传输的速率与实际的传输速率之差可通过在分组之间增加填充或者丢弃分组来调节。

由于分组可能穿过不同的路由器，从入口到出口的分组数据流可能会呈现较大的分组延时变化，此外，分组可能会被混乱，这将导致另外的缓冲，利用分组网的业务需要考虑这些减损。对于分组网，需要大缓冲区以便完成分组级的处理，此时，只需要粗略的同步以支持大多数的业务。

不同于第1层网络如SDH，在网络时钟和分组处理缓冲区之间没有直接的关联，因此，网络定时不能用于控制这些网络中的分组延时变化，向分组交换机提供网络同步的需求，通常只是为了满足与该交换机的物理层接口的同步要求，符合相关的TDM接口要求，与特殊的联网标准例如SDH/PDH给出的要求一样。

对第2层网络以上的层传输的业务（例如，IPTV、MPEG-4）的定时要求作出了规定以适应现有分组网的变化，在业务层要对所有业务特有的定时进行编码（例如，H.264、MPEG-4）。

然而，存在分组网的物理层是同步（例如，SDH）并且可能被适配层利用的情形。

在大多数情况下，跨分组网传输的信息即特征信息不包含定时信息，当业务需要传递准确的定时的时侯，会存在一些分歧。对于端到端业务，服务器层的定性特性需要支持客户端的同步要求，在传统的第1层机制（PDH、SDH和OTN）中，网络定时适配机制被特别设计成能兼容客户端信号的定时要求，当服务器层不能支持客户端的定时的时侯，可能需要提供客户端定时的备用手段。这将在网络的适配层完成，一个例子就是ATM AAL1。

分组网中的减损可能会对采用自适应方法恢复业务时钟有着不利的影响，本节研究了这种减损的程度，使得时钟恢复过程能够抵挡、同时维持该时钟在相关的规范范围之内。

[ITU-T Y.1540]（关于IP网）和[ITU-T Y.1561]（关于MPLS网）规定了与分组网减损有关的以下性能参数，[ITU-T Y.1731]还规定了类似的适用于以太网的性能测量。

- 1) 分组传输延时和延时变化
- 2) 错包率
- 3) 丢包率
- 4) 包严重丢失块结果。

10.1 分组传递延时和延时变化

10.1.1 差分法

当网络参考时钟在两端均可获得并且采用差分法时，分组传送延时和延时变化不应影响时钟恢复性能。

10.1.2 自适应方法

通常，从包含固定比特速率或者时间戳数据的分组数据流中自适应地恢复业务时钟是通过目的节点分组到达速率或到达时间的某些计算函数来实现的。

如果通过分组网的延时是固定的，则分组到达目的节点的频率不会受到该网络的影响。由于通过网络的延时，恢复的时钟中可能会存在相位滞后，但不应该有频率或相位漂移。

如果延时变化，它可能会被时钟恢复过程感知为初始业务时钟在相位或频率上的变化，因此，在时钟恢复过程的设计期间，必须要仔细考虑延时变化的起因。

分组网延时变化有多个原因，可能是：

- 随机延时变化（例如，排队延时）
- 低频延时变化（例如，日/夜类型）
- 系统的延时变化（例如，底层传输层的存储转发机制）。
- 路由选择变化
- 拥塞效应。

10.1.2.1 随机延时变化

延时的随机变化是由分组网上交换机或路由器工作产生的，主要来源是输出排队延时，起因是当分组到达交换机或路由器时，其输出端口被其它业务封锁，该分组不得不排队等候。交换机或路由器内部操作产生的其它因素也可能会延迟该分组，见附录I的描述。

以任何的确定性预测任一分组通过交换机或路由器的延时都是不可能的，尽管很可能该延时会随着设备的负载而增加。因此，连续分组之间的延时与网络上的业务负载存在着某些相关性。

10.1.2.2 低频延时变化

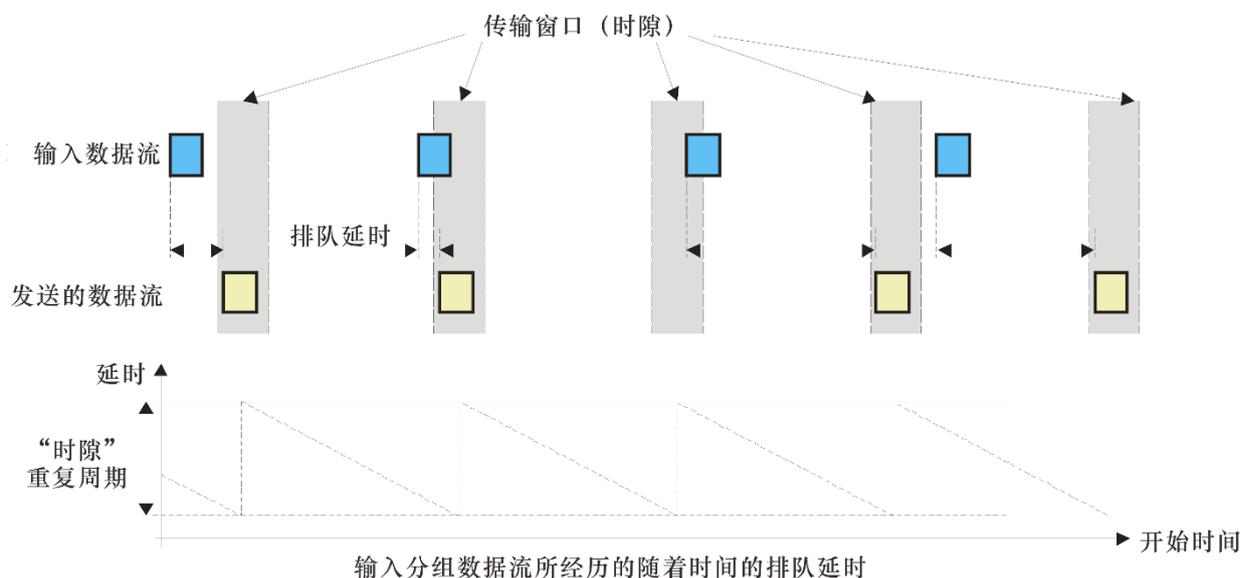
如上所述，通过分组网的延时尽管无法预测，但通常与网络在所讨论时期的负载有关。负载是一个动态量，可能包含极低频的分量。例如，如果网络在白天期间的负载比晚上重，则赋予一个分量给出24小时周期变化的负载。

这种极低频的变化可能会导致从具有相同周期的分组数据流中恢复得到时钟的相位漂移。由于许多相关的时钟技术要求均限制了24小时期间或更长时间内允许的相位漂移（例如，[ITU-T G.824]），在时钟恢复过程的设计期间必须要对此进行补偿。

10.1.2.3 系统的延时变化

某些类型的底层传输网络能够引起分组延时随时间的系统变化，例如，一些类型的传输使用“传输窗口”或者“时隙”，会存储传输的分组直至窗口打开。这样的例子包括无源光网络（PON）、x-数字用户线路（xDSL）和全球微波互联接入（WiMAX）。

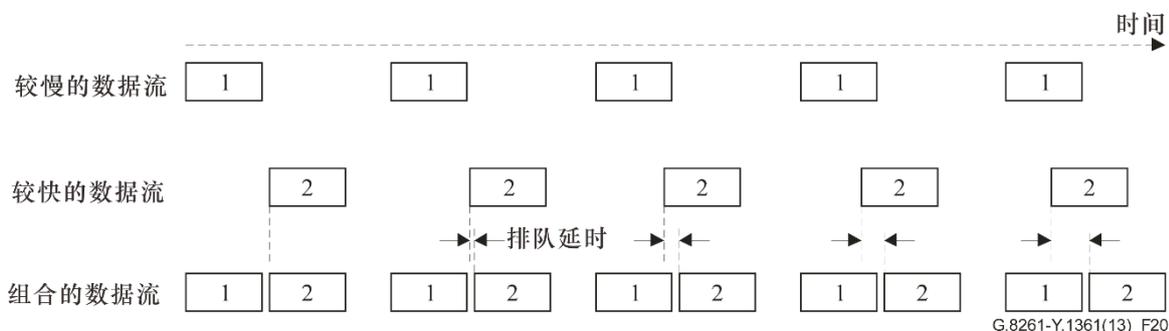
传输窗口的影响是给分组数据流施加一个系统的“锯齿形”延时轮廓（见图19），对于均匀速率的分组数据流，例如，那些包含固定比特速率数据的数据流，传输窗口的周期可能会撞上分组速率，引起延时随时间的缓慢变化。这些影响非常类似于TDM网络中的等待时间抖动，在TDM网络中，有可能控制等待时间的抖动，而在分组网中则不能。



G.8261-Y.1361(13)_F19

图 19 – 具有时隙的网络引起的系统延时变化

均匀速率分组数据流可能经历的另一类系统的延时变化是撞上另一个均匀的分组数据流。图20所示的是两个几乎相同频率的分组数据流通过交换机或路由器组合成单个分组链路时将会发生的情况。



G.8261-Y.1361(13)_F20

图 20 – 均匀速率分组数据流之间的差拍

数据流1是一个较慢的数据流，数据流1中的分组暂时先于数据流2中的分组到达交换机或路由器，然而，数据流2中的分组开始赶上，因为一次只能将一个分组输出到分组链路

上，数据流2中的分组开始经历排队延时（见图21），该延时会增加到等于该分组在链路上的传输时间。

最后，在流1中的那些分组之前，数据流2中的分组开始到达交换机或者路由器，排队延时消除。在这一点上，是数据流1此刻经历了排队延时，该排队延时会不断下降直至分流2中的分组已经完成了传输之后、数据流1中的分组到达该交换机。

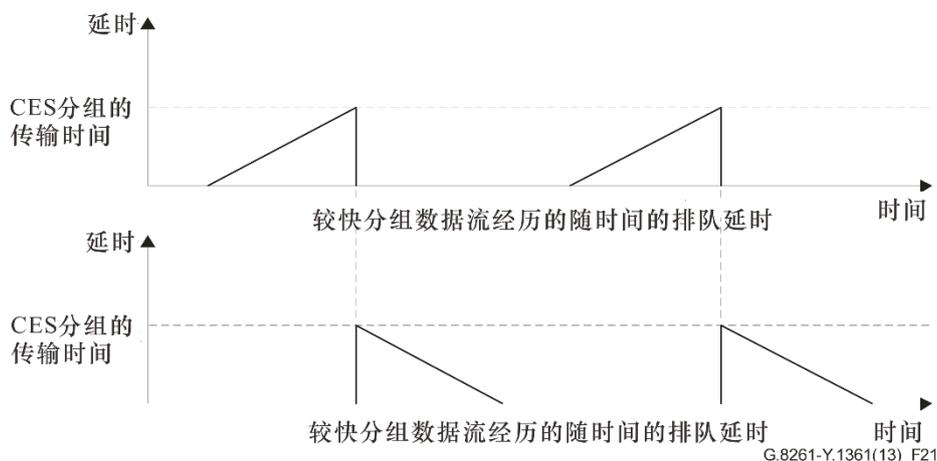


图 21 – 差拍分组数据流经历的延迟轮廓

分组数据流经历排队延时的持续时间（即图21中三角形的宽）与两个分组数据流之间的速率差成反比，在分组速率非常接近的情况下，持续时间可能会非常地长，延时的长期变化可能引起由其中一个分组数据流恢复得到的所有时钟的缓慢相位漂移。

当多个异步的均匀速率数据流共享相同的分组链路时，影响可能是叠加的。在最坏的情况下，所有数据流的分组可能会严格地排队、产生最大的排队延时，尽管这种组合的差拍的频率会减少数据流的数量。

10.1.2.4 路由选择变化

分组数据流经过分组网所选择的路由在某些时刻可能会改变，这可能是由于网络错误（例如，在一个故障或拥塞链路周围的路由选择），保护切换到使用一条备选的路由，或者网络重构。

最后的影响是通过网络延时的阶跃变化，如果对此不作补偿，在恢复的时钟中可能会看到相位的变化。在时钟恢复过程中，必须要检测并考虑这样的变化。通常，延时的较大变化相对容易检测和补偿，但小的变化可能会被通常的延时变化或者时钟恢复节点本地振荡器的漂移所掩蔽。

10.1.2.5 拥塞效应

拥塞是在整个或部分网络上业务的暂时增长，它可能会导致整个或部分网络“过载”，分组被严重延迟或丢弃。拥塞事件的持续时间是可变的，可能持续数秒或数分钟。如果网络频繁地经历持续时间超过5分钟的严重拥塞事件，则表明该网络可能不适合运行电路仿真。

10.1.2.6 分组网中与拓扑有关的阻塞机制

特别地，网络的拓扑，与网络中其它数据流的交互能够影响分组数据流的延时。这是由于不同大小的分组以不同的速率穿过网络造成的。大分组穿过网络花费的时间较长，因为在它们被处理并转发到下一跳之前必须被完全地读入网元。典型地，CES和定时分组比较短，能更快地通过网络。

在含有一个共享路由拓扑的网络中（例如，如图22所示），会产生附加的延时，甚至在很低业务量的时候。

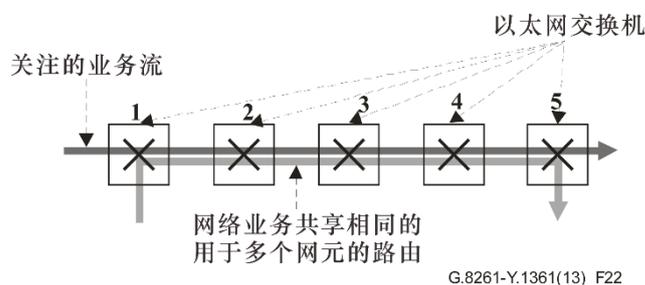


图22 – 共享的路由拓扑

在大分组数据流共享相同的、用于两条或以上连续链路的路径情况下，它首先会阻碍小分组的传输，这就是小分组赶上大分组的情形，因为小分组能更快地通过网络。图23所示的是影响是怎样形成的：

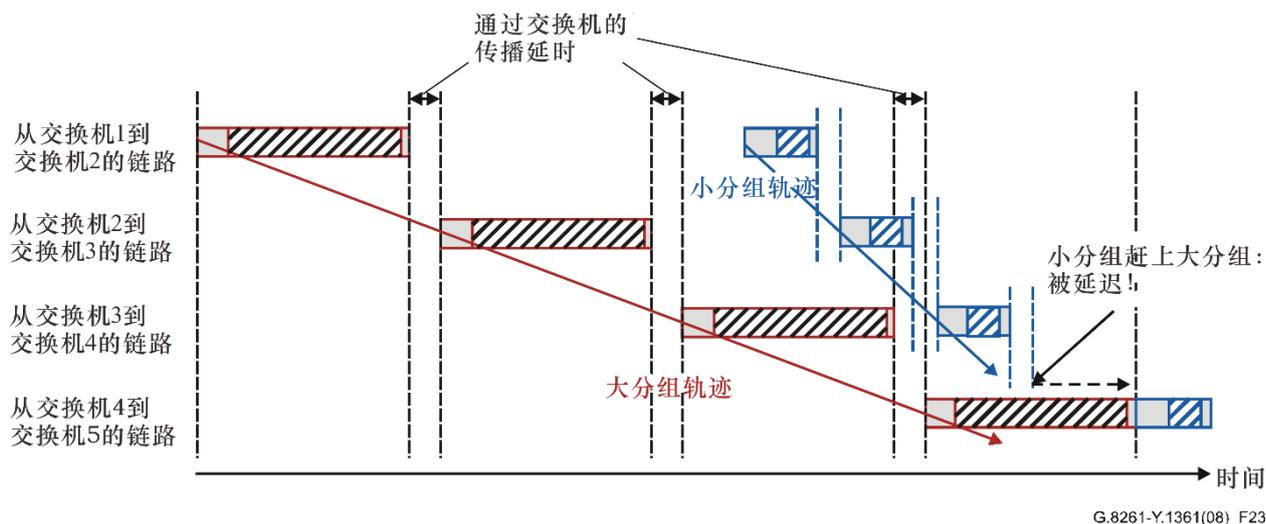


图23 – 沿共享路径的大分组阻塞

影响是这样的：如果大分组的负载足够地高，则小分组很可能会在它们经过网络的某些点上被延迟（注意这会随着小分组到大分组的相对大小而变化），导致穿过网络的最小可能延时会随着上述负载成比例地增加。

10.2 分组减损的影响

10.2.1 分组错误和分组丢失

分组网内的减损会影响传递路径上三个不同部分：IWF时钟恢复过程（注：这可能无法监视）、业务时钟恢复和TDM业务自身。分组丢失和分组混乱限值及其对业务和时钟恢复过程的影响有待进一步研究。

下面小节给出了讨论相关问题的补充文字。

对于本建议书中出现的任何一种方法，分组丢失和分组混乱均不会明显地影响IWF时钟恢复性能。特别地，当TDM传输业务保持在可用的程度时，分组丢失（均匀的和突发的）和分组混乱对IWF时钟恢复性能的影响可以忽略。

10.2.1.1 对TDM业务的影响

经分组网传输的TDM电路可能极易受到分组丢失所引起的比特错误的影响，其中原因之一是该比特错误会被分组传输放大—分组中的单个比特错误会导致整个分组被丢弃，在恢复的TDM流中产生突发的连续比特错误。因此，即便中等程度的分组丢失（从传统分组网的观点来看）也可能导致TDM电路不可用。

注—TDM电路的脆弱性将主要取决于特定的IWF特性，一些IWF可能采取不同的分组丢失隐藏技术来保护应用免受分组丢失的影响。

10.2.1.2 对IWF时钟恢复过程的影响

IWF时钟恢复将分组与时钟恢复算法、嵌入式时钟以及所使用的定时恢复方法（即自适应或差分）结合在一起。IWF时钟恢复过程的性能是分组网应力、用于克服网络应力的算法、IWF内嵌的时钟、所采用时钟恢复方法的组合。

注—为了保持IWF时钟恢复和业务时钟恢复，应规定分组丢失和混乱限值以便涵盖所有可能的分组丢失情况；这些限值有待进一步研究。

10.2.1.3 对业务时钟恢复的影响

对于业务时钟恢复过程，要求时钟恢复必须经受住远高于TDM电路自身的分组丢失，使得业务时钟保持在技术要求范围之内，除了数据被宣布不可用的点之外。IWF时钟恢复将直接影响业务时钟恢复的性能。

10.2.2 分组严重丢失块结果

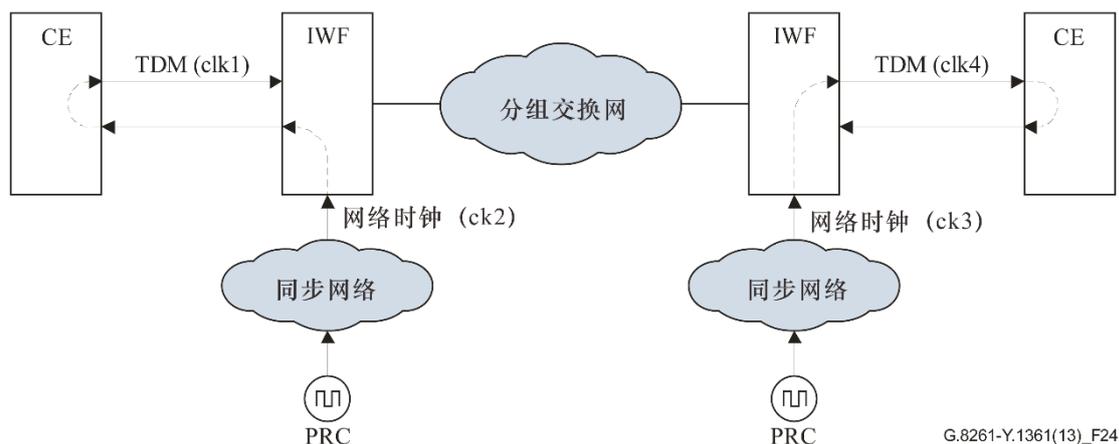
[ITU-T Y.1540] 和 [ITU-T Y.1561]将严重丢失块结果定义为：对于时间区间T期间在进入接口观测到的一块分组，丢失分组与总的分组之比超过了门限。类似的结果可能也会出现在以太网中。

在这些减损期间，根据第10.2.1节的讨论，定时恢复机制必须处理所有的分组丢失。这个课题有待进一步研究。

11 参考时钟减损对业务时钟恢复的影响

11.1 对网络同步运行方法的减损

经分组网传输TDM信号涉及的时钟如图24所示。



这两个PRC也可能来自相同的源。

图 24 – 对于网络同步运行，经分组网传输TDM信号所涉及的时钟

这些时钟为：

- 产生TDM信号的时钟（该图中的clk1）
- 用于左手边IWF拆包的网路参考时钟（该图中的clk2）
- 用于右手边IWF拆包的网路参考时钟（该图中的clk3）
- 在分组网之后产生TDM信号的时钟（该图中的clk4）

clk1必须可追溯到PRC，这可以通过如图24所示的环路定时实现，或者通过其它方式实现。否则，在拆包器中使用网路时钟基准（即该图中的clk3）将会产生严重的问题。

为了使输出TDM信号有正确的定时：时钟产生（即clk1）和重定时（即clk4），TDM信号必须具有相同的长期频率（或者在PRC限值内）；否则，将会产生不能接受的滑动率（短期噪声将保持在适当的界限内）。

正常运行时，TDM源的网路参考时钟（clk1）和拆包器的网路基准时钟均锁定到一个可追溯到PRC的参考定时信号，然而，在同步网络故障状况期间，这些时钟可能会锁定到一个参考定时信号，而该参考定时信号可追溯到在保持模式下工作的一个时钟。在故障状况期间，这些时钟将提供适当的、依据[ITU-T G.822]滑动性能指标的保持。

在同步网络故障期间提供该保持功能的时钟可能会集成到设备自身之中，或者在该现场可获得（例如，集成到一个传输网元或者一个独立的同步设备（SASE）之中），由网络规划者负责提供最适合的解决方案。

概括一下，网络同步工作模式需要在接收IWF中引入精确的时钟，或者系统能在丢失来自网络时钟（PRC）的同步的情况下切换到另一个适合的时钟。

为了检测同步丢失的时间，需要对溯源性的某种监视（例如，SSM）。

11.2 对差分法的减损

经分组网传输TDM信号涉及的时钟如图25所示。

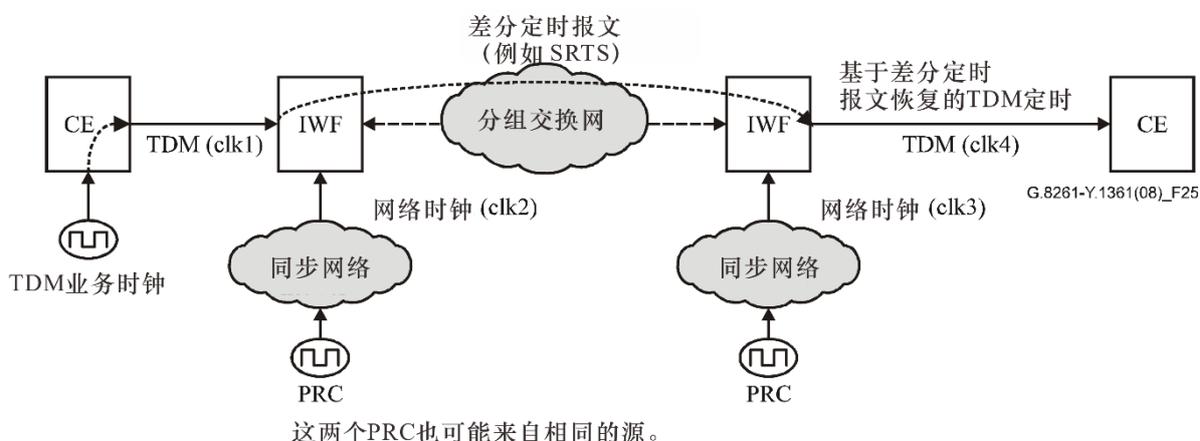


图 25 – 差分法通过分组网传输TDM信号所涉及的时钟

这些时钟为：

- 产生TDM信号、PDH或SDH的时钟（该图中的clk1）；
该时钟可能是准同步的，尽管认为大多数信号此时都是同步的。
- 用于产生差分定时报文的网络时钟（该图中的clk2）。
- 用于根据差分定时报文再生TDM时钟（该图中的clk4）的网络时钟（该图中的clk3）。

这些时钟上的任何相位噪声将会引起输出TDM信号定时上的相位噪声。

为了使输出TDM信号具有正确的定时，产生（即clk1）和重定时（即clk4）TDM信号的时钟必须拥有相同的长期频率（或者在PRC限值之内）；否则，将会产生不能接受的滑动率（短期噪声将保持在适合的限值范围内）。

正常运行时，产生差分定时报文和再生TDM时钟（图中的clk2和clk3）的网络参考时钟锁定到一个可追溯至PRC的参考定时信号，然而，在同步网络故障状况期间，这些时钟可能会锁定到一个参考定时信号，而该参考定时信号可追溯至在保持模式下工作的一个时钟。在故障状况期间，这些时钟将提供适当的、依据[ITU-T G.822]滑动性能指标的保持。

在同步网络故障期间提供该保持功能的时钟可能会集成到设备自身之中，或者在该现场可获得（例如，集成到一个传输网元或者SASE之中），由网络规划者负责提供最适合的解决方案。

为了检测同步丢失的时间，需要对溯源性的某种监视（例如，SSM）。

12 分组网络参考模型的不同同步方法的结果和结论

根据网络情况和与特定应用相关的同步要求，关于分发同步基准（PNT域）和恢复TDM业务定时（CES域）方法的建议会有所不同。

12.1 CES域建议

在本建议书的范围内已经确认了下列情况（根据第9.1节的网络模型）。

12.1.1 对TDM业务定时恢复的建议（配置案例1）

针对配置案例1，第9.1节规定了在这种情况下PDH信号的网络限值。

经分组网传输的PDH信号的时钟恢复能够通过以下方式实现：

- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的信号时采用网络同步运行，不需要保持该业务时钟。
- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的基准时采用差分法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。
- 当网络的延时变化可控时采用自适应方法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。

注—在这些情况下，网络限值是相当严格的。然而，假设网络能够按照模型A（至少为情况2和情况3，见附录V）建模时，自适应方法应符合第9.1节规定的网络限值。

自适应方法是否能在按照模型B（见附录V）建模的网络上使用，这有待进一步研究。

SDH信号在这种情况下的传输有待进一步研究。应注意到SDH信号时钟的恢复应按照 [ITU-T G.823]（用于以2048 kbit/s系列为基础的网络）和 [ITU-T G.824]（以1544 kbit/s系列为基础的网络），达到同步接口的质量水平。采用第7.1节中描述的支持网络同步运行的方法能够确保这些要求得到满足。

12.1.2 对TDM业务定时恢复的建议（配置案例3）

针对配置案例3，第9.1节规定了在这种情况下PDH信号的网络限值。

经分组网传输的PDH信号的时钟恢复能够通过以下方式实现：

- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的信号时采用网络同步运行，不需要保持该业务时钟。
- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的基准时采用差分法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。
- 当网络的延时变化可控时采用自适应方法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。

注—在这些情况下，网络限值没有第12.1.1节情况下那么严格。假设网络能够按照模型A建模时，自适应方法应符合第9.1节规定的网络限值。

自适应方法是否能在按照模型B建模的网络上使用，这有待进一步研究。

SDH信号在这种情况下的传输有待进一步研究。应注意到SDH信号时钟的恢复应按照 [ITU-T G.823]（用于以2048 kbit/s系列为基础的网络）和 [ITU-T G.824]（以1544 kbit/s系列为基础的网络），达到同步接口的质量水平。采用第7.1节中描述的支持网络同步运行的方法能够确保这些要求得到满足。

12.1.3 对TDM业务定时恢复的建议（配置案例2应用A）

针对配置案例2应用A，第9.1节规定了在这种情况下PDH信号的网络限值。

在这种情况下，经分组网传输的PDH信号的时钟恢复能够通过以下方式实现：

- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的信号时采用网络同步运行，不需要保持该业务时钟。
- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的基准时采用差分法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。
- 当网络的延时变化可控时采用自适应方法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。

注 – 在这些情况下，网络限值没有第12.1.1节情况下那么严格。假设网络能够按照模型A建模时，自适应方法应符合第9.1节规定的网络限值。

自适应方法是否能在按照模型B建模的网络上使用，这有待进一步研究。

SDH信号在这种情况下的传输有待进一步研究。应注意到SDH信号时钟的恢复应按照 [ITU-T G.823]（用于以2048 kbit/s系列为基础的网络）和 [ITU-T G.824]（以1544 kbit/s系列为基础的网络），达到同步接口的质量水平。采用第7.1节中描述的支持网络同步运行的方法能够确保这些要求得到满足。

12.1.4 对TDM业务定时恢复的建议（配置案例2应用B）

针对配置案例2应用B，第9.1节规定了在这种情况下PDH信号的网络限值。

在这种情况下，经分组网传输的PDH信号的时钟恢复能够通过以下方式实现：

- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的信号时采用网络同步运行，不需要保持该业务时钟。
- 当在IWF可以获得一个可追溯至PRC的基准时采用差分法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。
- 当网络的延时变化可控时采用自适应方法，采用这个方法有可能保持该业务时钟。

注 – 在这些情况下，网络限值取决于终端设备的特性，而终端设备通常能够容忍 [ITU-T G.823] 和 [ITU-T G.824] 业务接口极限值。假设网络能够按照模型A建模时，自适应方法应视情况符合 [ITU-T G.823] 或 [ITU-T G.824]。

自适应方法是否能在按照模型B建模的网络上使用，这有待进一步研究。

SDH信号在这种情况下的传输有待进一步研究。应注意到SDH信号时钟的恢复应按照 [ITU-T G.823]（用于以2048 kbit/s系列为基础的网络）和 [ITU-T G.824]（以1544 kbit/s系列为基础的网络），达到同步接口的质量水平。采用第7.1节中描述的支持网络同步运行的方法能够确保这些要求得到满足。

12.2 PNT域建议

在本建议书的范围内已确定了下列情况（参照第9.2节中的网络模型）。

12.2.1 关于经同步以太网的参考定时信号分发的建议

第9.2节规定了在这种情况下参考定时信号的网络限值。

采用第1层技术例如第7.1.1节描述的同步以太网，在物理层之上部署同步网络提供了一种不受任何基于分组的压力的（即，不受分组延时变化的影响）、传输同步的方法。

假设同步网络设计遵循的设计准则与已经规定用于基于SDH的同步网络的设计规则相同，即符合[ITU-T G.803]同步网络基准链（见[ITU-T G.803]的图8-1和图8-2，其中EEC [ITU-T G.8262]将代替SEC），则第9.2节规定网络限值可得到满足。特别地，基于该模型，最长的同步网络基准链不应超过10个同步供给单元（SSU）和60个EEC，在任意两个SSU之间，EEC的数量不应超过20个。

注1 – “选项2”时钟的数值有待进一步研究。

注2 – 采用这样的技术需要主参考时钟和应该同步的网元（例如，基站）之间同步链上的所有网元均支持同步以太网。

注意到同步信号在第1层的传送有可能在一个网络运营商域内，不同网络运营商域之间的互通有待进一步研究。

12.2.2 关于经分组的参考定时信号分发的建议

[ITU-T G.8265]描述了采用基于分组的方法的频率分发的总的体系结构。

基于分组的方法以自适应时钟恢复方法为基础，因此，其性能通常会受到网络中分组延迟变化的影响（见第10节）。

为此，当采用这样的技术时，通过一个精心设计的网络来传输定时更为可取，定时流在一个信道上传输，从而使得分组网的减损最小化。该过程的一部分可能是给这样的数据流分配最高的优先级。

应注意到传输的共享性质意味着所有的数据流在某种程度上会相互干扰，而不管定时的优先级。

当前正在研究怎样构建一个精心设计的网络来传输定时。特别地，作为研究的一部分，一些度量正在考虑之中，这些度量应以分组延时和分组延时变化的集合为基础。

注1 – 本建议书使用的术语分组延时和分组延时变化（PDV）是根据[ITU-T G.8260]提供的定义。

在终端设备中实现的振荡器的特性是与获得的性能有关的关键因素之一。因此，该振荡器的特性应取决于所恢复的定时信号应满足的要求，以及该网络产生的噪声水平（分组延时变化）。

对要在基于分组方法的时钟恢复功能中实现的时钟的技术要求超出了本建议书的范畴。

实际的分组格式不会明显影响基于分组方法的性能，然而，在时间戳方面应使用合适长度和基本特性的数据格式（PTP和NTP是时间戳格式的两个例子）。

注2 – 包含来自分组网节点的支持以减少分组延时变化的影响的方法（例如，打算测量分组网上由单跳增加的分组延时变化）正在研究之中（例如，作为[b-IEEE 1588]远程通信简档研究的一部分）。体系结构的概况、可量测性、时钟要求等都属于要研究的方面。

注3 – 此类方法意味着要在与同步路径有关的网络设备中实现一些硬件支持。

12.2.2.1 关于配置案例1的建议

针对配置案例1，第9.2.2节规定了在这种情况下参考定时信号的网络限值。

在这种情况下，该要求用网络中能够产生的极低的噪声水平（抖动和漂移）来表示。

在这种情况下，基于分组的方法只适合于该网络在由定时恢复算法所选择的分组上产生极低水平的分组延时变化的情形。

达到配置案例1网络限值所处的时钟特性、度量和相关的限值等条件正在研究之中。

12.2.2.2 关于配置案例2的建议

针对配置案例2，第9.2.2节规定了在这种情况下参考定时信号的网络限值。

在这种情况下，能够产生的噪声的水平取决于终端应用的容限。

例如，终端应用忍耐的典型漂移可以用[ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]业务掩模来表示，[ITU-T G.8261.1]规定了分组网适合于支持基于分组方法的条件，[ITU-T G.8263]规定了相关的时钟特性。

更多信息见附录III。

附件 A

提议用于同步以太网的网络体系结构

(本附件是本建议书的组成部分)

A.1 PRC位置

典型的同步以太网体系结构中将会会有一个PRC，该PRC处于三个位置的其中之一，这取决于网络运营商希望遵循的总体架构。然而，可以将这些位置概括为三个通用的位置。

见图 A.1，以下情况中的任何一个：

- 情况A：位于核心 – PRC将位于核心节点，如图A.1的位置“A”。这种架构暗示着少量的PRC节点，即集中设置，采用某种形式向IWF分发定时。
- 情况B：位于接入 – PRC将位于网络内部进一步后退的某些点（地理上与IWF分开），典型的在多服务接入点，见图1的位置“B”。这个架构暗示着比情况A需要更多的PRC节点数，即PRC集中设置，采用某种形式向IWF分发定时。
- 情况C：位于IWF – PRC在地理上与IWF在一起，将会会有一个与IWF的直接的同步连接。见图1的位置“C”。这个架构暗示着许多的PRC节点，即每个IWF一个PRC。

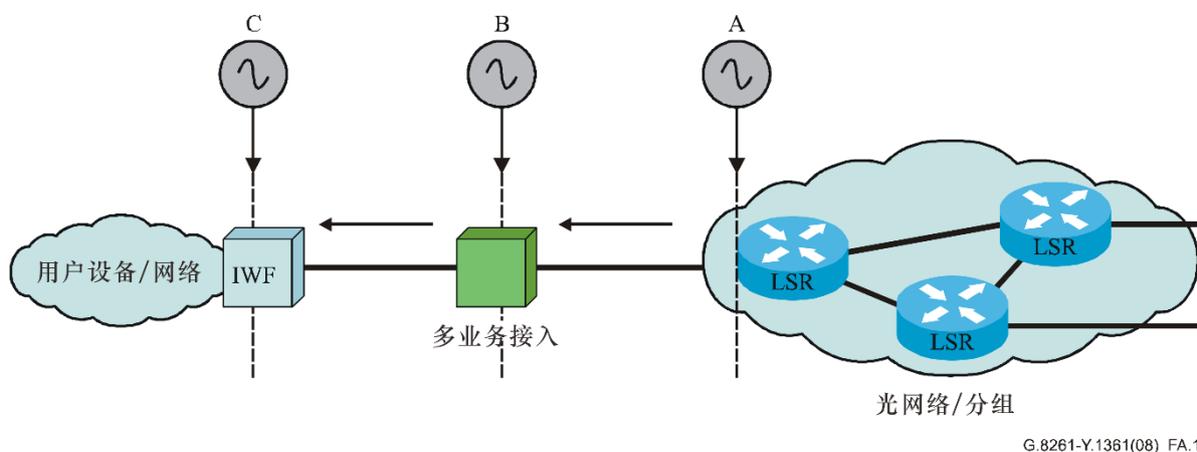


图 A.1 – 参考时钟的位置

参见上图，从核心网向IWF提供同步流，并不打算把来自用户设备（CE）定时分发给核心网。

A.2 限制同步以太网的抖动和漂移

在广域网网络环境中，限制同步以太网解决方案的抖动和漂移的产生是满足网络限值需要。

以太网交换机内支持同步以太网的同步功能应基于嵌入式时钟的性能特性。这样的时钟应符合[ITU-T G.8262]，以确保当这样的时钟与另一个类似的同步以太网时钟或更高质量的时钟同步时，网络能正确地运行。当这样的同步以太网解决方案与[ITU-T G.812] SSU或SASE结合时，使用这样的网络时钟能确保同步互通，并且因此，按照主-从同步运行模式的规定，与[ITU-T G.811] PRC一致，还实现了现有TDM网络和新的分组网体系结构之间的互通。

应注意到该工作不会影响任何现有的关于频率容限的[IEEE 802.3]等规范，但是会涉及新附加的网元时钟功能。

A.3 基于同步以太网的同步网设计的注意事项

同步网的正确设计是保证根据适当的质量和可靠性分发参考定时信号的基本前提。

这也适用于同步网络以同步以太网为基础的情况。

特别地，由于基于同步以太网的同步网络架构可能会比基于SDH的同步网络更为复杂（例如，由于网状结构，以及可能采用不支持同步以太网的设备），同步规划活动甚至更为重要。

尤其是该设计应分析与同步踪迹有关的所有网元。

这些网元应实现EEC或者（对于一些简单网元，如2端口设备）采取与SDH再生器类似的方式至少实现一些通过定时功能。

同步以太网设备的通过定时功能有待进一步研究。

注 1 – 部署在同步链末端的设备中实现的时钟的特性取决于在该终端设备上实现的特定应用。这些时钟的特性可能会与某些EEC规范存在偏差。这有待进一步研究。

另一个要考虑的重要方面与同步链上SSM的正确处理有关。

同步状态报文为下行数据流EEC提供了一种机制，来确定同步分发方案回溯到PRC或者更高质量时钟的可追溯性。同步功能处理该SSM。

在上行数据网络故障情况下，同步功能会根据SSM和预置的优先级采取适当的行动，并选择一个备用的同步馈入，这可能是另一个网络馈入或外部馈入。

与SDH网络的情况类似，同步以太网中SSM的主要作用是支持同步网络的设计，从而正确地处理故障情况。

注 2 – SSM能够有助于防止定时环路，但是，为了避免定时环路，适当的规划仍将是强制性的。

同步以太网中的SSM或许并不总能发现一条链路是否来自一个不支持同步以太网的设备（或链路）（例如，可能被误插入同步踪迹）。如上所述，这应该通过适当的同步网络设计活动加以预防。

将来，更高级的SSM功能的定义（例如，在完全同步的路径上传输信息）可能会提供更多的好处。

当设计同步网络时，应规定在每一个能够改变定时流的网元（例如，由于内部时钟进入保持状态）内处理SSM。

还应避免分发定时具有良好的质量，但不支持SSM。

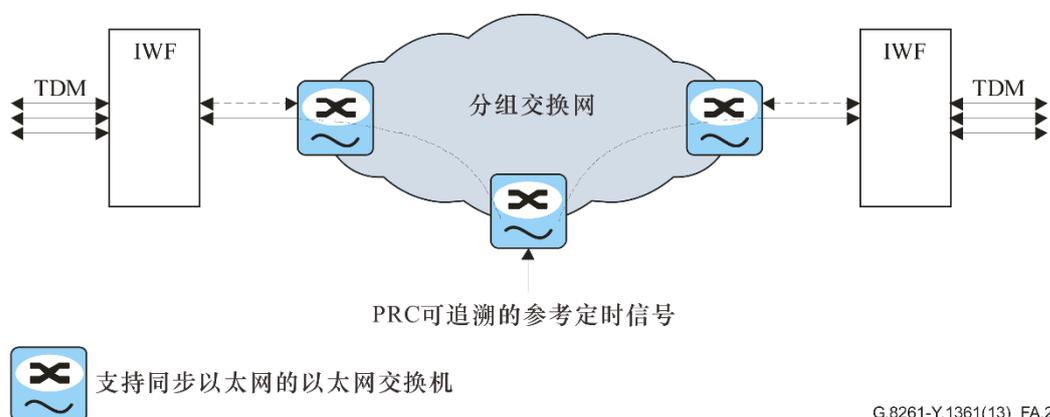
参考定时信号接收设备中的选择过程可以配置成使用或不使用输入的SSM。

[ITU-T G.8264]提供了关于同步以太网SSM的更多细节。

注 3 – 除了SSM以外, [b-ITU-T G.781]还处理了其它的劣化, 例如可能会使定时基准不合格的信号丢失。

A.4 经同步以太网向IWF分发定时的例子

图A.2所示的是经同步以太网分发定时的一个例子。该定时跨分组交换网从PRC分发至IWF。



G.8261-Y.1361(13)_FA.2

图 A.2 – 经同步以太网分发定时的例子

A.5 以太网和同步以太网接口的互通

A.5.1 接口类型和运行模式定义

根据[IEEE 802], 以太网接口是非同步的, 随着同步以太网的引入, 必须要区分不同的以太网端口类型连同不同的与同步相关的运行模式。

规定了以下模式 (见[ITU-T G.8264]) :

- 非同步运行模式
- 同步运行模式。

同步以太网接口的缺省模式为非同步运行模式。

见表A.1。

表 A.1 – 接口类型和运行模式定义

接口类型	运行模式	QL过程	ESMC 过程
以太网	非同步模式	否	否
同步以太网	非同步模式	否	否
	同步模式(QL-启用模式)	有效, 所有的数值	是
	同步模式(QL-禁用模式)	无效	可选的

除了能够发送和接收定时的同步以太网端口以外，还有可能考虑提供简化同步以太网功能的端口。简化的同步以太网功能意味着只支持单个方向上同步的能力。有两种可能的简化同步以太网接口：

- 1) 同步以太网只发接口：这种端口完成所有的同步以太网发送功能，即通过以太网同步报文发送信道（ESMC）发送质量水平（QL）报文，并且经过以太网线路发送物理EEC时钟。
- 2) 同步以太网只收端口：这种端口完成所有的同步以太网接收功能，即接收并处理ESMC上的QL报文，并恢复该物理以太网线路时钟，作为同步候选提供。

在同步网络规划时，必须要仔细考虑具有简化同步以太网功能的节点的使用。期望在同步链路的末端使用这样的节点。

表 A.1a – 启用QL的同步以太网简化功能

接口类型	运行模式	QL 过程	ESMC过程
同步以太网简化功能 (QL 启用)	同步模式 (仅Tx)	有效 (仅Tx侧)	Tx 侧: 是 Rx 侧: 可选的
	同步模式 (仅Rx)	有效 (仅Rx侧)	Rx 侧: 是 Tx 侧: 可选的

表A.1b – 禁用QL的同步以太网简化功能

接口类型	运行模式	QL过程	ESMC 过程
同步以太网简化功能 (QL 禁用)	同步模式 (仅Tx)	无效	可选的
	同步模式 (仅Rx)	无效	可选的

A.5.2 互通要求

表A.2所示的是不同接口类型和运行模式之间互通的要求，任何组合必须能够实现以太网业务的正确传输。为了将同步以太网用于网络同步，在同步路径上所包含的每条同步链路的两端均需要同步模式下的同步以太网端口。

表 A.2 – 同步以太网和以太网端口之间的互通

接口类型		业务互通			网络同步互通		
		以太网	同上以太网端口		以太网	同步以太网接口	
运行模式		非同步模式	同步模式		非同步模式	同步模式	
以太网	非同步模式	✓	✓	✓	✗	✗	✗
同步以太网	非同步模式	✓	✓	✓	✗	✗	✗
同步以太网	同步模式	✓	✓	✓	✗	✗	✓

✓互通是可能的
✗互通是不可能的

A.5.3 频率互通

以太网运行以 ± 100 ppm作为最大的频率偏移。

同步模式下的同步以太网使用源自PRC的网络同步。最坏情况是保持 ± 4.6 ppm作为最大的频率偏移。

对于数据恢复，同步以太网频率输入容限必须为 ± 100 ppm。

表A.3所示的是对频率互通的要求。

表A.3 – 频率互通

接口类型	运行模式	频率		
		最大输出频率偏差	输入容限	
			对于数据恢复	对于时钟恢复
以太网	非同步模式	± 100 ppm	± 100 ppm	n/a
同步以太网		它可能锁定到EEC，或者如果不能锁定的话，在 ± 100 ppm之内。		
同步以太网	同步模式 (注)	锁定到EEC（最坏情况下 ± 4.6 ppm）		最大 ± 4.6 ppm

注 – 对于QL-启用和QL-禁用模式。

A.5.4 噪声互通

根据IEEE，以太网规定了抖动。对于以太网业务运行来说，漂移不是一个问题。

根据ITU-T，规定了适用于同步接口的抖动和漂移。对于同步运行模式下的同步以太网接口，[ITU-T G.8261]和[ITU-T G.8262]建议书规定了相关的要求。

对于数据恢复，同步以太网接口必须能够忍耐来自以太网接口的抖动。

详细情况见表A.4。

表A.4 – 噪声互通

接口类型	运行模式	噪声					
		最大输出噪声产生		设备输入噪声容限			
		抖动	漂移	对于数据恢复		对于时钟恢复	
				抖动	漂移	抖动	漂移
以太网	非同步模式	按照IEEE	n/a	按照 IEEE	n/a	n/a	n/a
同步以太网							
同步以太网	同步模式	按照G.8261 (网络), G.8262 (设备)				按照 G.8262	

A.5.5 相关的抖动测量

以太网端口抖动测量参见电气和电子工程师协会（IEEE）。IEEE抖动测量采用压力眼图和浴盆图方法。为了数据恢复互通，必须以相同的方式测量同步以太网接口。

为了同步运行模式下同步以太网接口的同步互通，[ITU-T G.8261] 和[ITU-T G.8262]建议书包含了对抖动的技术要求。

同步运行模式下同步以太网接口抖动测量有待进一步研究，见附录X。

表A.5提供了一个汇总表。

表A.5 – 抖动测量

接口类型	运行模式	抖动输入容限	抖动噪声产生	抖动噪声传递	网络限值
以太网	非同步模式	按照IEEE	按照 IEEE	n/a	n/a
同步以太网					
同步以太网	同步模式	更进一步研究，关于抖动测量见附录X。			

A.5.6 相关的漂移测量

对于以太网接口，没有规定漂移要求。

同步运行模式下同步以太网接口的漂移测量有待进一步研究，见附录X。

详细情况见表A.6。

表A.6 – 漂移测量

接口类型	运行模式	漂移输入容限	漂移噪声产生	漂移噪声传递	网络限值
以太网	非同步模式	n/a			
同步以太网					
同步以太网	同步模式	有待进一步研究；关于抖动测量见附录X。			

注 – [ITU-T G.8264]提供了关于具有简化同步以太网功能的接口和设备的考虑事项。

附件B

功能划分为CES和PNT IWF的IWF和网络的例子

(本附件构成了本建议书的组成部分。)

B.1 总则

IWF是将基于TDM的网络的数据转换到基于分组的网络的功能块，反之亦然，（见图B.1）。

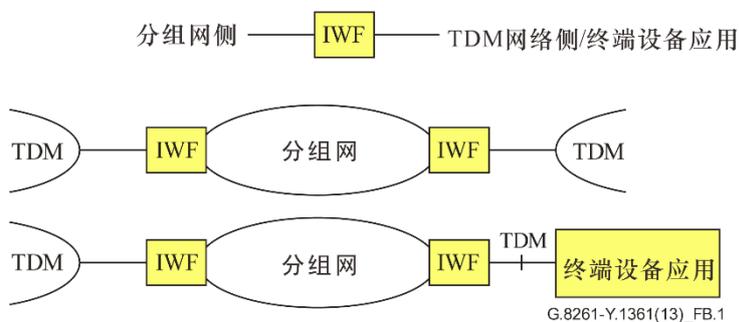


图 B.1 – 网络中的IWF

在某些应用中，IWF中的功能可能会改变传输定时的层（即从分组层改为物理层，反之亦然），见图B.2。

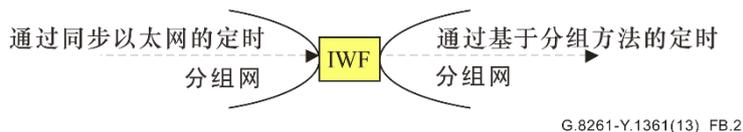


图 B.2 – IWF改变传输定时的层

按照两个域的结构（见图B.3）规定IWF，其中，“CES IWF”负责业务时钟域同步方面，“PNT（分组网定时）IWF”负责同步网络时钟域同步方面。

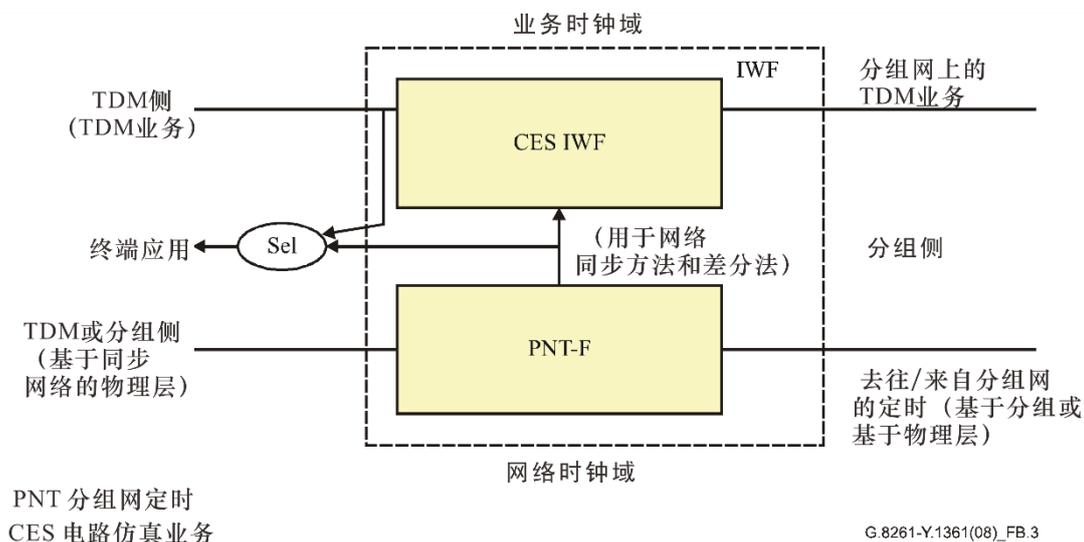


图 B.3 – IWF中的CES和PNT域

特别地，CES IWF将既恢复经分组网传输业务的定时（业务时钟信号恢复），又适当地支持产生去往分组网的CES分组。

如第8节所述，以下工作方法是可能的：

- 网络同步运行
- 差分法
- 自适应方法
- TDM端系统可获得的参考时钟。

取决于可适用的方法，可能需要在CES IWF内实现不同类型的时钟。

详见第B.3节。

可以按照传统的或者新的方法来实现去往/来自PNT IWF的定时分发，实际上，这个模块既可能恢复来自TDM侧（例如，从SDH）的同步网络定时，也可能恢复来自分组侧（例如，同步以太网或者基于专用分组的新方法）的同步网络定时。

以下是可能的去往/来自PNT的定时分发情况的例子：

- 专用的外部基准（例如，来自SASE）
- 通过同步物理层（例如，SDH、同步以太网），经分组传输定时（例如，[b-IEEE 1588]、NTP）。

在某些情况下，PNT IWF应给CES IWF传送一个准确的来自同步网络的参考定时信号，实际上，CES IWF可能需要该基准以支持时钟恢复机制：适用于网络同步和差分法。第B.2节提供了另外的细节。

B.2 IWF 时钟

图B.4所示的是可以在CES IWF内实现的时钟，它们是：

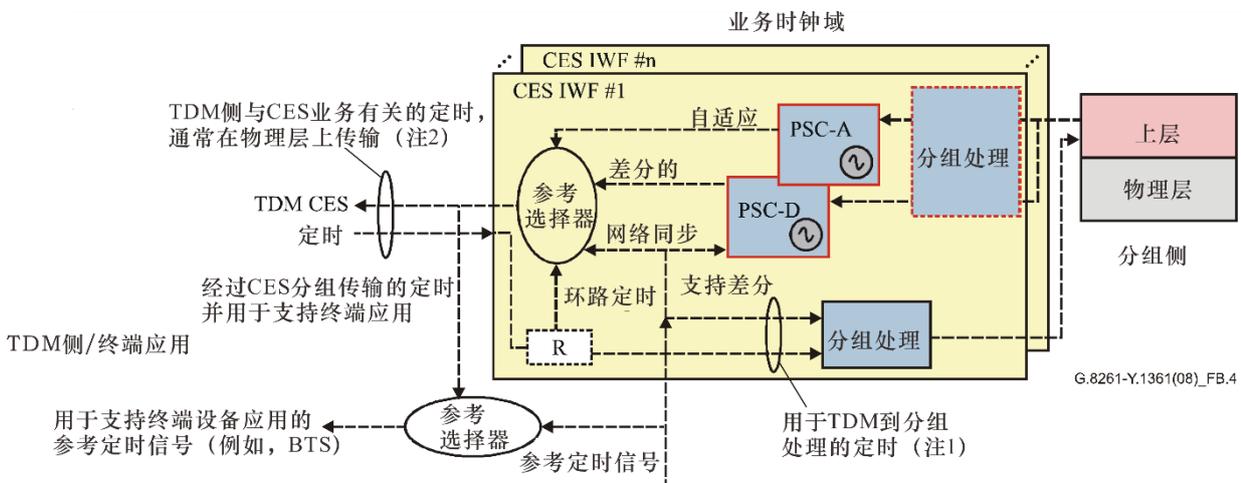
- 基于分组的业务时钟-自适应（PSC-A）：按照自适应方法，从业务分组中恢复CES业务时钟信号的时钟。
- 基于分组的业务时钟-差分（PSC-D）：按照差分法，从业务分组中恢复CES业务时钟信号的时钟。

这些时钟负责CES IWF定时功能（包括自由运行、保持、过滤、选择等）。

时钟PSC-A 和PSC-D是每个CES用户特有的（即任何一个用户都有一个专用的时钟），保持不应是强制性的（但是能够可选地提供），因为实际上只需要自由运行的准确度就可支持PDH的最低要求（例如，对于2048 kbit/s信号为50ppm），它们通常只处理单向分组以便支持TDM CES。

注 1 – 可以规定新“业务”分发专用定时分组（采用单向或双向协议）和不同的时钟，这有待进一步研究。

这些时钟的细节有待进一步研究。



n 终止于CES IWF的CES用户数

注1-该定时驱动输出分组的产生，并构成用于自适应或差分方法的定时报文的产生基础。

注2-某些CES流也可以传输网络时钟，在IWF由网络时钟所有者处理的情况下，这些定时可以在网络时钟域内（通过PEC）处理。

在IWF属于不同运营商（向另一个运营商提供传输服务）的情况下，这些定时可以像其它TDM业务一样在业务域内（通过PSC）处理。

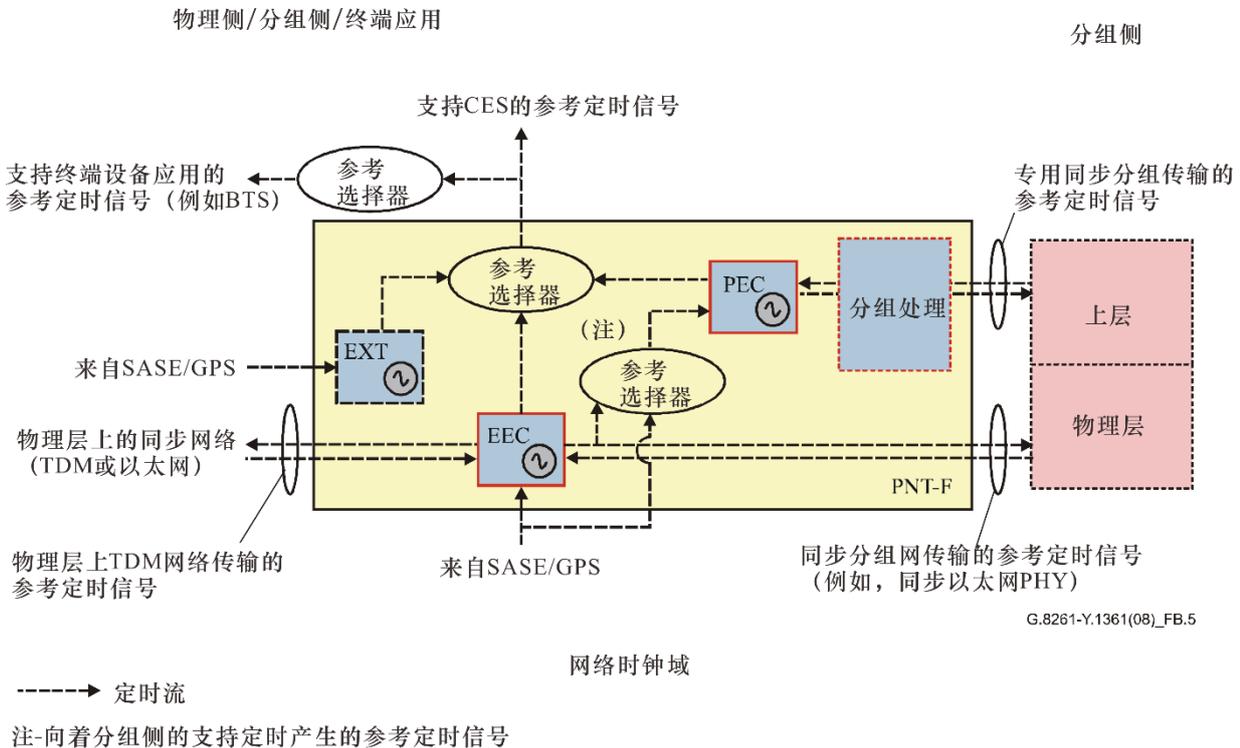
图 B.4 – CES IWF和 PNT IWF中的时钟

从同步的观点来看，主要需要TDM侧的CES IWF产生一个符合规定要求（例如抖动和漂移限值）的同步物理层，并按照适用的定时和抖动容限掩模恢复定时。

在CES IWF分组侧，同步功能涉及“用户数值”分组，例如，在分组-TDM方向上并且采用自适应方法时，可以通过一些基于分组到达间隔时间的过滤算法来恢复TDM定时（PSC-A负责此项功能）。

CES IWF中的模块“R”用于再生TDM定时：可以在环路定时功能的情况下将定时环回，并且该定时能够用于控制TDM到分组方向上的分组数据流（例如，产生差分法使用的定时报文）。实际上，模块“分组处理”负责支持差分法的定时报文的产生（为此，需要网络时钟和TDM定时），并且负责产生采用与TDM定时直接相关的速率的分组。（对所有的方法均适用）。

图B.5所示的是PNT-F中支持经分组网分发参考定时的模块（见第7节）。



G.8261-Y.1361(08)_FB.5

图 B.5 – PNT-F中的时钟

注 2 – 该图中并没有显示PNT内部模块之间的所有交互。

注 3 – 在定时只由TDM传输的情况下（例如，SDH），可以在PNT中实现不同的时钟。该时钟将以适合的建议书（例如，[ITU-T G.813]）为基础。

根据图B.5，规定了以下的PNT时钟（同步网络时钟）：

- **PEC**：要恢复的时钟，并且通过专用分组发送该网络定时。
- **EEC**：支持经同步以太网传输的定时的时钟（见[ITU-T G.8262]）。
- **EXT**：来自外部专用参考定时信号（例如SASE/GPS）的定时。

关于PEC的细节有待进一步研究。

PEC和EEC处理网络时钟，因此，每个网络一个频率。每台设备有一个时钟/频率，要求保持这些时钟。

PEC或许能够处理双向的分组（例如PTP、NTP）。

应注意到由于PSC-A和PEC都是基于自适应的方法，但可能适用不同的要求，因此它们可能会以相似的实现为基础。此外，虽然PSC-A只应该终止定时分发（它负责TDM业务定时恢复，更多地产生TDM流），但PEC原则上可以是同步分发链的一部分。

时钟EXT可能以其它相关的ITU-R建议书（例如，[ITU-T G.812]和 [ITU-T G.813]）为基础。

应注意到取决于网络应用，只有图B.4和B.5所示的其中一些功能（和只有其中一些模块）必须要在IWF内实现，例如，如果PNT内有其它的时钟实现（例如，EEC）则不需要时钟EXT：它们能够负责接收外部基准，并在系统内使用。

如图B.5所示，参考定时信号也可用于支持终端设备应用（例如，BTS）。

图B.4所示的输出参考定时信号也可经CES信号传送，所恢复的定时信号也可用作外部接口获得（例如，遵守[ITU-T G.703]）或者系统内部的定时信号（在这种情况下，IWF被集成到使用该定时基准的终端应用之中）。

附录IX提供了典型IWF应用的例子。

第B.3节描述了关于网络应用的例子。

注 4 – 除了IWF时钟以外，还有在分组网的其它网元中实现的时钟，一个典型的例子是以太网交换机中的EEC，该时钟是同步分发链的一部分。在这种情况下，该网元只实现了PNT功能，同步功能用适合的时钟代表（例如，EEC）。

一般来说，在没有CES功能并且两边的EEC均连接至相同类型的物理层（例如，同步以太网）的情况下，没有IWF。

B.3 网络例子

为了更好地理解图B.1和B.2中的模型，下图显示了一些网络的例子。

图B.6显示的是基于网络同步方法的TDM业务时钟恢复：在这个例子中，参考定时信号（网络时钟）从接入了PRC（例如，GPS）的PNT IWF分发到在分组网边缘的PNT/CES IWF（例如，通过同步以太网）。TDM业务定时来自该网络时钟（即，网络同步方法）。

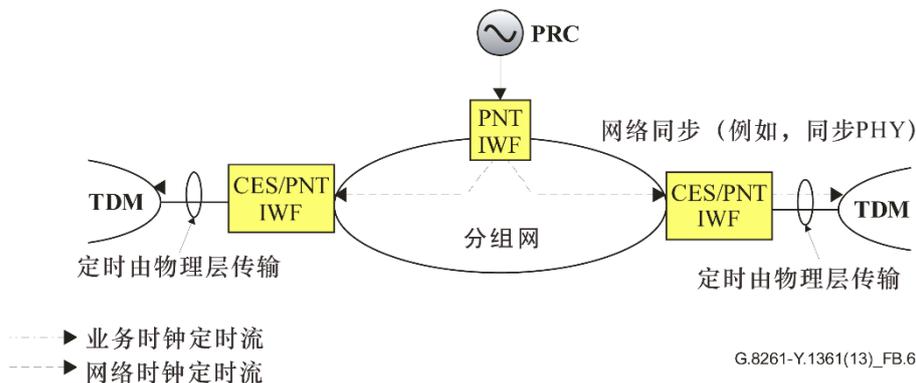


图 B.6 – 基于网络同步方法的定时恢复的例子

图B.6显示的是基于差分法的业务时钟恢复，PNT IWF将参考定时信号分发给将使用该信号实现差分法的CES/PNT IWF（从左边IWF到右边IWF的数据流表示通过定时报文来分发差分信息）。

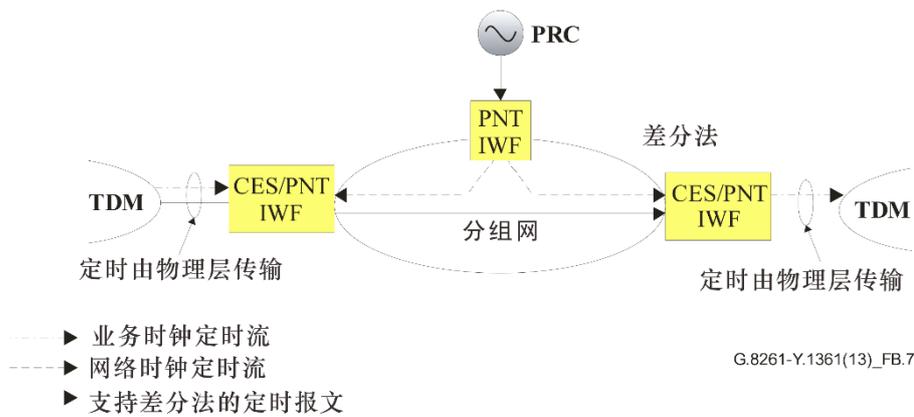


图 B.7 – 基于差分法的定时恢复的例子

图B.8显示的是采用自适应方法的业务时钟恢复的例子，在这种情况下，不需要参考定时信号（该图中事实上没有显示PNT IWF）。

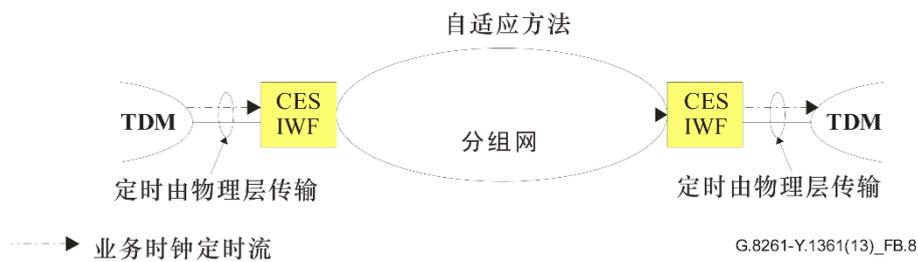


图 B.8 – 基于自适应方法的定时恢复的例子

最后，图B.9显示的是PNT IWF接入PRC（主参考时钟），该PNT IWF经过分组网向分组网边缘的PNT IWF传输参考定时信号（例如，通过同步以太网）。在这个例子中，右边的IWF PNT支持终端设备的定时要求，典型的例子是支持GSM BTS的定时要求（例如，无线接口上为50 ppb）。

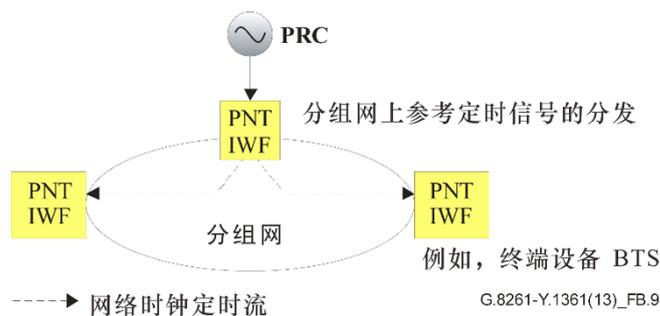


图 B.9 – IWF PNT之间的参考定时分发

附件C

IWF同步相关的要求

(本附件是本该建议书的组成部分。)

C.1 业务接口

以下要求取自现有的建议书（例如，[ITU-T G.823]/[ITU-T G.824]）

注 – 下节中提到的SDH接口只用于信息资料，原因是SDH信号经分组网的传输有待进一步研究。

C.1.1 物理的、电气的和光学的特性

E0 (64 kbit/s)、E11 (1544 kbit/s)、E12 (2048 kbit/s) 接口，所有的PDH接口，51'840 kbit/s (STM-0) 和ES1 (STM-1) 接口应遵守[ITU-T G.703]的要求。

STM-1、STM-4、STM-16接口的物理和光学特性应符合相关物理接口建议书如[ITU-T G.957]、[ITU-T G.691]、[ITU-T G.959.1]的要求。

C.1.2 抖动和漂移容限

以2048 kbit/s系列为基础的网络在E0、E12、E22、E31、E4业务接口上的输入抖动和漂移容限应符合[ITU-T G.823]第7.1节的要求。

以1544 kbit/s系列为基础的网络在E11、E21、32'064 kbit/s、E32、97'728 kbit/s业务接口上的输入抖动和漂移容限应符合[ITU-T G.824]第7.2节的要求。

基于SDH网络在STM-1e、STM-1、STM-4、STM-16业务接口上的输入抖动容限应符合[ITU-T G.825]第6.1.2节的要求。在51'840业务接口上的输入抖动容限应符合[ITU-T G.703]第16.3节的要求。

根据[ITU-T G.825]第6.1.1节，基于SDH网络在51'840 kbit/s、STM-1e、STM-1、STM-4、STM-16业务接口上的输入抖动容限应符合[ITU-T G.812]第9.1节和[ITU-T G.813]第8.1节的要求（只要适合，无论哪一个都行）。这些要求是针对同步接口（分别为SSU和SEC）而规定的，原因是STM-N业务接口被看作是同步接口。

测量方法定义见[ITU-T O.171] 和[ITU-T O.172]。

C.2 同步接口

以下要求取自现有的建议书（例如，[ITU-T G.703]）。

C.2.1 物理的和电气的特性

同步接口的物理和电气的特性应符合[ITU-T G.703]第13节的要求。

E12 (2048 kbit/s)同步接口的物理和电气的特性应符合[ITU-T G.703]第9节的要求。

E11 (1544 kbit/s)同步接口的物理和电气的特性应符合[ITU-T G.703]第5节的要求。

C.2.2 抖动和漂移容限

按照[ITU-T G.823]第7.2节，T12、E12同步接口上的输入抖动容限应符合[ITU-T G.812]第9.2节类型I关于SSU接口的要求，以及[ITU-T G.813]第8.2节选项1关于SEC接口的要求（只要适合，无论哪一个要求都行）。

按照[ITU-T G.824]第7.3节，E11同步接口上的输入抖动容限应符合[ITU-T G.812]第9.2节类型II关于SSU接口的要求，以及[ITU-T G.813]第8.2节选项2关于SEC接口的要求（只要适合，无论哪一个要求都行）。

按照[ITU-T G.823]第7.2节，T12、E12同步接口上的输入漂移容限应符合[ITU-T G.812]第9.1节类型I关于SSU接口的要求，以及[ITU-T G.813]第8.1节选项1关于SEC接口的要求（只要适合，无论哪一个要求都行）。

按照[ITU-T G.824]第7.3节，E11同步接口上的输入漂移容限应符合[ITU-T G.812]第9.1节类型II关于SSU接口的要求，以及[ITU-T G.813]第8.1节选项2关于SEC接口的要求（只要适合，无论哪一个要求都行）。

C.3 IWF同步功能

附件B提供了IWF同步功能的细节。

取决于要提供的服务，IWF应支持附件B中所描述的定时功能的一个适当子集。

至于图B.4中的CES IWF，建议在TDM Tx方向进行滑动控制，以便控制缓冲区的可能溢出/下溢，应采用 $n \times 125$ 毫秒帧来实现滑动。

当TDM发射机和/或接收机时钟处于保持或者可追溯至处于保持的时钟，并且采用同步时钟恢复技术（差分法或者网络同步运行），将会出现滑动（很可能不受控）。

当选择一个新的定时源时，输出漂移可能会暂时地超出输出漂移限值。然而，输出漂移在被称为“稳定期”的时期结束时必须要在输出漂移限值范围内，对稳定期的要求有待进一步研究；更多信息见附录II。

另一个与IWF有关的特性是等待时间。通常在网络级定义等待时间要求，规定端到端连接的总的等待时间。关于IWF对总的等待时间的贡献的要求有待进一步研究。

第9.1节规定了由CES段引入的总的噪声的技术要求，还规定了全部CES段的噪声传递特性，包括使TDM流适应分组网的IWF对。

附件D

ITU-T G.8262/Y.1362中规定的 网络应用和对时钟的要求

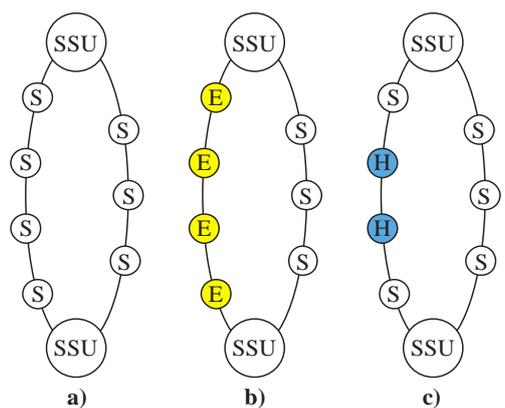
(本附件是本建议书的组成部分。)

符合[ITU-T G.803]的同步网络使用PRC、SSU和SEC。SEC常常是一个独立的设备。定时信息经SDH网元从PRC传送到SSU，从SSU传送到较低层次的SSU。为了弹性要使用两条或以上的路由。如图D.1-a所示。

随着在分组交换网络（PSN）中引入同步，支持同步以太网的分组交换NE必须能够传递定时信息，并与SDH NE互通（例如，包含SEC），包含EEC的分组交换网元必须能够在PRC和SSU之间提供同步线路，并向时间敏感应用提供同步。经由分组交换网的新定时链路必须与现有的SDH定时链路保持一致，以便实现与同步网络的互操作性。图D.1-b显示了两条同步链，一个由SDH网元构成（标有“S”的圆），另一个由使用同步以太网接口的分组交换网元构成（标有E的圆）。

[ITU-T G.8262]的附录I描述了混合NE。混合NE提供了两个具有相关SDH-VC交叉连接功能的STM-N接口，以及具有相关分组交换功能的同步以太网接口（ETY）。在同步链的任何位置均可能使用此类混合网元。例子如图D.1-c所示。上方的混合NE（标有H的圆）在入口使用STM-N接口，在出口使用ETY接口。下方的混合NE在入口使用ETY接口，在出口使用STM-N接口。定时分别从STM-N传送至ETY，从ETY传送至STM-N。

EEC的时钟特性可能支持构造定时分发链，该链与SEC链的性质相同（见图D.1-b）。



G.8261-Y.1361(13)_FD.1

图 D.1 – 采用不同类型NE实现的同步链

附录I

以太网交换机、以太网、路由器和接入技术的特性

(本附录不是本建议书的组成部分。)

I.1 以太网交换机和网络的特性

I.1.1 以太网交换机的延时特性

I.1.1.1 以太网交换机内部的功能操作

从“黑盒”的观点来看，以太网帧在典型的以太网交换机内部要经过四个功能操作，如图I.1所示：

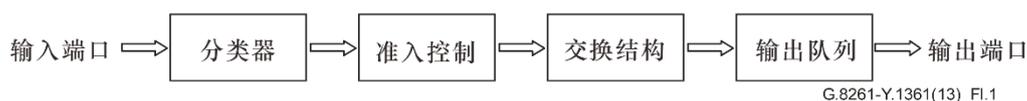


图 I.1 – 以太网交换机内部的典型功能

- 分类—确定帧属于哪一个数据流，确定输出端口和优先级。
- 准入控制—将流量管理应用于数据流（修正、成形、标记）。
- 交换—转发到适合的输出端口。
- 输出队列—等候输出端口的发送时隙，典型地，采用排队策略例如严格的优先级、加权公平排队（WFQ）或者循环法。

下面小节讨论了交换机内部各种功能的延时特性。

I.1.1.2 输入级延时

在大多数情况下，分类和准入控制阶段所需的时间应是大致固定的。然而，取决于交换机设计和交换机的通信负载，通过这些功能的延时可能会变化。例如，在某些交换机，分类和准入控制可能采用网络处理器上的软件实现。在全负载时，该软件也许不能够跟上要处理的帧数，因此延时可能会增加，可能会出现一些帧被丢下，此类现象也可能适用于某些基于硬件的设计。

图I.2显示的是输入级延时随交换机负载变化的简图。在低通信负载时，交换机能够处理经过它的帧数，而不增加延时。随着帧速率增加，尽管没有超过该交换机的总的处理能力，但瞬时帧速率可能会超过有效的处理速率。这将会导致帧被缓存、等候处理，遭受一些额外的延时。最后，在某些点上，平均输入帧速率可能会超过处理能力，导致延时进一步增加，并且在某些情况下，由于缺少缓存能力，帧会被丢弃。

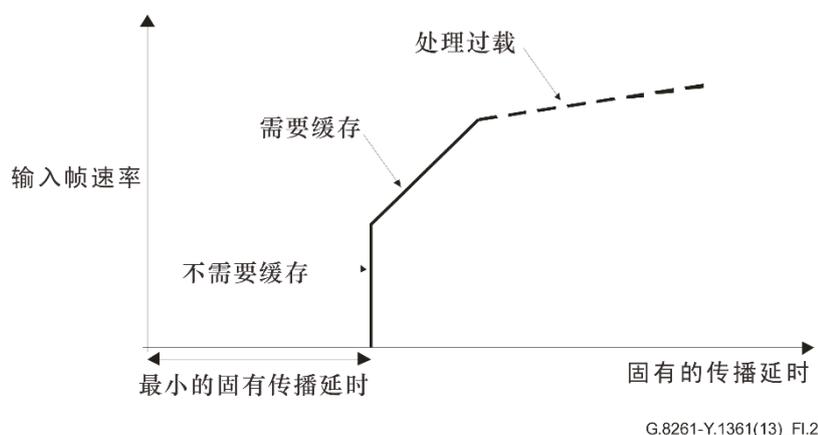


图 I.2 – 输入级延时随负载的变化

I.1.1.3 交换机结构延时

通过交换机结构本身的延时也取决于交换机架构和业务负载。例如，许多交换机运行调度算法，用于帧从输入端口到输出端口的交换。这可能会引起该帧延时的细小变化，这取决于它们相对于调度程序“tick”的到达时间。然而，在大多数情况下，由于调度程序工作的频率很高，这种延时的变化会很小。

在非常高的输入数据速率下，交换机结构自身将会过载，不能处理需要交换的全部业务量，这将会导致帧被丢弃。

I.1.1.4 输出队列延时

叠加到输出队列的总的延时将取决于所采取的排队策略，以及业务流的优先级。例如，高优先级的数据流（例如，可能用于分组定时数据流）连同严格的优先级策略可能会经历“线头阻塞”延时。即这样的情况，尽管某个帧有最高的优先级，但它在已经开始发送低优先级的帧之后到达输出端口，于是高优先级的帧不得不等待直到其它的帧已经完成发送。

图I.3显示的是一组高优先级的帧连同严格的优先级排队策略经历的延时分布。为了简便起见，该图假设帧通过其它其它交换机功能时经历近似固定不变的延时，这里称为“通过交换机的固有传播延时”，有一部分帧到在当时没有其它帧正在发送的时刻达输出队列，这些帧被立即发送，其余的帧不得不等待直到完成当前的传输。由于其它高优先级的分组也在队列里，还可能有另外的延时。

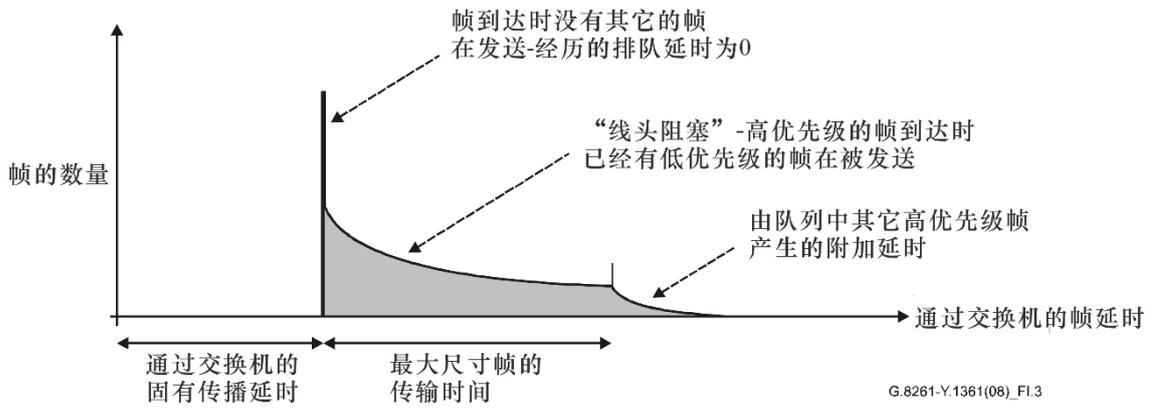


图 I.3 – 严格的优先级排队：线头阻塞

I.1.1.5 以太网交换机内的典型延时

基于第I.1节提供的模型，有可能提供一个简化的关于以太网交换机产生延时的模型，确定两个主要组成部分。

第一类组成部分与分类、准入控制和交换操作有关；第二类组成部分与输出队列和传输有关。

于是，第一类延时主要与交换机的处理能力有关，而第二类延时则取决于输出线路的比特速率（例如1 Gbit/s）和实施的排队策略/优先级。

假如以太网设计没有采用其处理能力是瓶颈的以太网交换机，则可以认为处理能力对延时的贡献应低于10毫秒的数值（事实上，在1 Gbit/s的链路上，输出队列中1500字节的分组要花费12毫秒的时间），此外，处理过载或处理缓存不应该是一个问题（见图I.2）。

对于第二种类型的延时，这些可以按照附录V中提供的模型进行计算。

简化的模型如图I.4所示。

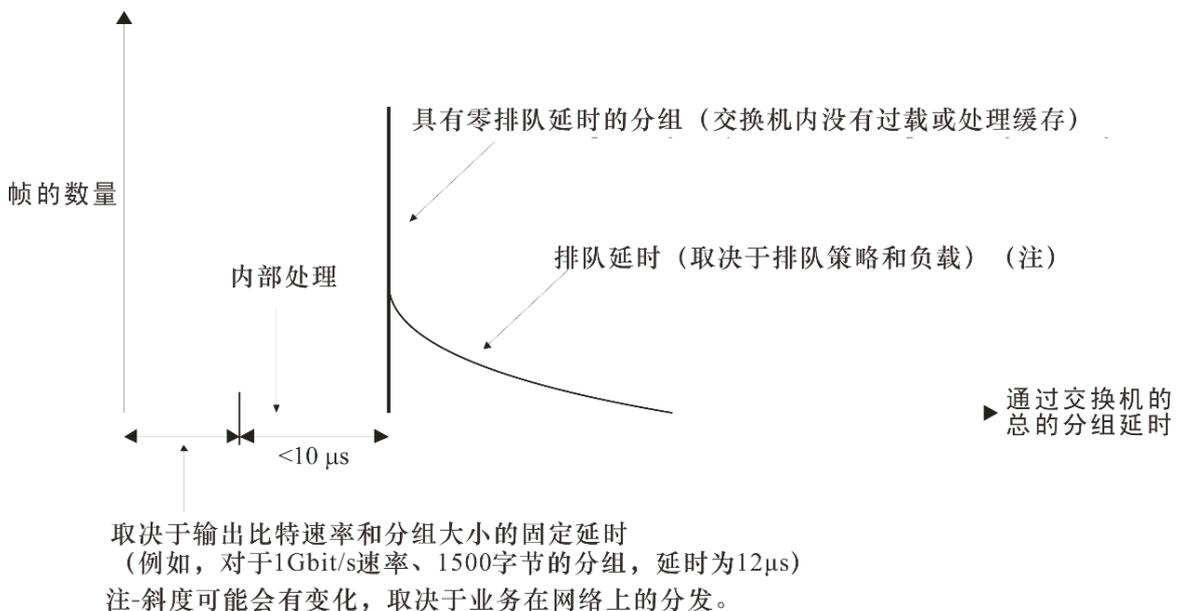


图 I.4 – 简化的以太网交换机内延时模型

参看图I.4，应注意到排队过程也可能会影响延时分布的形状。

I.1.2 交换以太网的特性

I.1.2.1 以太网的拓扑

尽管有很多不同的可能的网络拓扑，对于考虑一个特殊的通过网络的数据流来说，它可用一个以太网交换机链来模拟，如图I.5所示。在该链的每台交换机中，由于第I.1节描述的机制，以太网帧有可能会被延迟，该延时会受到通过该交换机的其它业务流的影响，指向相同输出端口的业务将会影响输出排队延时，而所有流经该交换机的业务之和（包括流向其它端口的业务）将会影响处理和交换机结构延时。

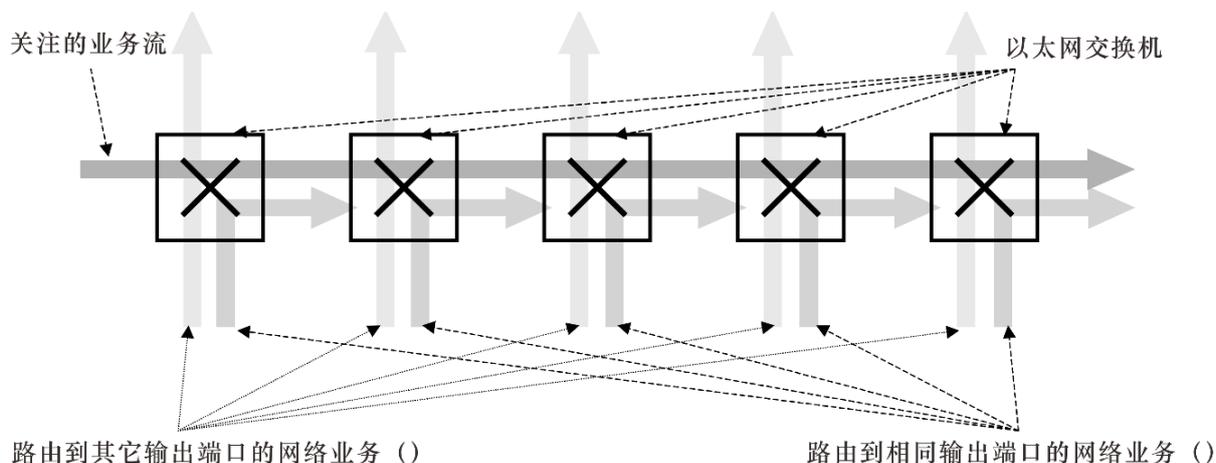


图 I.5 –以太网内部的数据流

链的长度影响系统的总的延时；显然，交换机越多，总的延时越大，延时变化也越大。然而，在许多以太网中，链的长度可能很短。例如，在一个分层网络中，可能通常只有两级或三级的分层，产生一条长度为5个交换机的链。

在许多实例中，可能会采用环形拓扑。典型地，可能包含大约10个交换机，绕环的最大“距离”是5个交换机，有时候可能会使用互连的环，这会使得“距离”加倍、为大约10个交换机。

I.1.2.2 业务类型和量级

除了固定比特速率和实时业务以外，大多数网络业务本质上是非常突然的，已经注意到在能够关注到的几乎所有的量级上，都能观测到业务变化。例如，由于传输控制协议（TCP）窗口大小的打开和关闭，有非常低量级的突发，由于应用的性质（例如，下载大文件）可能会有较高量级的突发，同时由于时间（例如，白天比晚上，活动程度更高）仍然可能有较高量级的突发。

当考虑一个TDM传输数据流的延时性能时，必须要考虑网络中其它数据流的影响。例如图I.5中，每个网络业务流可能会发生某种形式的变化，而无其它数据流无关。

[b-ITU-T G.1020]建议将4状态马尔可夫模型用于分组丢失分发的建模。类似的技术可以用于各个数据流中的突发长度，从而实现突发或突发组的建模。长期变化（例如，每日的变化）可以当作突发密度的逐步变化来应用。

I.1.2.3 以太网中的破坏事件

有多种类型的“破坏事件”，可能引起以太网中延时的突然变化，最终的延时变化可能是永久的或暂时的，这些破坏事件包括：

- 路由选择变化，引起延时的永久阶跃变化
- 暂时的网络过载，引起明显但暂时的延时变化
- 暂时的业务丢失，导致一段时段内所有的分组均丢失。

I.2 路由器的延时特性

本节描述了路由器的延时特性，与以前小节中描述的以太网交换机的延时特性有相似之处。

为了确定路由器中延时的可能来源，描述定时分组在经网络节点传输时所使用的路径是有用的。

网络节点一般可以采用三个主要段来建模：

- 1) 入口段：对应于定时分组可能在该网络节点中使用的、从入物理端口到该节点转发引擎入口的所有功能。
- 2) 转发段：与网络节点的转发引擎相对应。
- 3) 出口段：对应于定时分组可能在该网络节点中使用的、从该节点转发引擎出口到出物理端口的所有功能。

下图所示的是这三个主要段：

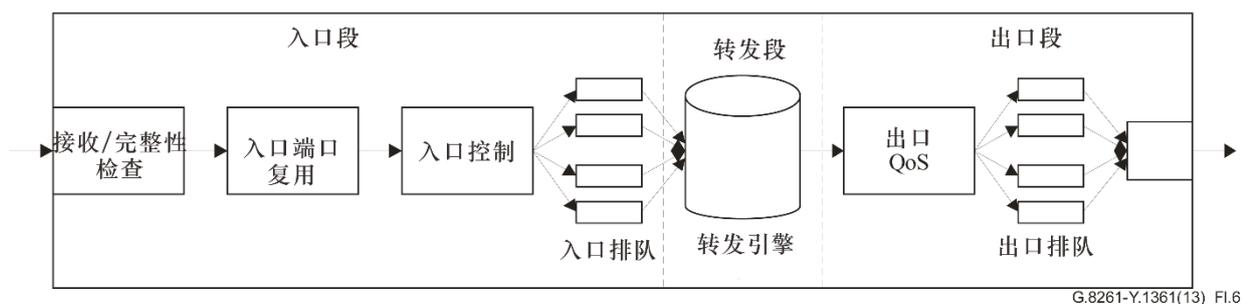


图 I.6 – 路由器三个主要段示意图

描述这三段中每一段特征的模型有待进一步研究。

I.3 接入技术（微波节点、PON、DSL）的延时特性

接入技术（微波节点、PON、DSL）的延时特性有待进一步研究。

附录 II

稳定期

(本附录不是本建议书的组成部分。)

稳定期是一个在启动阶段（为了快速地安装设备）或者两个定时基准切换期间可能很重要的参数。在设备已经长时间（例如，数小时）运行于保持模式的情况下，当选择一个新的时钟基准时，相位误差主要是由处于保持模式的时钟的频率误差产生的。

当采用自适应方法时，对稳定期的要求可能取决于分组网中的实际相位噪声。事实上，分组网中较大的分组延时变化可能需要在时钟能够锁定到定时基准之前有一段较长的时间。

内部振荡器的过滤实现和特性也很重要，实际上，取决于保持特性（[ITU-T G.812] 类型 II 对比类型 III），当从一个基准切换到第二个基准时，能够接受更长的时间，因为良好的保持能够实现更长的锁定期（主要要求是限制基准切换期间总的相位误差）。

关于稳定期的要求正在研究。

对于附录 VI 中详述的试验，建议自适应方法至少需要 900 s 的稳定期，原因是为了正确地描述网络中分组延时变体的统计信息，可能会需要足够长的试验周期。

附录 III

关于基于分组方法的考虑事项

(本附录不是本建议书的组成部分。)

在某些应用中，需要恢复参考定时信号，该信号遵守用[ITU-T G.823] 和[ITU-T G.824]掩模表示的漂移要求。在特定的情况下，这些网络限值在基于分组方法在适当设计的分组网中（例如，网络能够按照模型A中出现的网络建模，见附录V）可达到的性能范围之内。怎样构建一个适当设计的分组网当前正在研究，也可参见第12.2.2节。

对于移动回程传输，基于分组的方法用于同步BTS/Node_B将取决于主要由BTS/Node_B嵌入式功能所决定的复杂问题的数量。

要考虑以下方面：

- 1) BTS/Node_B中振荡器的稳定性；
- 2) 与BTS/Node_B的物理层接口（例如，TDM或以太网）；
- 3) BTS/Node_B输出端的容限技术要求（对于TDM接口，由第三代合作伙伴项目（3GPP）用[ITU-T G.823]/[ITU-T G.824]业务接口掩模规定）。

对于1)点，当频率准确度是唯一的关注时，只要能够设计更长的过滤周期，一个稳定的振荡器就能够放宽对网络中分组延时变化的要求。应注意到稳定的振荡器通常是在基站实现的，原因是无线接口需要短期的稳定性以及保持要求。这个领域有待进一步研究（例如，在振荡器已上电之后达到特定要求的时间）

附录 IV

应用和使用案例

(本附录不是本建议书的组成部分。)

IV.1 背景

本附录的目的是提供一些与三个使用案例类型有关的说明性信息，对支持使用案例的传输网络由PDH/SDH变为以太网的情况给予了专门的考虑。

有三种主要的也重要的同步类型，每种特殊的应用可能有不同的需求，有必要确保传输网络能够提供该功能或者网络运营商必须提供备用的方法。这三种同步类型是：

- 1) 频率同步
- 2) 相位同步
- 3) 时间同步。

频率同步与以频率计的时钟对准有关，也被认为是同步的过程。[ITU-T G.8260]规定了相位同步和时间同步，对于某些应用，频率同步可能就足够了；对于其它应用，可能需要频率和时间/相位的组合。对于某些应用，可以指定时间/定时源，对于其它应用，源可能是一组（主）时钟的其中之一。

关于相位和时间同步概况的补充细节见[ITU-T G.8271]。

这里考虑了三种使用案例类型：

- 1) 无线
- 2) 基础设施
- 3) 媒体网关。

IV.2 无线

IV.2.1 应用

在这个通常的使用案例类型内，有多个重要的应用。其中一些只需要频率信息，另外的应用需要时间信息，其它应用需要相位信息。从定时的观点来看，应用是将适当的定时信息传递到基站（例如，节点B）。

IV.2.2 例子

IV.2.2.1 GSM基站（频率同步）

适用于GSM无线接口的定时要求见[b-ETSI TS 145 010]，GSM基站的无线接口要求是频率准确度为 ± 50 ppb，在微微基站的情况下，准确度可以放宽到 ± 100 ppb。对该要求的需要主要源自要支持移动终端在基站之间的切换。应注意到相关的要求文献没有直接提及（线缆）网络接口。然而在TDM网络的情况下，对输入信号的同步要求通常表示为[ITU-T G.823] 和 [ITU-T G.824]中提出的漂移掩模，以及到PRC源的可追溯性。

应注意到对于GSM无线接入网，没有严格的与限制滑动率有关的频率准确度要求，事实上，在这些情况下，单一用户的数据存储在相对较大的缓冲区内（从10到30 ms）并且假设频率准确度为50 ppb，长时间（与经典的交换网元相比要长很多，经典的交换网元处理数据的时间非常短、一般为125 μ s）之后该数据将会丢失（缓冲区为空或满）。

IV.2.2.2 UMTS FDD基站（频率同步）

适用于WCDMA频分复用（FDD）无线接口的定时要求见[b-ETSI TS 125 104]。

通用移动通信系统（UMTS）FDD基站的无线接口要求是频率准确度为 ± 50 ppb；对于FDD模式，没有相位对准要求。

对于GSM网络，没有如此严格的与限制滑动率有关的频率准确度要求，原因是采用较大的缓冲区来存储单个用户的数据。

IV.2.2.3 UMTS TDD 基站（频率和相位同步）

适用于WCDMA时分复用（TDD）无线接口的定时要求见[b-ETSI TS 125 105]。

UMTS TDD基站的无线接口要求是频率准确度为 ± 50 ppb；对于TDD模式，对相邻基站相位对准的附加要求是在2.5 μ s内。

对于GSM网络，没有如此严格的与限制滑动率有关的频率准确度要求，原因是采用较大的缓冲区来存储单个用户的数据。

IV.2.2.4 3GPP2 CDMA2000基站（频率和时间同步）

相关的CDMA2000标准为[b-3GPP2 C.S0010-B] 和 [b-3GPP2 C.S0002-C]。

根据CDMA2000规范，实际CDMA发射载波频率和规定的CDMA发射频率指配之间的平均频率差应小于 ± 50 ppb。

在CDMA2000规范中，还规定了每个基站应使用与CDMA系统时间对准的时基参考，CDMA系统时间与UTC时间同步（除了闰秒以外），并且使用相同的时间源如GPS时间。所有的基站使用相同的系统时间（在一个较小的误差容限内）。对于所有的基站，导频时间对准误差应小于3 μ s，不会超过10 μ s。

由于上述要求，通常的做法是给CDMA基站安装GPS接收机。

IV.2.2.5 TD-SCDMA基站（频率和相位同步）

适用于TD-SCDMA无线接口的定时要求见[b-3GPP TR 25.836]。

对TD-SCDMA基站的无线接口要求是频率准确度为 ± 50 ppb；对于相邻基站的相位对准，附加的要求是在3 μ s内（于是通过比较相邻基站之间相位来测量该要求）。

由于上述要求，通常的做法是给TD-SCDMA基站安装GPS接收机。

IV.2.3 备注

前面小节中列出的要求适用于无线接口。当时间或频率基准经该网络传输时，则适用于其它的要求。这些要求取决于一些因素例如无线基站振荡器特性、无线基站的过滤能力等。例如，在无线接口50 ppb频率准确度要求已经满足的情况下，为了参考定时信号的传输，可能需要明显优于50 ppb的长期频率准确度。有时已经提到了数值16 ppb（[ITU-T G.812]类型II频率准确度）。

通常，从长期来看，可以允许参考定时信号漂移 n ppb，只要足够地低于最大允许偏差（即 n ppb \ll 50 ppb \ll 100 ppb或者 \ll 250 ppb，针对于不同的情况）。这将产生一个容限MTIE掩模，其中短期限值由[ITU-T G.823]和[ITU-T G.824]业务掩模确定，长期限值由 n ppb线确定（其中， n 应低于无线接口的适用要求）。

注 – 已经报告了有基站对于短期漂移的容忍未达到[ITU-T G.823]和[ITU-T G.824]业务掩模的规定的情况。

类似地，在应将准确的时间和/相位分发到无线基站的情况下，分配给网络的预算可能比无线接口要达到的、由无线标准规定的要求小得多。这些方面有待进一步研究。

在某些情况下，例如GSM基站的情况，部署这样的设备，该设备运行并且能够从到（有线）网络的业务接口获得其定时需要，例如PDH或SDH。如果PDH/SDH链路用以太网或同步以太网链路代替，仍要满足该基站的需要。

对于PDH/SDH链路，相位/时间的分发不是通用的，准确的相位和时间通常要经过GPS分发。取决于准确度要求和网络状况，基于时间戳的方法（见第7.2节）也可能适用。在某些实现中，采用了双向协议。

IV.3 基础设施

在这个使用案例类型内有多个应用，包括IP数字用户线路接入复用器（IP DSLAM）、模块化电缆调制解调器终端系统（M-CMTS）、光线路终端（OLT）等，该领域有待进一步研究。

IV.4 媒体网关

有待进一步研究。

附录 V

分组网参考模型

(本附录不是本建议书的组成部分。)

已经用于描述分组网在分组延时变化方面特性的分组网参考模型如图V.1和V.2所示：图V.1中的模型A与具有非常严格延时和延时变化要求的应用有关，图V.2中的模型B指的是具有较低分组延时变化要求的情况。

这些模型没有描述必须如何设计分组网，这些模型的目的仅仅是提供对典型分组网特性的一般认识。

V.1 以太网模型

对于以太网的情况，已经定义了以下模型（图V.1和V.2）。

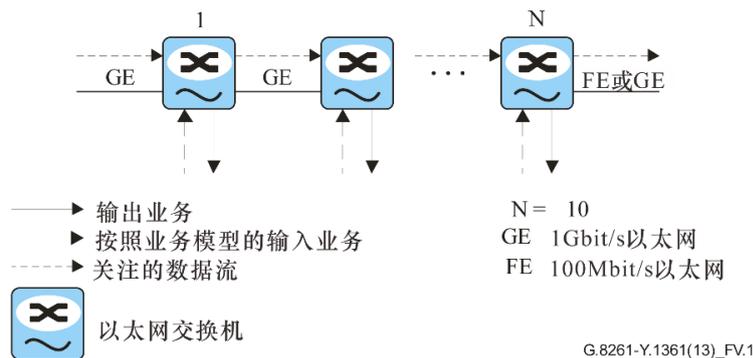


图 V.1 – 分组网参考模型A（交换以太网）

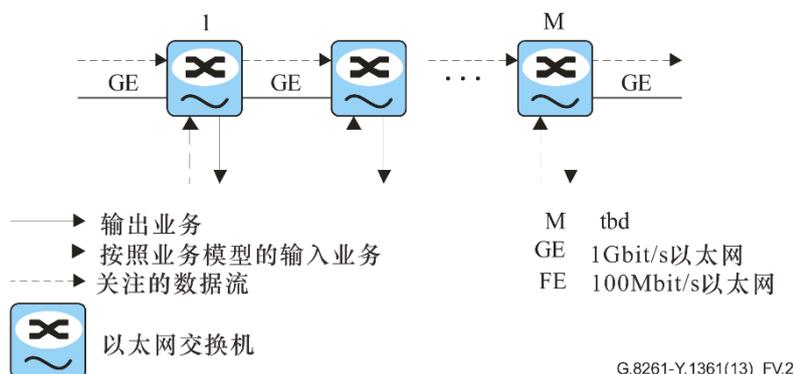


图 V.2 – 分组网参考模型B（交换以太网）

注 1 – 对于图V.2中的以太网交换机（“M”）数量，共同的一致意见是20为一个合理的数字，这必须得到确认。

注 2 – 可以在新模型中考虑10 Gbit/s链路。

已经考虑了以下情况：

- 情况1：交换以太网，尽量过量地提供（单个队列）；
- 情况2：交换以太网，符合[IEEE 802.1Q]、[b-IEEE 802.1p]的服务质量（至少两个队列，其中一个专用队列用于处理实时数据和WFQ规程）；

- 情况3: 交换以太网, 符合[IEEE 802.1Q]、 [b-IEEE 802.1p]的服务质量 (一个队列专门处理用于定时恢复的数据, 例如, 时间戳);

注 3 – 为了了解图V.1和V.2中模型的适用性, 一个简单的方法是规定两类主要的网络情况: 骨干网, 也能用于在接入网中传输业务 (例如, 租用带宽), 一个专用的接入网。模型B (图V.2) 可以是主要适用于第一类分组网 (骨干网) 的参考模型, 而模型A (图V.1) 可以是主要适用于接入网 (例如, 无线接入网) 的参考模型。

查阅第9节中描述的模型, 意味着通常 (大多数情况下) 案例1和案例3中的CE岛可以用分组网参考模型B来描述, 而案例2中的CE岛可以用分组网参考模型A来描述。第三种案例是当带宽被运营商租用, 用于连接通过以太网交换机连接的两个端点 (例如, 在1 Gbit/s传输之上100 Mbit/s的保证带宽)。在这种情况下, 也可以使用本附录中的模型。客户和以太网运营商之间有了适当的服务水平协定 (SLA) 后, 中间节点的介入业务可以认为是低优先级的业务。在这种情况下, SLA能够确保带宽并提高优先级, 举例来说, 由于这两者都将是特级SLA的关键要素, 蜂窝网络运营商需要从他们的以太网提供商那儿获得它们。这可以被看作是情况2和情况3之间的一种具有业务处理特性的情况, 对于预期的结果, 当租借分组网的带宽时, 如果与情况1和2对比, 通常能够获得更好的性能。

以下条件被认为是描述分组网特性的基础:

- 通信负载: 60%静态;
- 包速率: 每秒10个数据包;
- 观测区间: 60分钟;
- 业务模型: 符合附录VI;
- 分组长度: 90个八位字节。

相对于上面列举的条件, 也可考虑2 Mbit/s信号的特性, 即载荷为256个八位字节、分组速率为1000 p/s的分组。

基于上述模型, 下列参数描述了分组网在不同情况下的典型特性:

表V.1 – 相关网络模型的参数

网络模型		平均延时 (μs)	最小延时 + 门限(注) (x%) (μs)
模型A	情况1	1400	800 + 1700 (95%) 800 + 800 (50%) 800 + 20 (10%) 800 + 1 (1%)
	情况2	有待进一步研究	有待进一步研究
	情况3	有待进一步研究	有待进一步研究
模型B	情况1	有待进一步研究	有待进一步研究
	情况2	有待进一步研究	有待进一步研究
	情况3	有待进一步研究	有待进一步研究
注 – 该数值是x% 的分组（参考值为95%、50%、10%和1%）的最大延时变化。			

注 4 – 该数值仅以配置100 Mbit/s链路为基础，提供了一个保守的情况，尤其是对于具有较大延时变化的分组。为了确认和完成这个表格，需要更多的工作。

附录VI还提供了在非静态或故障条件下测试网络所需要的测试用例的细节。

为了测试不同的应用并提高过滤算法的性能（这与自适应方法有关，或者更为普遍的，当经过分组传输同步时），可能要采用不同的分组速率。

V.2 其它网络模型

基于本节提供的考虑事项，能够定义其它的网络模型。

特别地，本节强调了可能支持电路仿真业务的复合网络，表明各种各样的网络设计可能会给定时传输、性能和试验情况引入新的变化。

注 1 – TDM伪线（TDM PW）术语在其它上下文中用于描述经分组网传输TDM，在本节中将用作处理CES问题的不同方式。

特别地，这里提供的网络情况表明：

- TDM PW可能经过由唯一传输技术（以太网、IP或MPLS）构成的唯一域；
- TDM PW可能经过由不同传输技术构成的唯一域；
- TDM PW可能经过由唯一的或不同传输技术构成的不同域；
- 跨不同域或者传输技术的TDM PW可能意味着更改IWF分组层（例如，IP到MPLS）。

对于使用自适应时钟恢复模型的TDM PW，设备、策略（例如，QoS）和传输方式的差异可能会影响所恢复定时的质量。

本节给出的例子是最普通的、预期会部署的情况，然而，这些例子没有试图涵盖所有可能的情况，例如当使用通信工程隧道（叠加MPLS标签或[b-IEEE 802.1ah]）或分层（通用成帧规程（GFP）、T-MPLS）的时候。

部署的网络由不同的技术构成，例如，考虑到TDM PW，两个IWF之间的TDM业务装置可能经过多个传输技术和网络域。

下面提供了一些例子。

在入口，可能是一个仅由以太网交换机组成的以太网，如图V.3所示。

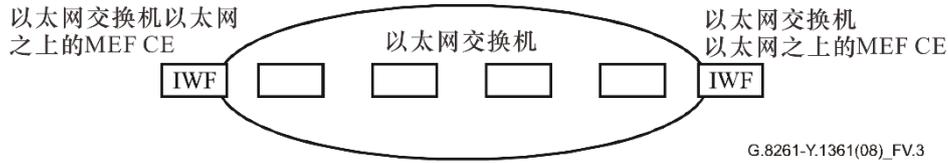


图 V.3 – 只有以太网交换机的网络

注 2 – 本图所示的情况可以用图V.1和V.2显示的参考模型来模拟。

也可能是一个在PE（提供者边缘）拥有P设备和IWF的MPLS网络，如图V.4所示。

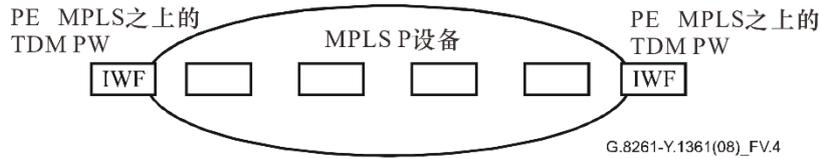


图 V.4 – 只有MPLS PE/P的网络

还可能是拥有IP路由器以及路由器中的IWF的IP网络，如图V.5所示。

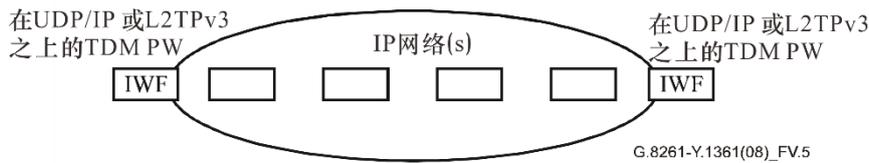


图 V.5 – 只有IP路由器的网络

注 3 – 如图V.4和V.5所示的网络在该情况下分组延时变化方面的特性（除了使用基于软件的转发器的时候以外）可以以来自图V.1和V.2所示模型的结果为基础。

然而，当前的网络通常更为复杂；他们可能包含不同的传输技术，即便在一个域或运营商内。TDM PW也可能跨不同的域。

下面给了五个例子。

- 1) 跨第三方MPLS载波的TDM MPLS PW（图V.6）

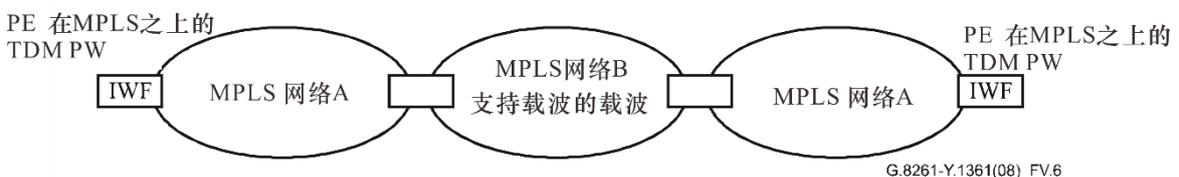


图 V.6 – 在MPLS网络之上的MPLS网络

2) 终止于不同载波IWF设备的TDM MPLS PW (图V.7)

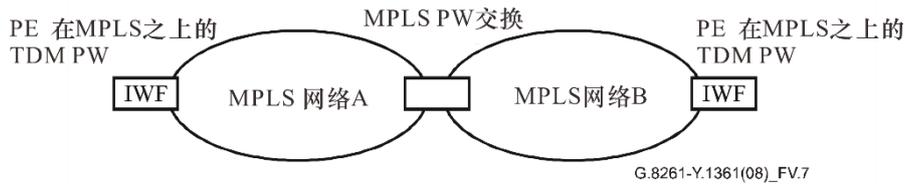


图 V.7 – 跨不同的MPLS网络或域

注 4 – 这样的情况也可以描述如图V.8所示的传输层变化，此时，TDM PW从MPLS迁移到IP。在这种情况下，TDM分组封装有效载荷不会改变；只改变PSN层。

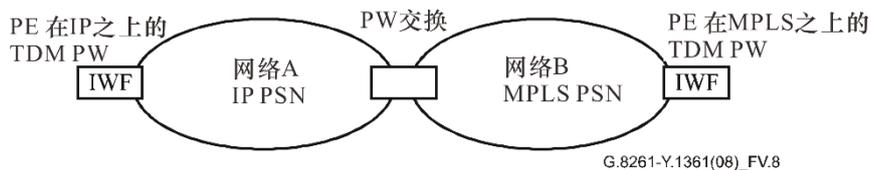


图 V.8 – 交换PSN层

注 5 – 可能会不得不在两个域或运营商之间的互连点恢复TDM流，这是因为之前的情况不可能出现（不同的TDM PW封装），或者因为运营商不同意该互连的方式（可能涉及交换节点的位置或者管理，封装或者控制平面），如图V.9所示。

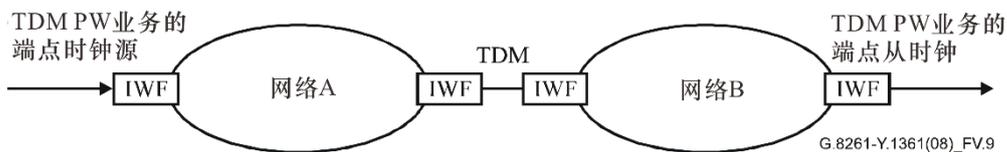


图 V.9 – 没有PW交换功能跨不同运营商网络

3) 使用MPLS网络、可选地使用L3VPN业务的TDM IP PW (图V.10)

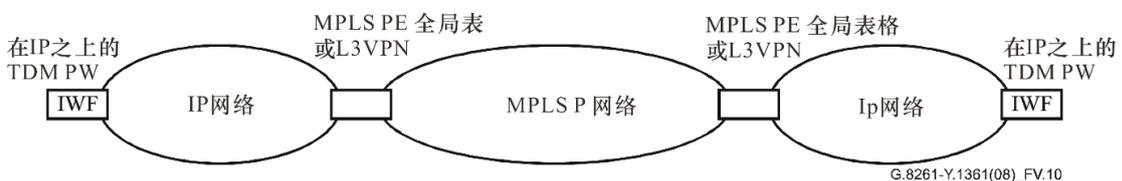


图 V.10 – 在MPLS网络之上的IP

4) 利用MPLS网络用于传输的TDM 以太网PW (图V.11)

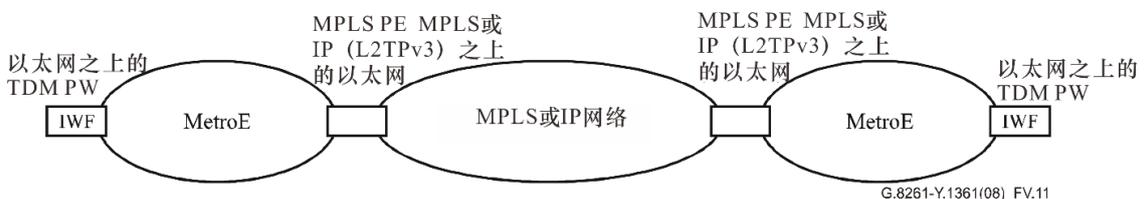


图 V.11 – 在MPLS或IP网络之上的以太网

5) 使用MPLS网络之上以太网PW业务的TDM IP PW（图V.12）。

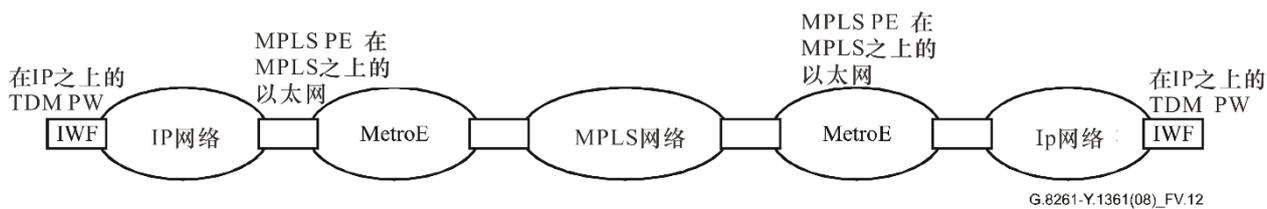


图 V.12 – 在MPLS网络上以太网之上的IP

这种复合网的一些关键方面包括：

- 网络设备将具有不同的特性；
- 跨不同域时网络策略（例如QoS）可能会不同；
- 定时体系结构可能会不同。

附录VI

基于分组方法的测量准则

(本附录不是本建议书的组成部分。)

本附录中的准则想要有助于获得用于建立基准测试结果的性能特性。

当进行性能比较时，考虑到被比较系统的配置应尽可能地相似很重要。

本附录提供的测试用例的结果不能确保复杂网络情况下的该设备在一定范围的复杂和变化的负载条件下将会按照预期运行。

尽管本附录中的测试用例提供了关于基于以太网电路仿真技术的有用指导，但仍强烈推荐模拟部署概况的复杂网络情况评估。

VI.1 测量基准点

图VI.1和VI.2提供了测量基准点（差分时钟恢复方法）。本节这两个图提供了最为相关的试验情况的其中两个，另外的情况可能会在本建议书将来的版本中予以确定。

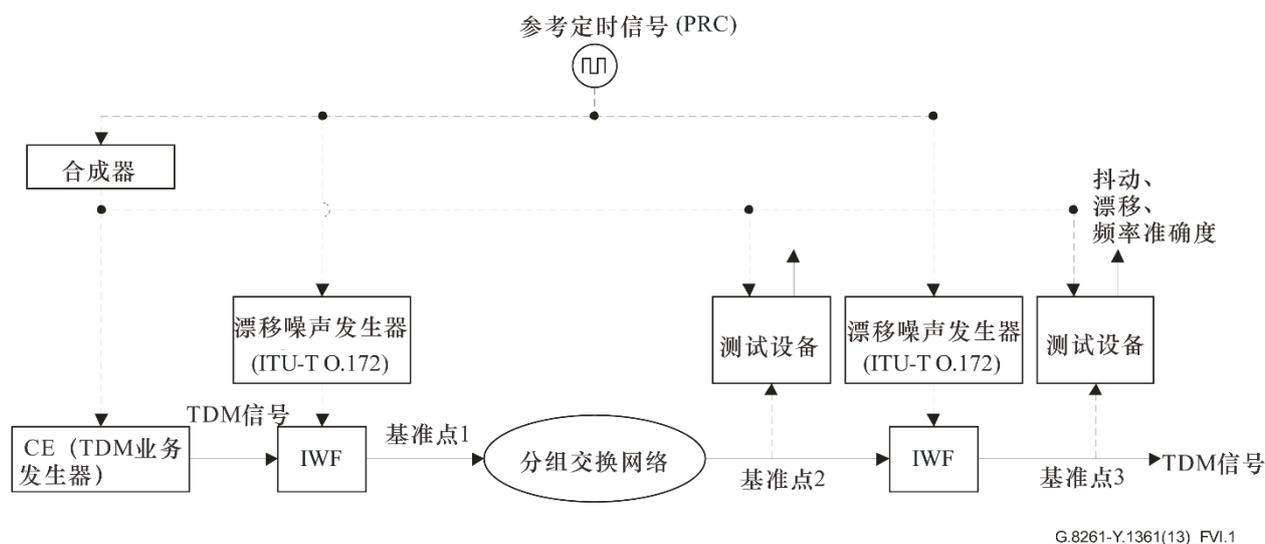
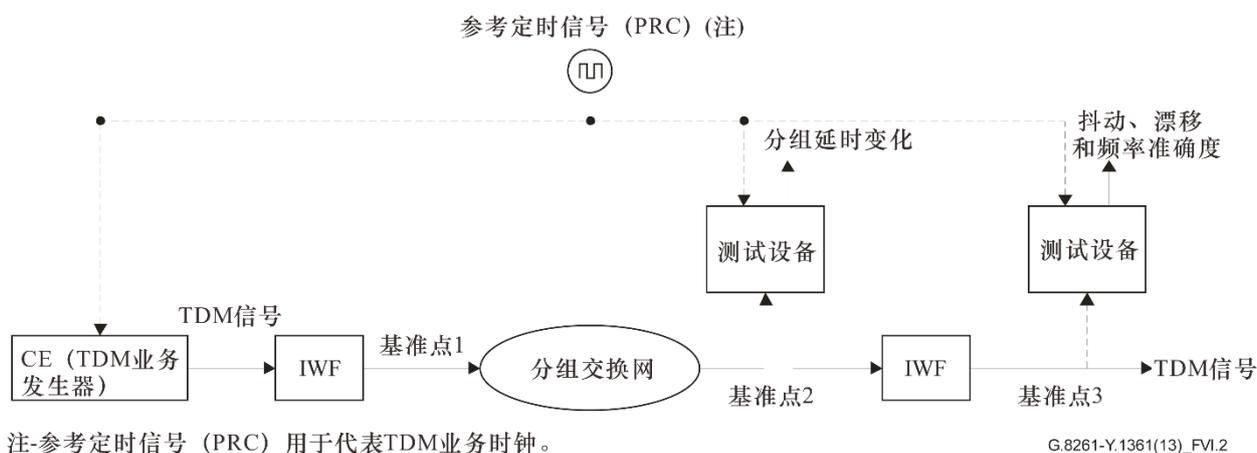


图 VI.1 – 差分时钟恢复方法中的测量基准点



注-参考定时信号 (PRC) 用于代表TDM业务时钟。

图 VI.2 – 自适应时钟恢复方法中的测量基准点

注 1 – 插入图VI.1中的“漂移噪声发生器”是为了模拟同步网络产生的噪声（按照[ITU-T O.172]的规定）。漂移噪声发生器的输出应符合[ITU-T G.824]和 [ITU-T G.823]规定的同步接口。

注 2 – 为了改变异步TDM信号的频率，需要图VI.1中的合成器（在[ITU-T G.703]限值范围内）。

注 3 – 本附录包含了一组试验，用于评估在不同种类网络拓扑、业务特性和减损下的时钟恢复性能。然而，这里规定的试验不是没有遗漏的，不能涵盖由分组网产生的所有可能的减损。将来可能会规定更多的试验，例如：

- 存在链路聚集时的时钟恢复，例如[IEEE 802.1ad]；
- 存在QoS时的时钟恢复；
- 存在流量控制时的时钟恢复，例如[b-IEEE 802.3x]暂停帧。

注 4 – [ITU-T G.823]的附录II提供了异步信号的测量方法。

VI.2 输入业务特征

为了能够说明网络内不同的业务类型，定义了两种扰动业务模型，见第 VI.2.1 节和和 VI.2.2 节的描述。

网络业务流模型 1 拟用于模拟接入网中的业务，其中大多数业务是话音。网络业务流模型 2 拟用于模拟其中大多数业务是数据的网络上业务。

注意到 CES 业务不是扰动业务。

注 1 – 当开展测试时，必须提供关于业务如何注入的细节，细节应涵盖诸如怎样混合业务、哪个以太网交换机正在接收业务、CBR流的分组速率等方面，举例来说，关于怎样混合分组的细节，可采用下面的方法：

- 不同分组大小分布将以随机的方式出现，其概率分别为0.8、0.15 和0.05，随机生成过程将是 以一些最小周期为223-1个帧的伪随机二进制序列（PRBS）为基础的、完全相同的独立分布（不相关）。

最大尺寸的分组将会出现在持续时间为0.1 s到3 s之间的突发中。对于每个突发事件，突发长度将使用0.1 s到3 s之间的相同独立均匀分布随机发生器随机地选取。

注1A – 已经提出了在以下网络业务模型中业务突发如何产生的不同解释，试验结果可能取决于已被采用的特定解释。

注 2 – 业务能被串行（注入到以太网交换机的一个端口上）或并行（注入到以太网交换机的多个端口上）注入，通常会预期出现不同的情况。然而，对于串行和并行情况，当具有最小延时的分组的统计数字不会明显地受到负载状况的影响时，在分组网输出端已经观测到分组延时变化的相似的统计特性。以下是可能影响最小延时分组统计数字的一些方面：

- 交换机内部排队策略
- 链上交换机的数量
- 静态对比非静态负载。

在某些测试用例中（例如案例2、3、13和14），业务插入到分组交换网中可能会导致定时分组所传输的定时信息的极低频变化，在这种情况下，为了衰减、过滤或者抑制这种低频的影响，CES从时钟、PSC-A或者PEC-S可能需要低频过滤能力。

VI.2.1 网络业务流模型1

按照3GPP，接入业务包含会话式（语音）、数据流（音频-视频）、交互的（例如，http）和后台（sms、电子邮件）。众所周知在无线网络中，80%到90%的业务是通话，平均呼叫持续时间从1分钟到2分钟。为了能对这种业务建模，80%的负载应基于固定小尺寸、固定比特率的分组，而20%的负载则基于中等尺寸分组和最大尺寸分组的混合。

分组大小分布为：

- 80%的负荷必须是最小尺寸的分组（64个八位字节）；
- 15%的负荷必须是最大尺寸的分组（1518个八位字节）；
- 5%的负荷必须是中等尺寸的分组（576个八位字节）。

最大尺寸的分组将出现在持续时间为0.1 s到3 s之间的突发中。

VI.2.2 网络业务流模型2

与网络业务流模型1相比，更大的分组构成了处理更多数据业务的网络。为了能对这种业务建模，60%的负载必须基于最大尺寸的分组，40%的负载则基于最小尺寸分组和中等尺寸分组的混合。

分组大小分布为：

- 60%的负载必须是最大尺寸的分组（1518个八位字节）；
- 30%的负荷必须是最小尺寸的分组（64个八位字节）；
- 10%的负荷必须是中等尺寸的分组（576个八位字节）。

最大尺寸的分组将出现在持续时间为0.1 s到3 s之间的突发中。

注 – 业务模型1基于无线接入网的典型业务特性，而无线接入网是以第一代移动技术（例如GSM、WCDMA 3GPP版本到Rel. 4）为基础，然而，有些情况是，为了优化在业务高峰时间的带宽使用，去往/来自具有以太网接口的基站的分组能被捆成较大尺寸的分组，从而导致业务特性与业务模型2的业务特性有关。在这种情况下，业务模型特性可能会随时间改变。

VI.3 自适应方法的试验拓扑

这里描述的试验拓扑包括可适用于本建议书的同步方法的测试方法。

在受控的环境（即，不是在实地）下已经对这些试验作了规定。

注 – 本节中提供的测试用例用于CES域的试验，当采用自适应时钟方法时，也可采取相同的方法开展PNT域的试验。为此，可能需要对测试用例装置作一些修改，这有待进一步研究。

VI.3.1 基线试验

基线试验拓扑如图VI.3所示。

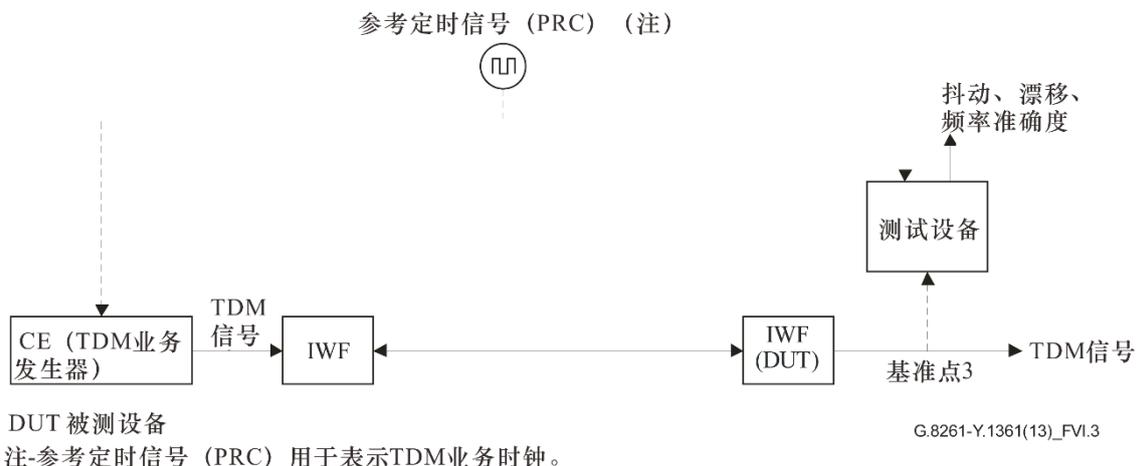


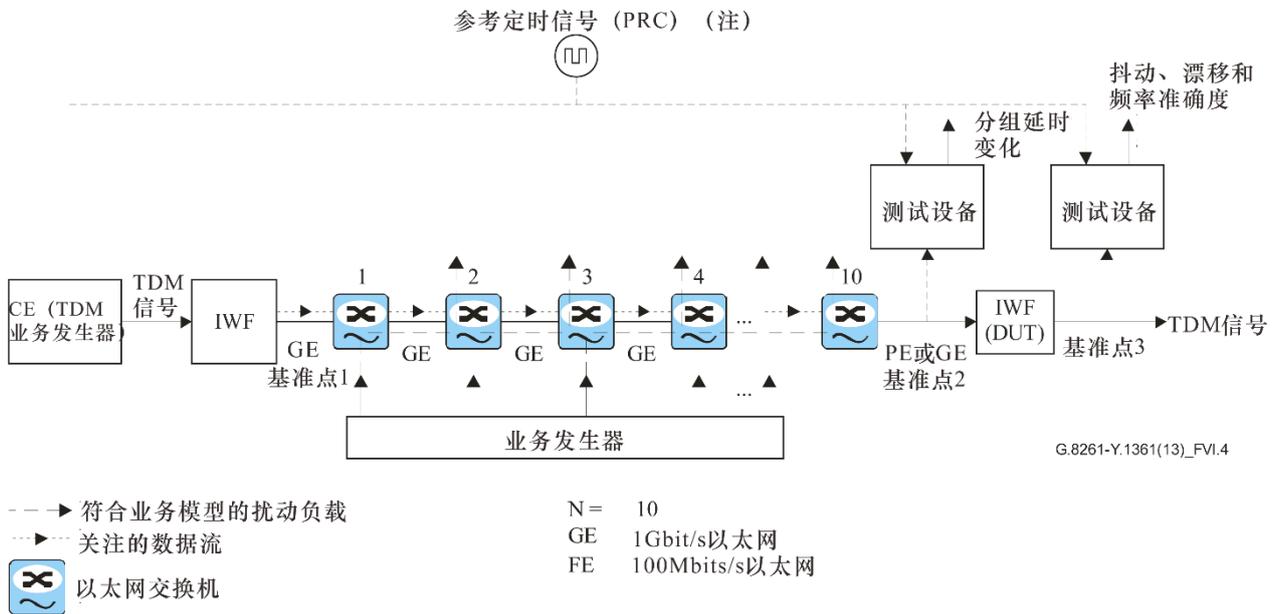
图 VI.3 – 基线试验拓扑

应在以下条件下进行基线试验：

- 无分组负载
- 试验测量
 - 测量TIE、MTIE和MRTIE（按照[ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]的描述）
 - 测量频率准确度（频率准确度测量积分时间数值取决于相关的终端设备）
 - 性能应满足第9节规定的对于相关情况的网络限值。

VI.3.2 性能试验

性能试验相当于附录V中的模型A，由10个吉比特以太网交换机或者9个吉以太网（GE）交换机和1个快速以太网（FE）交换机组成。试验拓扑如图VI.4所示。



注-参考定时信号 (PRC) 用于表示TDM业务时钟。

图 VI.4 – 性能试验拓扑

如图VI.5所示的特定的试验拓扑需要执行关于业务集中形成瓶颈的测试用例，这种配置会产生差拍效应（见图20和21）。

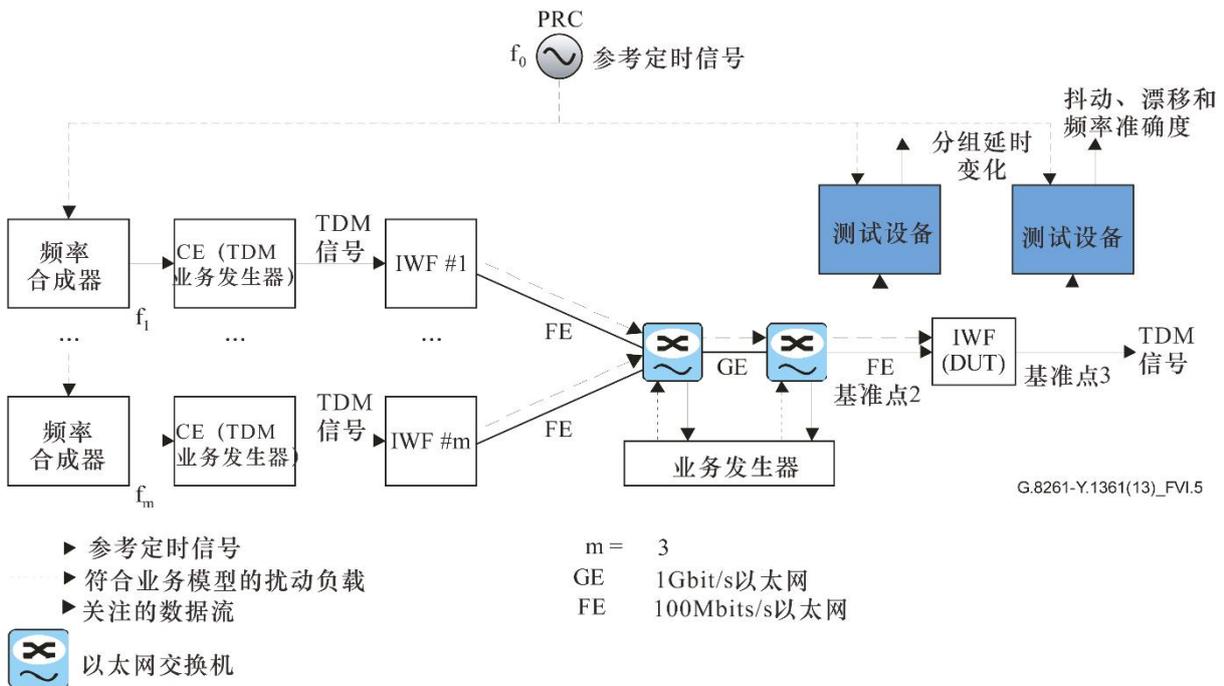


图 VI.5 – 性能试验拓扑

必须要在可能引起同步失败或者超出技术要求的破坏情况下，测试被测设备 (DUT) 的工作稳定性。运用本节中描述的测试用例测试在负载变化、网络变化和丢包情况下的DUT。

对于本节中描述的各个测试用例，应完成以下测量：

- 测量TIE、MTIE和MRTIE（按照[ITU-T G.823]和[ITU-T G.824]的描述）；
- 测量频率准确度（频率准确度测量积分时间的数值取决于相关的终端设备）；
- 测量分组延时变化；
- 性能应满足第9节中规定的对于相关情况的网络限值。

注1 – 该试验装置见图VI.4的描述，提供了通向通用试验情况的起点。

然而，为了获得一个比较简便实现的试验环境，并且为了消除采用不同技术的以太网交换机得到不同结果的风险，用一个新的试验装置代替图VI.4中规定的技术要求的提议正在讨论之中，其中取代了以太网交换机和业务发生器，可以通过一个试验设备以延时变化分布作为输入产生延时变化。

该延时变化分布可表示为持续时间为15分钟、60分钟和24小时的延时变化“测试向量”（测试序列），该延时变化表示应使用适当的定时分辨率。

测试序列将基于采用图VI.4所描述的试验拓扑进行测试的结果为基础。

注2 – 除了本节中描述的测试用例以外，也可以考虑确定性的测试用例，这有待进一步研究。

VI.3.2.1 测试用例 1

测试用例1模拟“静态”网络负载。测试用例1必须使用以下网络条件：

- 网络扰动负载为80%、持续1个小时，试验测量应在时钟恢复处于稳定状态之后开始，附录II提供了关于稳定期的准则。加载到网络的扰动后台业务必须使用第VI.2.2节规定的网络业务模型2。

VI.3.2.2 测试用例 2

测试用例2模拟了网络负载突然的大且持续的变化，它验证在网络状况突然较大变化下的稳定性，以及有低频PDV情况下的漂移特性。

测试用例2必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 按照附录II，在测量之前允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。
- 网络扰动负载从80%开始，持续1小时，降到20%、持续1小时，增大回到80%、持续1小时，降回到20%、持续1小时，增大回到80%、持续1小时，降回到20%、持续1小时（见图VI.6）。

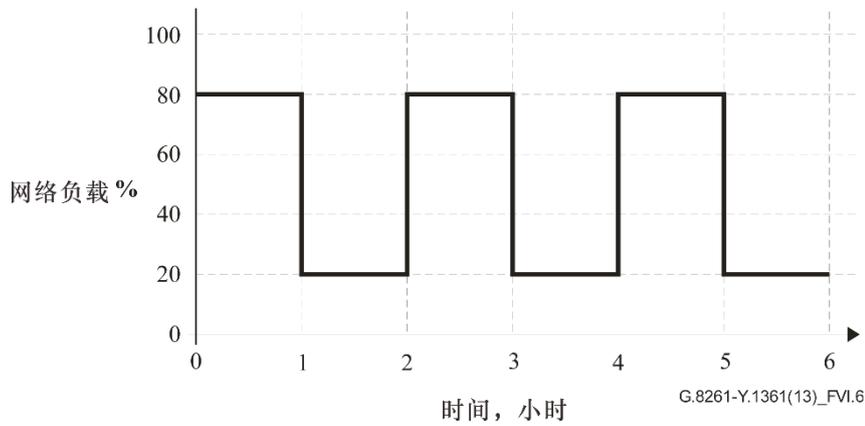


图 VI.6 – 突然网络扰动负载调制

- 采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

VI.3.2.3 测试用例 3

测试用例3模拟的是网络负载在一个极长的时间量程内的缓慢变化，验证网络状况非常缓慢变化时的稳定性，以及有极低频率PDV的情况下的漂移特性。

测试用例 3必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 在测量之前稳定，按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。
- 网络扰动负载从20%平滑变化到80%，经过24小时后返回20%（见图VI.7）。

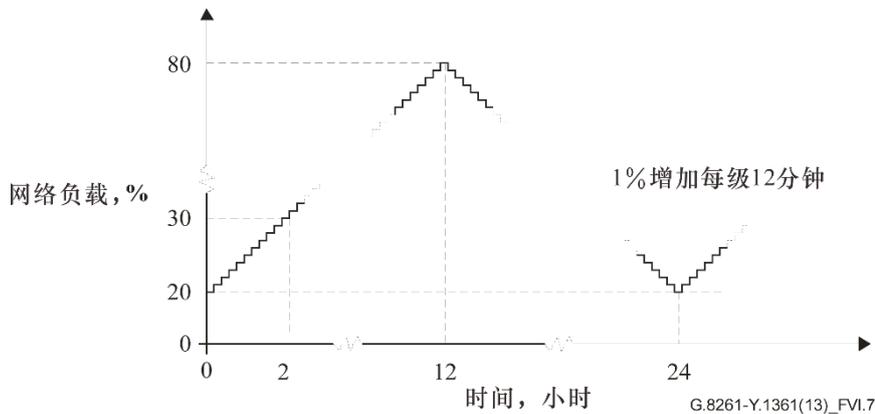


图 VI.7 – 缓慢网络负载调制

- 采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验

VI.3.2.4 测试用例 4

测试用例4模拟的是变化时间量的瞬时网络停止和恢复，验证经受网络停止并重新恢复的能力，应注意到1000s中断期间的MTIE在很大程度上取决于本地振荡器的质量，不应作为时钟恢复过程质量的指示。

测试用例 4必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 网络扰动负载从40%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，断开网络连接10s，然后恢复，按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。采用100s的网络中断重复上述操作。
- 采用第VI.2.2节中规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

VI.3.2.5 测试用例 5

测试用例5模拟了变化时间量的瞬时网络拥塞和恢复，验证了承受分组网中瞬时拥塞的能力。

测试用例5必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 网络扰动负载从40%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，增加网络扰动负载到100%（包括严重的延时和丢包）持续10s，然后恢复，按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。采用100s的拥塞期重复上述操作。
- 采用第VI.2.2节中规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

VI.3.2.6 测试用例 6

测试用例6模拟的是由于网络故障引起的路由选择变化。

测试用例6必须使用下列网络条件：

- 改变DUT之间交换机的数量，引起分组网延时的阶跃变化。
 - 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
 - 网络扰动负载从40%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，业务会重新选择路由，旁路掉在通信路径上的一台交换机，这可以通过增加一条从位置“n”交换机到位置“n+2”的交换机的电缆、更新图VI.4中的试验装置，并且使用一个光纤卷轴或者增加一个能够模拟不同电缆长度（典型的例子是能够模拟10 μs和200 μs）的衰减盒来实现。该配置使得被测的业务流从位置“n”的交换机经过一条新的链路直接选择路由到位置“n+2”的交换机。
 在断开从交换机“n”到交换机“n+2”的电缆之后（这样，被测的业务于是会从位置“n”的交换机选择路由到位置“n+1”的交换机），按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程，然后重新连接该断开的链路，从而恢复原来路径上的业务。
 - 网络扰动负载从40%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，业务会重新选择路由，旁路掉在通信路径上的三台交换机，这可以通过增加一条从位置“n”交换机到位置“n+4”的交换机的电缆、更新图VI.4中的试验装置，并且使用一个光纤卷轴或者增加一个能够模拟不同电缆长度（典型的例子是能够模拟10 μs和200 μs）的衰减盒来实现。该配置使得被测的业务流从位置“n”的交换机经过一条新的链路直接选择路由到位置“n+4”的交换机。

断开从交换机“n”到交换机“n+4”之间的电缆（这样，被测的业务于是会从位置“n”的交换机选择路由到位置“n+1”的交换机），按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程，然后重新连接该断开的链路，从而恢复原来路径上的业务。

- 采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

VI.3.2.7 测试用例7

测试用例7模拟了通信与不同频率的TDM集中在一起产生的差拍效应，特别地，该测试用例涉及与2048 Mbit/s 或1544 Mbit/s比特流相关的CES TDM流。试验装置如图VI.5所示，该试验装置必须使用以下网络条件：

- 网络扰动负载为60%，持续整个试验周期。试验测量应在时钟恢复过程处理稳定状态之后开始。附录II提供了关于稳定期的指导。加载到网络的扰动后台业务必须采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2。

- 应用以下具有频率合成器的频率以测试异步业务情况：

$$f_1 = f_0$$

$$f_2 = f_0 + 1 \text{ ppm}$$

$$f_3 = f_0 - 50 \text{ ppm (2048 kbit/s信号) 或 } f_0 - 32 \text{ ppm (1544 kbit/s 信号)}$$

- 在右边IWF的输出端（基准点3），选择IWF #0发送的TDM输出信号用于测量可适用的抖动和漂移限值，选择IWF #3发送的TDM输出信号用于测量异步业务时钟。

- 采用下面的频率再一次开展测试，以测试与异步业务混合的、处于保持状态的时钟：

$$f_1 = f_0$$

$$f_2 = f_0 + 16 \text{ ppb}$$

$$f_3 = f_0 - 50 \text{ ppm (2048 kbit/s 信号) 或 } f_0 - 32 \text{ ppm (1544 kbit/s信号)}$$

注1 – 分组大小必须与所有的CES分组数据流相同。

注2 – 相同的测试情况也能够用于测试不同的CES TDM比特流（例如，DS3 CES）。

注3 – 基于该测试用例的其它测试用例（例如，频率偏差随时间移动情况下的非静态测试）有待进一步研究。

VI.3.2.8 测试用例8

测试用例8模拟的是分组网中与拓扑相关的机制，该机制对分组的延迟能够超出仅从通信量考虑的预期（见第10.1.2.6节）。

第VI.3.2节图VI.4给出了试验网络，具有以下变化：只有一个“扰动业务”源（注入到交换机1），穿过整个网络，从一个用于时间敏感业务的单独端口离开交换机10。

- 测试用例A部分
该测试用例与测试用例3（第VI.3.2.3节）类似，测试在有第10.1.2.6节所描述的阻塞效应的情况下业务负载的递增和递减，为了验证对于这种特殊影响的恢复能力，并不认为有必要采用同样的极低频率，从而像测试用例3一样进行长时间的测试。
采用网络业务模型2，从0%的扰动业务负载开始。按照附录II，允许有一个初始的稳定期，然后按照每分钟增加1%增加业务负载直到50%，按1%量减少负载再次回到0%。
- 测试用例B部分
该测试用例与测试用例2类似（第VI.3.2.2节），测试了在出现第10.1.2.6节描述的阻塞效应的情况下业务负载的突然增加和减少。
采用网络业务模型2，从0%的扰动业务负载开始。按照附录II，允许有一个初始的稳定期，然后增加业务负载到50%、持续1个小时，重复三次。

VI.4 差分法的试验拓扑

该试验拓扑如图VI.8所示。

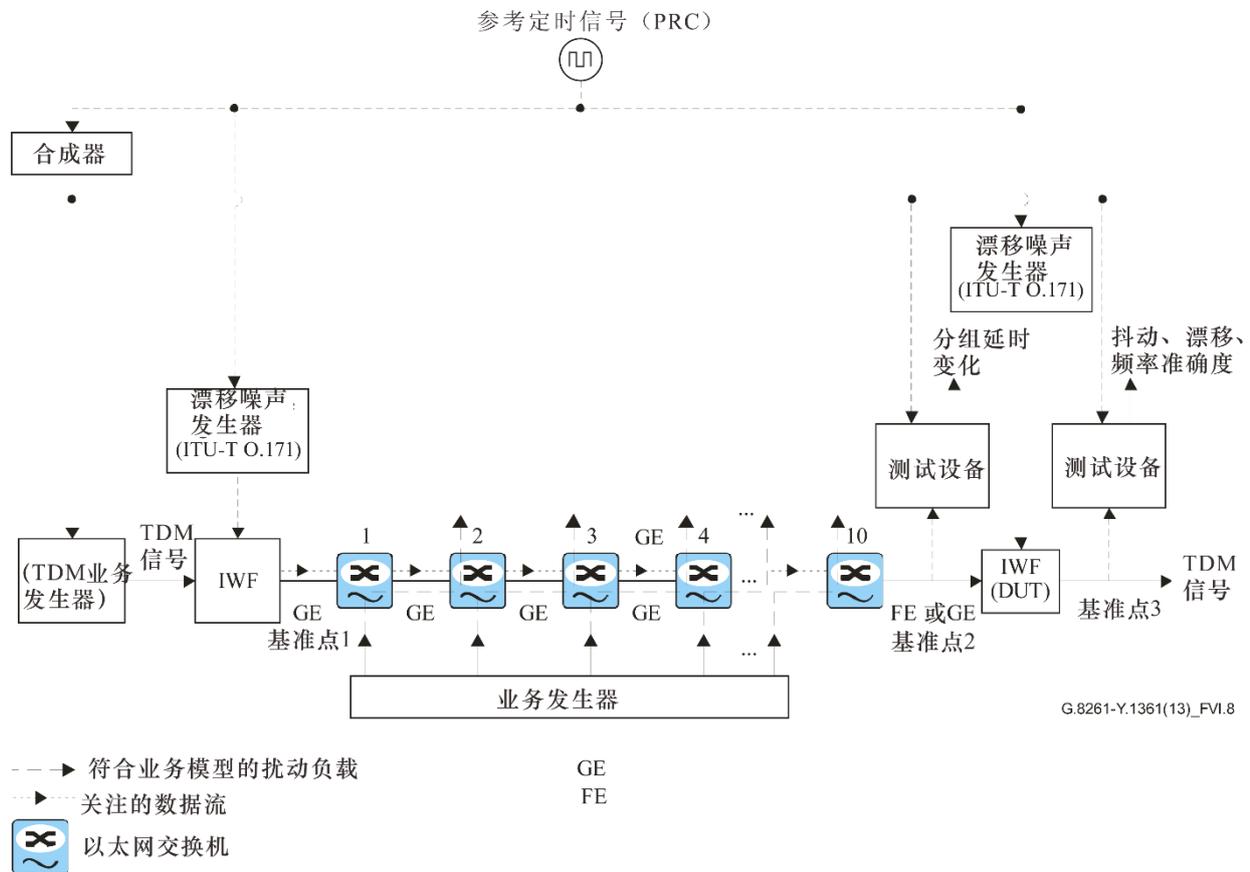


图 VI.8 – 用于差分时钟恢复方法的性能试验拓扑

注 – 对于所有的测试用例，合成器引入的、距离PRC的频率偏移应为+ (或 -) 50 ppm (2048 kbit/s)和 + (或 -) 32 ppm (1544 kbit/s)。

VI.4.1 测试用例9

测试用例9模拟的是“静态”分组负载下差分时钟恢复方法的性能。测试用例9必须使用以下网络条件：

- 网络扰动负载为80%、持续1小时。应在时钟恢复处于稳定状态之后才开始试验测量。附录II提供了关于稳定期的指导。加载到网络的扰动后台负载必须使用第VI.2.2节规定的网络业务流模型2。

VI.4.2 测试用例10

测试用例10将噪声叠加到进入IWF的参考定时信号，模拟了差分时钟恢复方法的性能，用于模拟同步网络产生的噪声（按照[ITU-T O.172]的规定）。

测试用例10必须使用以下网络条件：

- 按照[ITU-T O.172]的附件C注入漂移噪声来模拟由同步网络产生的漂移噪声，漂移噪声的实际数据取决于应用（例如，E1、DS1），可适用的漂移噪声掩模有待进一步研究。
- 网络扰动负载为80%、持续1个小时，假设时钟恢复处于稳定状况。按照附录II，允许有一个稳定期，用于在开展测量之前稳定时钟恢复过程。加载到网络的分组必须采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2。

VI.4.3 测试用例 11

测试用例11采用可变时间量的暂时网络拥塞和恢复，模拟了差分时钟恢复方法的性能，验证了承受分组网中瞬时拥塞的能力。

测试用例11必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 网络扰动负载从40%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，增加网络扰动负载到100%（包括严重的延时和丢包）持续10s，然后恢复，按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。采用100s的拥塞期重复上述操作。

注 – 对于差分法，下列测试用例已经被确定为有关联：保持（参考定时信号丢失）；不同的QoS情况，这些有待进一步研究。

VI.5 双向协议测试

这里描述的测试拓扑包括适用于本建议书的测试双向同步方法（例如，时间分发协议）的方法。

在受控环境（即不是在实地）下已经规定了这些试验。

VI.5.1 基线试验

基线试验拓扑如图VI.9所示。

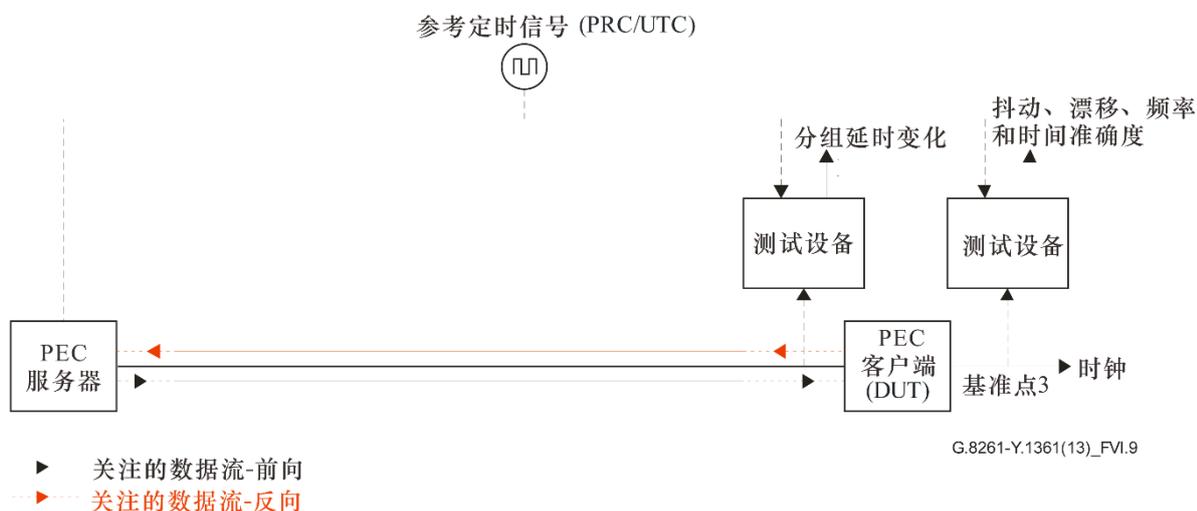


图 VI.9 – 基线试验拓扑

基线试验应在以下条件下进行：

- 没有分组负载；
- 试验测量：
 - 测量TIE、MTIE和MRTIE（按照 [ITU-T G.823]和 [ITU-T G.824]的描述）；
 - 测量频率准确度（频率准确度测量积分时间数值取决于相关的终端设备）
 - 测量峰峰TOD准确度；
 - 性能应该符合第9节规定的针对相关情况的网络限值。

VI.5.2 性能测试

性能试验相当于附录V中的模型A，由10个GE交换机或9个GE交换机和1个FE交换机组成。试验拓扑如图VI.10所示。

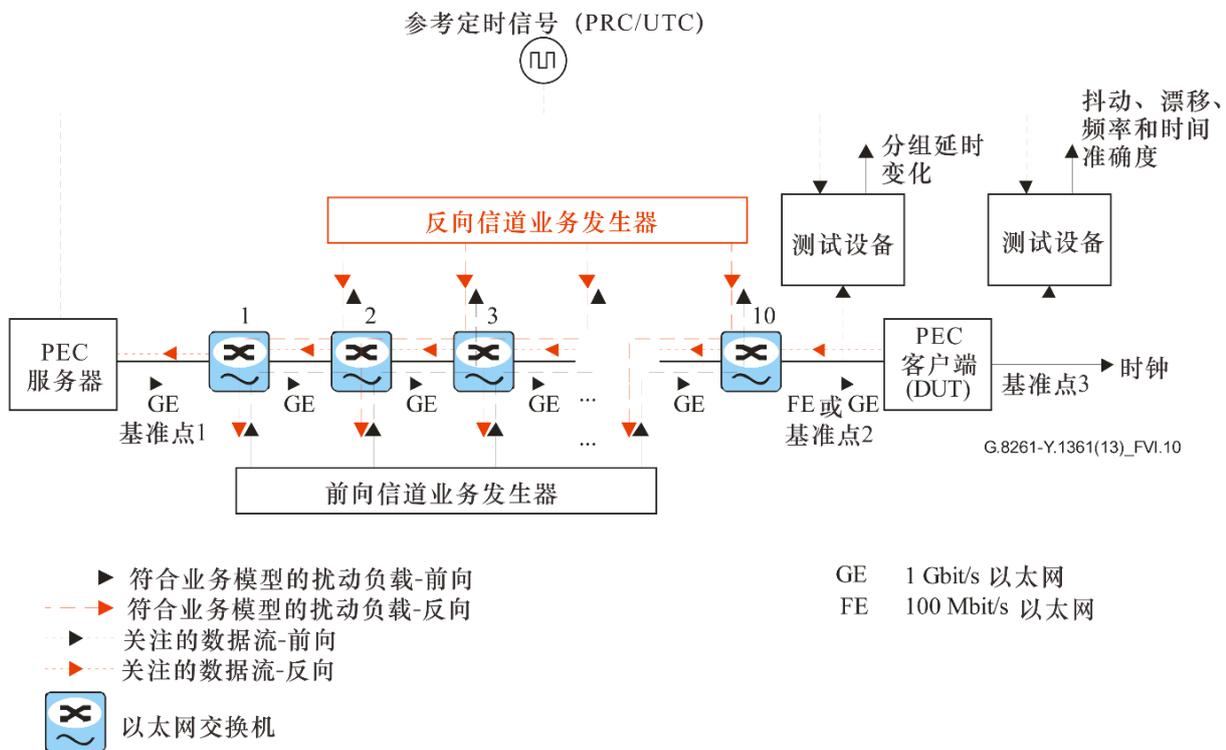


图 VI.10 – 用于测试双向协议的性能试验拓扑

必须要在可能引起同步失败或者超出技术要求的破坏情况下，测试被测设备（DUT）的工作稳定性。运用本节中描述的测试用例测试在负载变化、网络变化和丢包情况下的 DUT。

对于本节中描述的各个测试用例，应完成以下测量：

- 测量TIE、MTIE和 MRTIE（按照[ITU-T G.823] 和 [ITU-T G.824]的描述）；
- 测量频率准确度（频率准确度测量积分时间的数值取决于相关的终端设备）；
- 测量分组延时变化；
- 测量峰峰TOD准确度；
- 性能应满足第9节中规定的对于相关情况的网络限值。

注 1 –该试验装置见图VI.10的描述，提供了通向通用试验情况的起点。

然而，为了获得一个比较简便实现的试验环境，并且为了消除采用不同技术的以太网交换机得到不同结果的风险，用一个新的试验装置代替图VI.10中规定的技术要求的提议正在讨论之中，其中取代了以太网交换机和业务发生器，可以通过一个试验设备以延时变化分布作为输入产生延时变化。

该延时变化分布可表示为持续时间为15分钟、 60 分钟和 24 小时的延时变化“测试向量”（测试序列），该延时变化表示应使用适当的定时分辨率。

测试序列将基于采用图VI.10所描述的试验拓扑进行测试的结果为基础。

注 2 –除了本节中描述的测试用例以外，也可以考虑确定性的测试用例，这有待进一步研究。

VI.5.2.1 输入业务流特征

这里针对双向测试用例，将再次使用同样的第VI.2.1节和第VI.2.2节规定的业务模型1和模型2。

注 – 用于测试非对称性的特定条件的定义有待进一步研究。简单的试验装置也可以考虑单一方向上的固定延时。

VI.5.2.2 测试用例 12

测试用例12模拟的是“静态”分组负载。测试用例12必须使用以下网络条件：

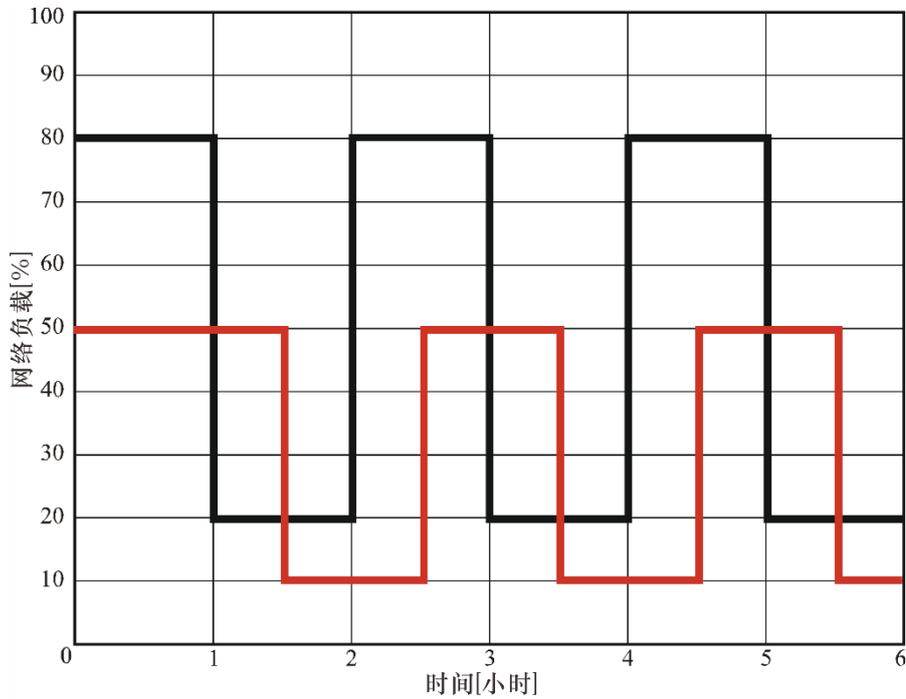
- 前向（服务器到客户端）网络扰动负载为80%、反向网络扰动负载为20%（客户端到服务器）、持续1小时。应在时钟恢复处于稳定状态之后才开始试验测量。附录II提供了关于稳定期的指导。加载到网络的扰动后台负载必须使用第VI.2.2节规定的网络业务流模型2。

VI.5.2.3 测试用例13

测试用例13模拟了网络负载突然的大且持续的变化，它验证在网络状况突然较大变化下的稳定性，以及有低频PDV情况下的漂移特性。

测试用例13必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 按照附录II，在测量之前允许有一个稳定期，用于稳定时钟恢复过程。
- 在前向：网络扰动负载从80%开始，持续1小时，降到20%、持续1小时，增大回到80%、持续1小时，降回到20%、持续1小时，增大回到80%、持续1小时，降回到20%、持续1小时。同时在反向：网络扰动负载从50%开始，持续1.5小时，降到10%、持续1小时，增大回到50%、持续1小时，降回到10%、持续1小时，增大回到50%、持续1小时，降回到10%、持续0.5小时（见图VI.11）。



G.8261-Y.1361(08)_FVI.11

图 VI.11 – 双向的突然网络扰动负载调制

- 采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

注 – 试验装置中的业务发生器是独立的，因为图VI.11所示的业务形状可能会随着时间漂移。

VI.5.2.4 测试用例14

测试用例14模拟的是网络负载在一个极长的时间量程内的缓慢变化，验证网络状况非常缓慢变化时的稳定性，以及有极低频率PDV的情况下的漂移特性。

测试用例14必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 按照附录II，在测量之前稳定，允许有一个稳定期，用于稳定时钟恢复过程。
- 在**前向**：网络扰动负载从20%平滑变化到80%，经过24小时后返回20%，同时在**反向**：网络扰动负载从10%平滑变化到55%，经过24小时后返回10%（见图VI.12）。

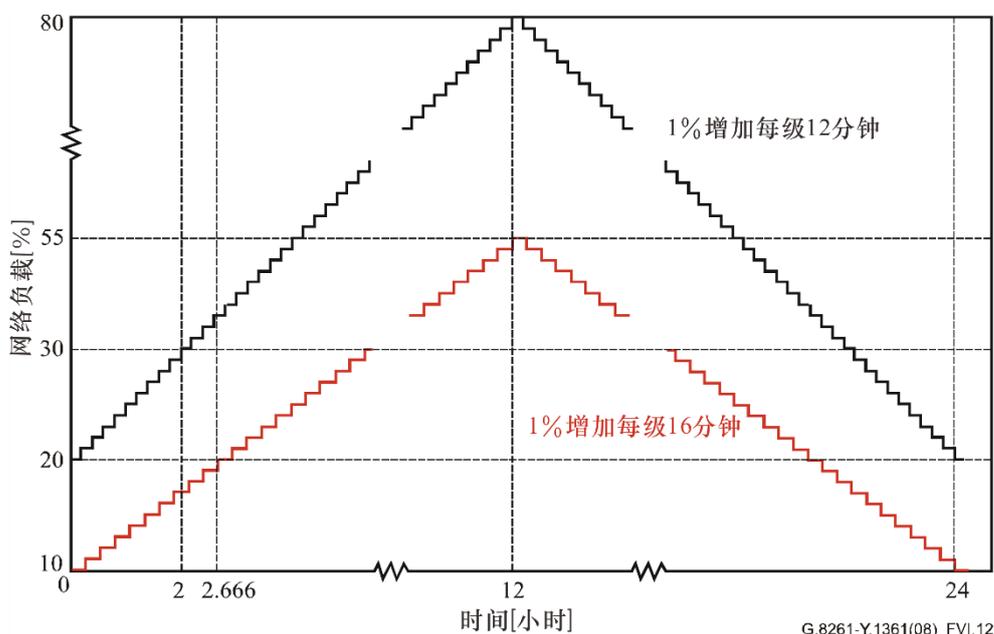


图 VI.12 – 双向的缓慢的网络负荷调制

- 采用第VI.2.2节规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

VI.5.2.5 测试用例15

测试用例15模拟的是变化时间量的瞬时网络停止和恢复，验证经受网络停止并重新恢复的能力，应注意到1000s中断期间的MTIE在很大程度上取决于本地振荡器的质量，不应作为时钟恢复过程质量的指示。

测试用例15必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 前向网络扰动负载从40%开始，反向网络扰动负载从30%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，断开网络连接10s，然后恢复，按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。采用100s的网络中断重复上述操作。
- 采用第VI.2.2节中规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

VI.5.2.6 测试用例16

测试用例16模拟了可变时间量的暂时网络拥塞和恢复，验证了承受分组网中瞬时拥塞的能力。

测试用例16必须使用以下网络条件：

- 加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1。
- 前向网络扰动负载从40%开始、反向网络扰动负载从30%开始。按照附录II，在一个稳定期之后，两个方向上的网络扰动负载增加到100%（包括严重的延时和丢包）持续10s，然后恢复，按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程。采用100s的拥塞期重复上述操作。

- 使用第VI.2.2节中定义的网络业务量模式2加载网络，重复测试。

VI.5.2.7 测试用例 17

测试用例17模拟的是由于网络故障引起的路由选择变化。

测试用例17必须采用以下网络条件：

- 改变DUT之间交换机的数量，引起分组网延时的阶跃变化。加载到网络的分组必须使用第VI.2.1节规定的网络业务模型1：
 - 增加一条从位置“n”交换机到位置“n+2”的交换机的电缆（图VI.13显示了一个例子，其中n=1，交换机2被旁路），更新图VI.10中的试验装置。这样，业务被重新选择路由（在两个方向上）旁路掉业务路径上的一台交换机。这可以通过使用一个光纤卷轴或者增加一个能够模拟不同电缆长度（典型的例子是能够模拟10 μs 和 200 μs）的衰减盒来实现。该配置使得被测的业务流从位置“n”的交换机经过一条新的链路直接选择路由到位置“n+2”的交换机。
 - 前向网络扰动负载从40%开始、反向网络扰动负载从30%开始。
 - 按照附录II，在一个稳定期之后，断开从交换机“n”到交换机“n+2”的电缆，这样被测的业务于是会被迫通过位置“n+1”的交换机（图VI.14显示了一个例子，其中n=1，从交换机1到交换机3的电缆被拆除，恢复到交换机2的连接以便让业务通过交换机2）。
 - 按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程，然后重新连接该断开的链路，从而恢复原来路径上的业务。
- 重复试验以便获得更大的相位阶跃：
 - 增加一条从位置“n”交换机到位置“n+4”的交换机的电缆，更新图VI.10中的试验装置。这样，业务被重新选择路由（在两个方向上）旁路掉该业务路径上的三台交换机。这可以通过使用一个光纤卷轴或者增加一个能够模拟不同电缆长度（典型的例子是能够模拟10 μs 和 200 μs）的衰减盒来实现。该配置使得被测的业务流从位置“n”的交换机经过一条新的链路直接选择路由到位置“n+4”的交换机。
 - 前向网络扰动负载从40%开始、反向网络扰动负载从30%开始。
 - 按照附录II，在一个稳定期之后，断开从交换机“n”到交换机“n+4”的电缆（这样被测的业务于是会被迫通过位置“n+1”的交换机）。
 - 按照附录II，允许有一个稳定期用于稳定时钟恢复过程，然后重新连接该断开的链路，从而恢复原来路径上的业务。

- 采用第VI.2.2节中规定的网络业务模型2加载网络，重复该试验。

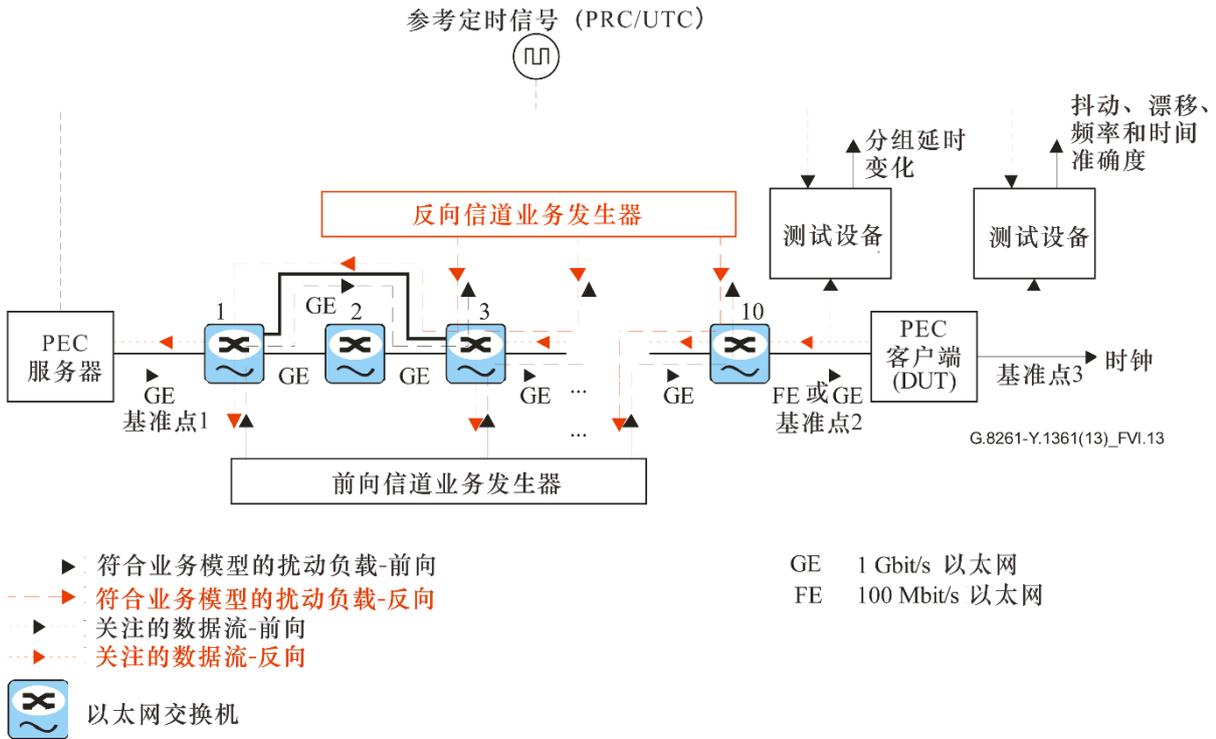


图 VI.13 – 测试用例 17 的细节

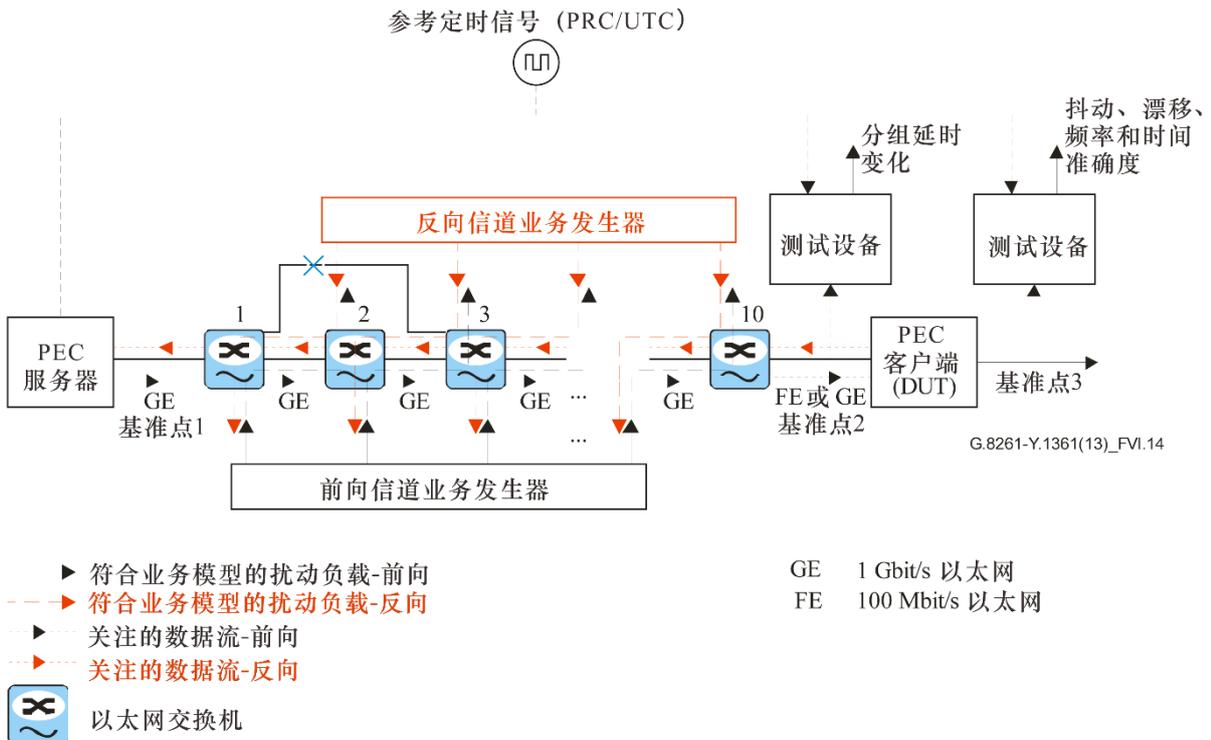


图 VI.14 – 测试用例 17 的细节

附录VII

配置案例1的漂移限值

(本附录不是本建议书的组成部分。)

VII.1 2048 kbit/s接口的限值

基于以下根据[ITU-T G.823]附件A的考虑事项，已经计算出表1。

漂移预算能够分成三个主要部分：

- 每日的漂移
- 2048 kbit/s的异步映射
- 时钟噪声和瞬变引起的漂移。

每日的漂移

没有理由改变它，它的幅度很小：1 μs 。

2048 kbit/s的异步映射

均方根（RMS）律已经用于计算每个岛2UI的累积值，三个岛将会累积 $\sqrt{3} * 2\text{UI}$ ，即1.7 μs ，而不是起初网络模型的2 μs 。

时钟噪声和瞬变引起的漂移

根据[ITU-T G.823]第I.1.5节，累积过程可能会不同，取决于频率偏移的幅度，这可能会产生相关或不相关的影响，已经同意RMS噪声累积。这意味着四个岛中的每一个负责一半的漂移预算，如同本建议书现在所指出的一样。在新的网络模型中，按照RMS累积律，这三个SDH岛负责一个SDH岛预算的 $\sqrt{3}$ 。

[ITU-T G.823]分配的总的漂移量为15 μs ，模拟报告12.6 μs 。

SDH和CES之间的累积律与SDH岛之间的累积律不同。

SDH岛中产生的噪声是VC-12指针事件的结果，按照[ITU-T G.823]第I.1.5节的描述，该事件至少对于 10^{-9} 到 10^{-10} 范围内的频率偏移很少发生；这导致指针在多个岛同时出现的概率极低。

至于CES岛上的噪声，看起来与观测到SDH岛上的噪声截然不同。该噪声是由PDV引起的。

由于尚未验证RMS累积律适用于CES和SDH岛之间，建议假设新的模型具有适用于三个SDH岛的RMS累积律和适用于CES的线性累积。

因此，可以分配给CES的漂移预算为：

$$18 - (1(\text{每日的漂移}) + \sqrt{3} * 2\text{UI}(3 \text{ VC-12 映射}) + 12.6/2 * \sqrt{3}(3 \text{ SDH 岛})) = 4.3 \mu\text{s}$$

于是，在24小时期间内分配给CES的漂移为4.3 μs ，在其它源自[ITU-T G.823]表2的稳定时期内，漂移模板减少4.3/18 (0.24)。

VII.2 1544 kbit/s接口的限值

[ITU-T G.824]规定了漂移参考模型和针对1544 kbit/s的预算，该参考模型由8个SDH岛组成。漂移预算分量包括交换机同步、DS1到DS3映射、DS1到VC-11映射、每日的漂移（温度对光纤的影响）、NE同步噪声和随机指针产生的漂移。18毫秒的总预算（在24小时期间）允许交换机之间的漂移为14.3毫秒（参见[ITU-T G.824]的图A.1），这已经被再分以适应用一个CES岛代替一个SDH岛，遵循的程序假设映射漂移、同步噪声和指针引起漂移的累积是以RMS加法为基础。基于RMS加法，18毫秒中可用于8个岛其中之一的部分现在为4.5毫秒（ $12.7/\sqrt{8}$ ）。

表 VII.1 – 1544 kbit/s 漂移预算分量分配

预算分量	分配	可用于再分的部分
交换机同步	3.7	
E11-E31 映射	0.3	
E11 到VC-11的映射	2.6	2.6
每日的漂移	1.3	
NE 同步噪声/指针	10.1	10.1
合计	18.0	12.7

在24小时的整个观测时间内，用MTIE计的每个岛的最终漂移见表2。该表以[ITU-T G.824]表2中接口技术要求的统一降低为基础。注意到该表还考虑到了对于单个VC-11岛的映射抖动要求，根据[b-ITU-T G.783]的规定为0.7 UIpp（见[b-ITU-T G.783]表15-3）。

为了获得SDH漂移分量而开展的漂移累积研究是基于广泛的模拟来验证18毫秒的要求能够在SDH参考模型上得到满足。当更加详细地规定了CES网络模型和映射时，今后可能还需要开展模拟工作，根据该项工作的结果可以修改这些数字。

附录VIII

同步以太网PHY中同步状态报文发送

(本附录不是本建议书的组成部分。)

[ITU-T G.8264]规定了同步以太网SSM的细节。

附录 IX

IWF 例子

(本附录不是本建议书的组成部分。)

下面提供了典型的IWF应用的例子。

图IX.1所示的是通过自适应方法处理业务时钟定时的情况，不存在实现的PNT功能（不访问网络时钟）。

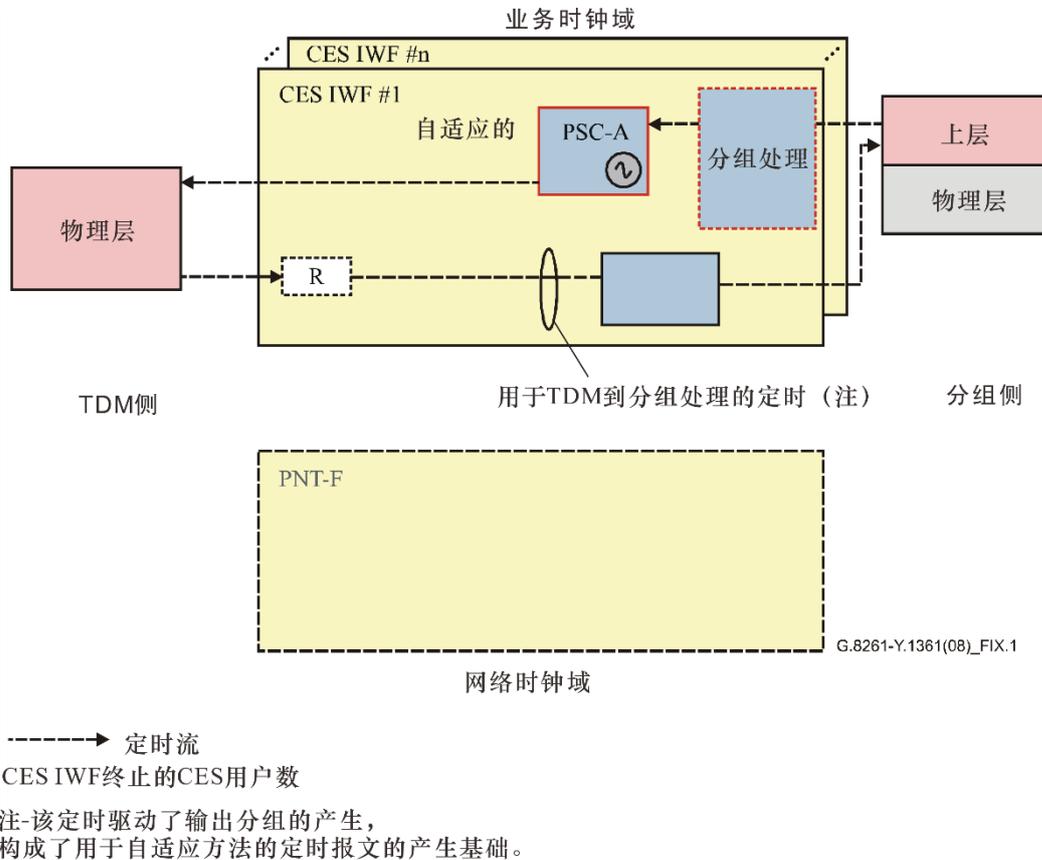


图 IX.1 – CES IWF中的自适应方法：无PNT功能

下图显示的是在按照差分法恢复TDM时钟的情况下，业务域和网络域的一个例子，其中公共的参考时钟通过同步以太网分发。

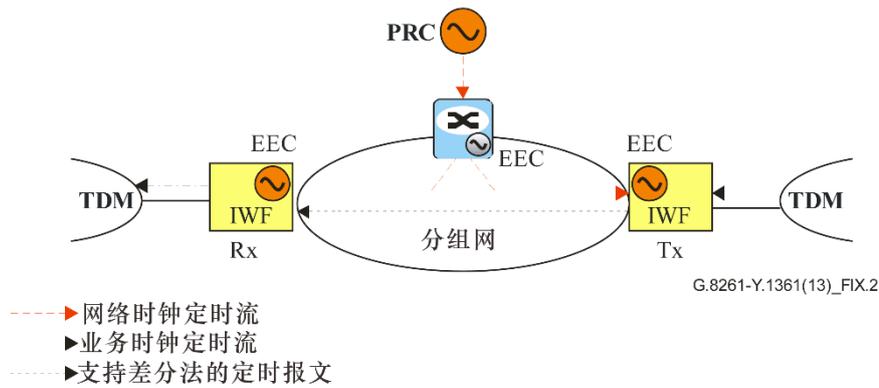


图 IX.2 – 使用经同步以太网分发的公共参考时钟的差分法例子

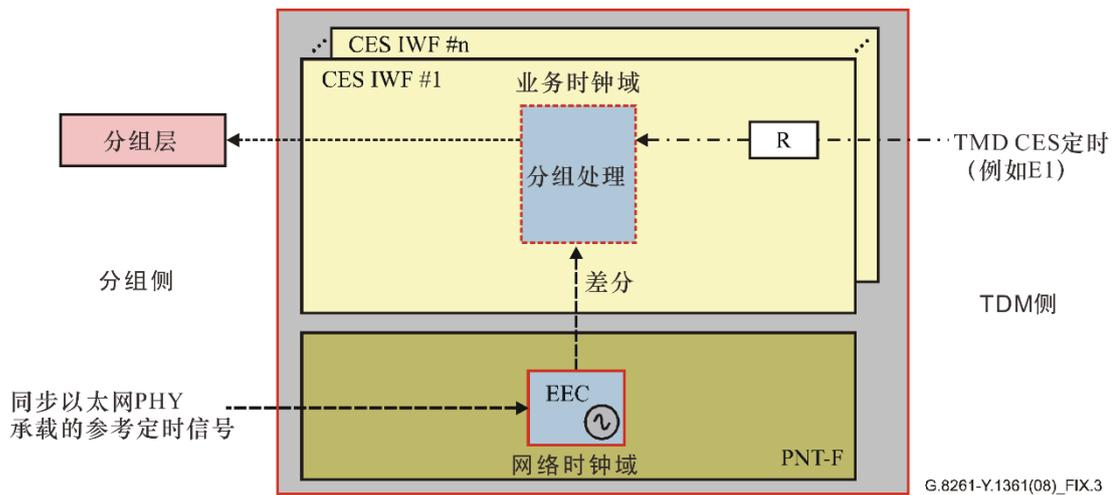
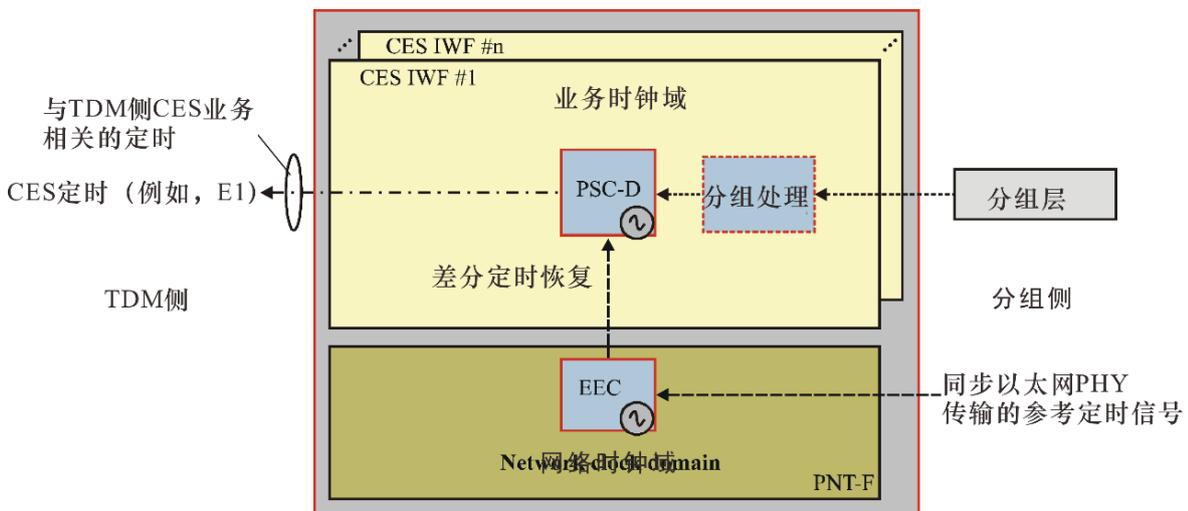


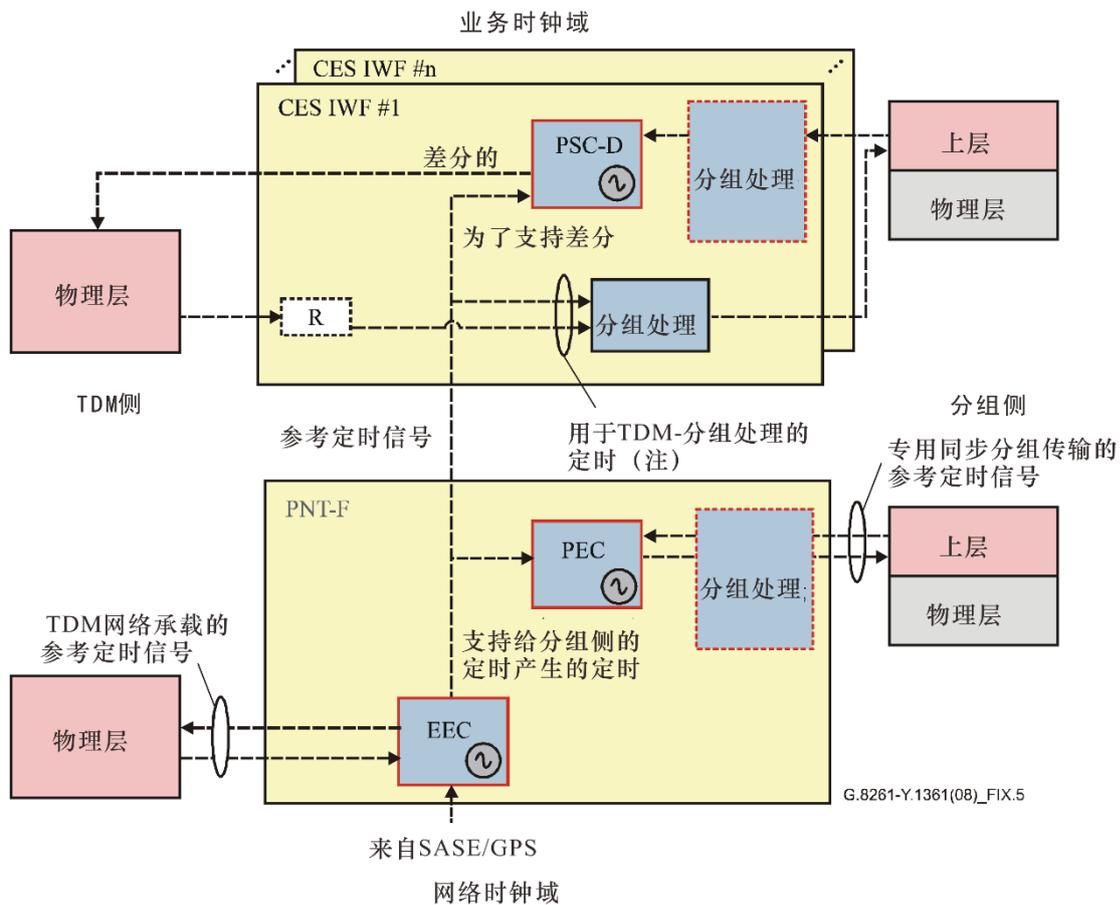
图 IX.3 – 发送端(Tx)IWF中业务时钟域和网络时钟域



基于分组的业务时钟 (差分的)

图 IX.4 – 接收端 (Rx)IWF中业务时钟域和时钟域

下一个例子显示的是由TDM网络传输网络定时，然后将该定时用于支持CES IWF中的差分工作，也用于同步PEC从而产生要经分组网传送的时间戳。



-----> 定时流

CES IWF终止的CES用户数n

注-该定时驱动了输出分组的产生，构成了用于差分法的定时报文的产生基础。PNT-F产生的参考定时信号和应支持差分的定时信号可能会由一个不同于EEC的时钟（例如SEC）的驱动。

图 IX.5 – CES IWF中的差分法：PNT中的EEC和PEC

附录 X

与IEEE抖动测量相比，关于按ITU-T方法 测量同步以太网的考虑事项

(本附录不是本建议书的组成部分。)

以太网上关于抖动的技术要求和试验方法不同于SDH，这是因为采用了不同的定时方法。在同步系统如SDH中，系统部件被同步到一个公共的时钟。在异步系统如以太网中，部件定时由分布式时钟提供或者由从数据中恢复的时钟信号提供。在这种情况下，部件产生的抖动必须要受限，但是从一个部件到另一个部件的抖动传递与同步系统内的抖动传递相比则没有那么重要，在同步系统中，当抖动从一个部件传递到另一个部件时，抖动会增加。

在SDH系统中，在不同试验配置下的三个相关测量确定了抖动性能：限带抖动产生、正弦抖动输入容限和抖动传递。

以太网采用的方法是基于实质上有两种机制引起抖动，即确定性抖动和随机抖动，分别对发射机和接收机作出规定。

表X.1 –ITU-T和IEEE抖动测量之间的比较

	SDH	以太网
网络标准 试验设备标准	[b-ITU-T G.783], [ITU-T G.825] [ITU-T O.172]	[IEEE 802.3]
抖动应用	抖动产生 抖动输入容限 抖动传递	(注1) (注2) -
注1 – 有三种可行的测量抖动输出的方法： 1) 使用示波器表现数据眼图特性的时域测量方法。 2) 通过移动数据眼图中的数据采样点，采用BERT扫描的时域测量。 3) 基于对发射机波形门限交叉点之间时间间隔准确测量的时间间隔分析。 注2 – 在接收机开展应力接收机灵敏度（SRC）测试。该测试用于验证接收机在接收到最坏情况允许的信号的时候，能够在优于 10^{-12} 的BER下工作，该测试与抖动容限测试类似。SRS测试也被称为“压力眼图测试”或者“接收机容限测试”。SRS测试由两部分组成：具有减损组合的眼图掩模，用于单步测量的正弦抖动模板。		

附录XI

本建议书和其它关键的同步相关建议书中 所包含的要求之间的关系

(本附录不是本建议书的组成部分。)

ITU-T已经批准了以下建议书系列（G-系列），这些建议书描述了TDM同步功能的多个方面：

- ITU-T G.803 –基于同步数字系列(SDH)的传输网络体系结构–本建议书描述了传输网络的功能体系结构，包括适用于基于SDH的网络的网络同步原理。
- ITU-T G.810 –同步网络的定义和术语–本建议书提供了在定时和同步建议书中使用的定义和缩略语。
- ITU-T G.823 –以2048 kbit/s系列为基础的数字网内抖动和漂移的控制 –本建议书规定了在相关的传输或同步网络接口不应超过的抖动和漂移的最大网络限值，以及在基于2048 kbit/s系列的任何相关的传输或同步接口应提供的对抖动和漂移的最小设备容限。
- ITU-T G.824 –以1544 kbit/s系列为基础的数字网内抖动和漂移的控制–本建议书规定了在相关的传输或同步网络接口不应超过的抖动和漂移的最大网络限值，以及在任何相关的同步或传输接口应提供的对抖动和漂移的最小设备容限。
- ITU-T G.825 –基于同步数字系列（SDH）的数字网内抖动和漂移的控制–本建议书规定了不应超过的抖动和漂移的最大网络限值，以及在任何基于同步数字系列（SDH）的相关传输或同步接口应提供的对抖动和漂移的最小设备容限。
- ITU-T G.812 –适用于同步网络节点时钟的从时钟的定时要求 –本建议书概述了对用作同步网络中节点时钟的定时装置的最低要求，该建议书包括适用于正文中三类时钟和附件A中三类其它时钟的规范。
- ITU-T G.813 –SDH设备从时钟（SEC）的定时特性–本建议书概述了在同步网络设备中使用的定时装置的要求，而同步网络设备按照同步数字系列（SDH）决定的原理工作。
- ITU-T G.781 –同步层功能–本建议书规定了作为两个同步层一部分的基本功能：同步分发（SD）层和网络同步（NS）层，还规定了作为传输层一部分的一些基本功能，这些功能与同步有关。
- ITU-T G.783 –同步数字系列（SDH）设备功能模块的特性–本建议书规定了为了确定网元的SDH功能应使用的组件和方法。

ITU-T已经在制订以下建议书系列（G.826x-和Y.136x-系列），这些建议书描述了分组网频率同步功能的多个方面：

- ITU-T G.8261/Y.1361 – 分组网的定时和同步概况–本建议书规定了分组网中的同步概况，规定了不得超过的抖动和漂动的最大网络限值，规定了在这些分组网边界的TDM和同步接口应提供的对抖动和漂动的最小设备容限，还概述了对网元同步功能的最低要求。
- ITU-T G.8261.1/Y.1361 – 适用于分组方法的分组延迟变化网络抖动限值（频率同步）–本建议书与分组网的同步概况有关。尤其它规定了当经过分组传输频率同步并且按照ITU-T G.8261和 [ITU-T G.8260]建议书规定的自适应时钟恢复方法恢复频率同步时，适用的假设参考模型和PDV网络限值，规定了在这些分组网的边界、以 [ITU-T G.8260]规定的度量计的对分组延时变化的最小设备容限。
- ITU-T G.8262/Y.1362 – 同步以太网设备从属时钟（EEC）的定时特性–本建议书概述了在使用同步以太网的同步网络设备中采用的定时装置的要求。
- ITU-T G.8263/Y.1363 – 基于分组设备时钟的定时特性– 本建议书概述了同步网络设备中采用的定时装置的要求，按照ITU-T G.8261/Y.1361建议书的规定，该定时装置工作在IWF内，对其它网元起作用。本建议书规定了对基于分组时钟的要求。
- ITU-T G.8264/Y.1364 – 定时信息通过分组网的分发–本建议书概述了对以太网频率传递的要求，它规定了SSM传输信道即以太网同步报文传送信道，协议情况和报文格式。本建议书还用形式建模语言详细描述了所需要的体系结构。
- ITU-T G.8265/Y.1365 – 基于分组的频率传送的体系结构和要求 – 本建议书描述了电信网络上基于分组频率分发的体系结构和要求。在这里简要描述了基于分组频率分发的例子包括网络时间协议（NTP）和[b-IEEE 1588-2008]。其它建议书规定了以符合体系结构的方式采用[b-IEEE 1588-2008]所需的细节。
- ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 – 用于频率同步的精确时间协议远程通信简档–本建议书包含在没有网络定时支持的情况下（单播模式）用于频率分发的ITU-T PTP简档，提供了以符合[ITU-T G.8265]描述的体系结构的方式采用[IEEE 1588-2008]所需的细节。本建议书的将来版本将包含一个单独的用于混合单播/多播情形的简档。

表XI.1显示的是TDM同步建议书系列和分组同步建议书系列之间的关系。

表XI.1 – TDM同步系列建议书对比分组同步系列建议书

要求	TDM网络	分组网
功能体系结构和网络同步要求	G.803、G.810 G.823、G.824、G.825	G.8261/Y.1361 G.8261.1/Y.1361 G.8265/Y.1365
设备时钟技术要求	G.812 (类型IV)、G.813	G.8262/Y.1362 G.8263/Y.1363
同步层功能、功能模块、定时流和SSM。分组定时协议	G.783、G.781	G.8264/Y.1364, G.781 G.8265.1/Y.1365.1

附录XII

分组网定时的基本原理

(本附录不是本建议书的组成部分。)

XII.1 总则

考虑从时钟（又称为客户端）由主时钟（又称为服务器）获得定时的情况。主时钟和从时钟之间的分组交换提供了对通过延时和这两者之间时钟偏移的测量，这可用图XII.1进行解释。这里描述的分组网定时的原理是相当通用的，这些例子既可适用于单向方法，也可适用于双向方法。所采用的特定协议（例如，[b-IEEE-1588]或NTP）决定细节（方法和底层约定），这两个实体之间通过该协议沟通测量结果（“时间戳”），应注意到在两个方向上传送分组的数量不必相等，此外，可能会有另外传送的承载信息的分组，但没有测量其通过延时。

一个基本的假设是分组路径（路由）可以看作在某些时期内是静态的，很少会出现根本性的变化。如果传输路径明显变化之间的时间间隔远大于分组交换间隔，则该路径可以看作对于给定的一组测量是固定不变的，即分组所选取的路径在测量区间内是相同的。

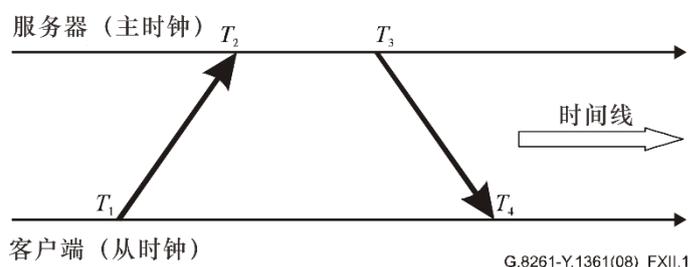


图 XII.1 – 服务器和客户端之间分组交换的时间戳概念

有四个时间戳与测量其通过时间的分组有关，定义如下：

- T_1 : 代表对从时钟发起的分组或帧的发送起始时刻的最佳估值的时间戳。
- T_2 : 代表对终止于主时钟的分组或帧的接收结束时刻的最佳估值的时间戳。
- T_3 : 代表对主时钟发起的分组或帧的发送起始时刻的最佳估值的时间戳。
- T_4 : 代表对终止于从时钟的分组或帧的接收结束时刻的最佳估值的时间戳。

通用时间戳数值的完整表示构成如下：

$$T_{TS}(n) = T(n) + e_{TS}(n) + e_{CLK}(n) \quad (\text{XII-1})$$

方程XII-1反映了一个事实，即：与分组 T_{TS} 相关的时间戳（数值） T_{TS} 与该分组的真实时刻 $T(n)$ 和两个误差项有关。首先，有本地时钟误差的直接贡献 e_{CLK} ；其次，时间戳过程存在不准确度 e_{TS} ，它能够模糊时钟的状态。所包含的索引“ n ”用于标识作为分组序列其中一员的分组。

关于图XII.1，基于时间戳可以定义以下几个重要的定时业务度量。这些度量对于单向和双向传输工作均适用。

首先考虑单向（频率）传输工作的情况。

单向传输是一种非对称的工作，即只需要起始于一个方向上的分组或PDU流。例如，考虑一个定时流起始于主时钟而终止于从时钟。在图XII.1描述的四个时间戳中，只有两个时间戳适用于此模式。当主时钟发起时间戳流时，惯例规定用时间戳对 (T_3, T_4) 描述该过程。起始时间戳 T_3 是相对于主时钟角度的时间（主时钟时标），而终止时间戳 T_4 则是相对于从时钟的时标。

测量偏移 δ_{MS} 可以计算如下（下标“MS”表示从主时钟到从时钟的方向，“SM”用于从从时钟到主时钟的方向）：

$$T_4(n) = T(n) + \Delta_{MS}(n) + e_{S-TS}(n) + e_{S-CLK}(n) \quad (\text{XII-2b})$$

其中 $\Delta_{MS}(n)$ 是从主时钟发送到从时钟的第 (nth) 个分组所经历的网络延时，且：

$$T_3(n) = T(n) + e_{M-TS}(n) + e_{M-CLK}(n) \quad (\text{XII-2c})$$

因此，

$$\delta_{MS}(n) = e_{S-CLK}(n) - e_{M-CLK}(n) + \Delta_{MS}(n) + e_{S-TS}(n) - e_{M-TS}(n) \quad (\text{XII-2d})$$

注意到客户端时钟和服务端时钟之间也可能存在单向分组传输，针对这种情况定义了一个等效测量偏差。同样地，从时钟-主时钟方向上的测量偏差 δ_{SM} 可以计算为：

$$\delta_{SM}(n) = T_2(n) - T_1(n) \quad (\text{XII-2e})$$

并且（方程XII-2f）仿效（方程XII-2d），只是将主从时钟的角色交换了一下。 $\Delta_{SM}(n)$ 是从客户端发送到服务器的第 (nth) 个分组所经历的网络延时。

$$\delta_{SM}(n) = e_{M-CLK}(n) - e_{S-CLK}(n) + \Delta_{SM}(n) + e_{M-TS}(n) - e_{S-TS}(n) \quad (\text{XII-2f})$$

测量偏移最重要的性质为：

- 1) 测量偏移会因单向分组延迟 (Δ) 产生偏差。如果客户端时钟偏移未知，则无法采用单向测量来估计分组延迟。 δ_{MS} 和 δ_{SM} 是单向延迟的估值，且会因时钟和时间戳误差而导致不准确。
- 2) 通过选择具有良好（稳定）延迟属性的单向分组事务，可将分组延迟偏差的有害影响最小化。
- 3) 剩余的偏差可以通过其他一些手段（如使用与反向关联的时间戳）估计单向延迟来减少，或者在频率估计的情况下忽略不计，原因是频率偏移只不过是相位偏移的变化率，而对于固定的相位偏移误差，相位偏移的变化率为零。
- 4) 服务器和客户端的时间戳误差无法消除，必须被适当地限制，以便令人满意地工作。

测量单向分组传输中的偏移与采用通用的物理层单向同步获得相位误差测量结果类似。因此，它能支持频率传递，但不能支持精确的时间传递。

与单向工作相比，双向时间戳工作意味着两个方向上的定时分组数据流，即：使用图 XII.1 中描述的全部四个时间戳。在双向分组时间戳事务中，时间戳流由一个网元发起（典型地，NTP 中的客户端，PTP 中的服务器）。

将开始方向作为前向，而返回事务作为反向。然而，由于每个方向都可以看作是一个单向事务，双向事务可以描述如下：

$$\delta_{SM}(n) = e_{M-CLK}(n) - e_{S-CLK}(n) + \Delta_{SM}(n) + e_{M-TS}(n) - e_{S-TS}(n) \quad (\text{XII-3a})$$

$$\delta_{MS}(n) = e_{S-CLK}(n) - e_{M-CLK}(n) + \Delta_{MS}(n) + e_{S-TS}(n) - e_{M-TS}(n) \quad (\text{XII-3b})$$

从双向交换即从 δ_{SM} 和 δ_{MS} 能够评估两个关键的参数，为了简单起见，我们暂时假设时间戳误差可以忽略不计，第一个关键参数是项 *offset*：

$$offset(n) = \frac{\delta_{MS}(n) - \delta_{SM}(n)}{2} = e_{S-CLK}(n) - e_{M-CLK}(n) + \frac{[\Delta_{MS}(n) - \Delta_{SM}(n)]}{2} \quad (\text{XII-4})$$

中，*offset* 代表使客户端时间对准服务器时间所需的时钟校正估值。

第二个参数是往返延时 (*rtd*)，代表整个往返路径延时的估值：

$$rtd(n) = \delta_{MS}(n) + \delta_{SM}(n) = \Delta_{MS}(n) + \Delta_{SM}(n) \quad (\text{XII-5})$$

显然，为了获得一个公平的偏移估值，前向和反向路径延时必须是已知的或者假定是对称的，注意到对往返延时的公平估计取决于两个方向上的时钟误差是相同的，当然，如果两个分组交换之间的时间较短，则可以假设时钟误差对两个事务是共同的。

客户端时钟（估计值）的误差 ϵ 可以归于以下原因：

- 1) 两个方向上的通过延时不相等，延时差直接影响客户端时钟误差估计，该误差 $\Delta\epsilon$ 由下式给出：

$$\Delta\epsilon = \left(\frac{1}{2}\right)(\Delta_{MS} - \Delta_{SM}) \quad (\text{XII-6})$$

- 2) 时间戳测量可能不精确，即，尽管 T_1 是分组实际离开服务器的时间，但在计算中使用的数值可能是一个估计的离开时间。同样地， T_2 是实际的到达时间，但使用的数值可能是一个估计值。为了使时间戳更为精确，必须通过尽可能接近 PHY 层的方法获取时间戳，这样离开时间（到达时间）就不会受到任何（可变的）可归因于诸如操作系统和中断处理这样实体的延时的危害，仍会存在一些剩余的误差与时间戳解析和物理层自身的延时变化有关。时间戳解析可以通过适当的设计来解决，PHY 噪声需要被约束或过滤，这取决于传输。
- 3) 由于分组延时变化 (PDV) 与网络中排队影响和物理传输影响相关，通过延时 Δ_{MS} 和 Δ_{SM} 不是固定的，并且会随着分组而变化。

XII.2 通过分组选择的分组延时变化减轻

一个重要的概念是运行于上面规定的测量参数的时钟滤波器或者时钟伺服系统可以选择或加权一个事务来优化整个时钟的稳定性。即，通过对分组适当的分类和选择，可以减轻分组延时变化的有害影响。

假设路径在观测期间不变，意味着分组延时变化将拥有一个最低值缓慢变化的分布函数，最低值是一个分组（或者其它协议数据单元，如第2层帧）在给定路径上经历的最小延时。最低值可以看作是当特定的分组需要资源时，输出和系统队列（与该数据流相关的所有设备中，包括源、目的和中间的网元）为“空”的情况，因此不会延迟该分组的传输。于是剩余的分组延时变化与物理层抖动和漂移机制有关。在正常的非拥塞负载条件下，很多情况下已经观测到总的分组中有相当一部分将会以该最低值或者接近于该最低值穿过网络，即使其它的分组可能会经历明显更长的延时。本建议书已经提到了这类情况（见附录I），在这些情况下，当网络负载较轻时，PDV分布会呈现出高度的倾斜，即概率密度会更加集中在最低值附近，总的分组中有相对较大的一部分会经历该“最小的”（或“接近最小的”）延时，这些现象正在研究之中。适当设计的时钟伺服系统或者滤波器能够利用这种倾斜来减轻对PDV分布长尾部的不稳定性影响。

原则上，基于最低值的传递噪声受限于很多的因素，例如：

- 1) 物理层传播“光速”延时；
- 2) 时间戳解析；
- 3) 在基于非以太网的物理传输之上的映射延时（在xDSL、PON等之上的以太网）；
- 4) 其它的小延时变化机制，例如PHY时钟抖动和底板时钟域抖动；
- 5) 最低值评估期间本地时钟偏移中的偏向。

XII.3 基于分组的方法和同步PHY方法的比较

基于分组的方法（例如[b-IEEE 1588]、NTP）和同步PHY方法如同步以太网之间存在很多的不同，对其中一些讨论如下。

- 1) 同步PHY方法通常是单向的方法，适合于频率对准。基于分组的方法能够在单向模式下工作，获得频率对准和近似的时间对准。在双向模式下工作的基于分组的方法既能够获得时间对准，又能获得频率对准。
- 2) 由于同步PHY方法中定时信息包含在物理线路代码信号中，因此该信息不依赖于业务负载。相反，基于分组的方法会受到业务类型的影响，特别是没有强制执行服务质量优先方案的时候。
- 3) 同步PHY方法是点对点的，为了使定时链完整，PRC和被考虑的客户时钟之间的每个中间节点必须是定时分发系统的一部分，基于分组的方法能够穿过与该定时分发无关的节点。

- 4) 同步PHY时钟的输入容限用术语参考信号中的“时钟噪声”表示，并采用TDEV和MTIE度量来量化。影响基于分组时钟性能的网络减损是源自物理层和排队延时的分组丢失和分组延时变化（PDV），从时钟恢复的观点来看，适合用于量化分组延时的度量正在研究之中，这些度量包括TDEV和minTDEV，从时钟恢复的观点来看，MTIE不是一个有意义的、可用于量化分组延时变化的度量，因为在恢复算法中未必会利用所有的分组。

XII.4 现有的标准

关于分组网同步的已出版的标准为NTP ([b-IETF RFC 5905]，该标准废止了[b-IETF RFC 1305] (NTP v3)和[b-IETF RFC 4330] (SNTP))和[b-IEEE 1588] (PTP)。

NTP和PTP是适用于分组网的一般协议，未直接涉及远程通信要求。适合的提供关于远程通信应用部署指导的简档正在制订之中。

[ITU-T Y.1731]利用时间戳来建立以太网中的一些性能指标，查看[ITU-T Y.1731]可提供指导，该标准完全利用了在这里描述的4个时间戳，并在链路两端之间的运行、管理和维护（OAM）帧中传输它们。

附录XIII

网络节点分组延时变化产生的评估

(本附录不是本建议书的组成部分。)

XIII.1 引言

本附录提供了当在没有定时支持或者有来自网络的部分定时支持的情况下使用基于分组的方法时，关于网络节点分组延时变化（PDV）产生评估的指导。本附录中描述的测试类型适用于PTP没有发觉的节点（即，不支持边界时钟或者透明时钟的网络节点）。

PDV噪声与频率和相位或时间同步有关，不对称只与相位或时间同步相关，与频率同步无关。本附录只涉及频率同步，与相位/时间同步有关的评估和分析有待进一步研究，可能会在一个单独的建议书中予以规定。

XIII.2 一般考虑

单节点PDV测试的目的是确定该节点对于定时分组传播定时的影响，因此，其对分组的影响是以定时分发为基础的。

赋予设备如路由器或者交换机的任何特性均可能对PDV产生影响，因此，建议可能要对代表部署计划的大量配置进行试验。

例如，如果计划将该设备用作路由器，则测试期间不同的分组数据流将会在该设备内被选择路由，如果计划将该设备用作交换机，则测试期间不同的分组数据流将必须被交换。在某些情况下可能适用于混合的情况（例如，交换机/路由器，分组定时可能会被选择路由，后台业务被交换，反之亦然）。其它配置可能为：QoS启用或禁用，采用封装（例如，MPLS），已接受的客户列表。

XIII.3 一般配置

本节描述了测试单节点的PDV产生时要采用的一般配置。

XIII.3.1 单节点PDV产生测试的一般描述

当在单台网络设备上进行测试时，单节点PDV产生测试是测量叠加到分组定时信号（例如，[b-IEEE 1588]定时流）上的PDV。在该网络设备的输入端，分组定时信号必须是理想的（即，它在进入该节点之前没有任何的PDV），必须能够在该网络设备的输出端直接地测量该PDV，以便确定由该节点产生的PDV。测试期间要使用应力条件，例如，将后台业务施加到网络节点上。

下图XIII.1所示的是采用单节点的PDV产生测试，第XIII.3节将详细描述可适用的通用测试。

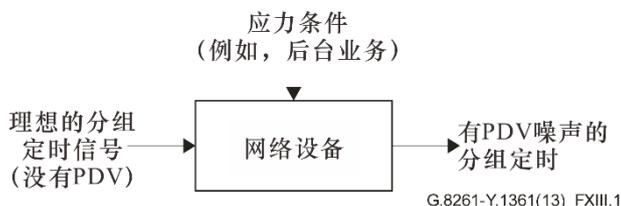


图 XIII.1 – 单节点用于PDV产生测试的通用装置

注1 – 为了在网络设备的输入端产生一个理想的分组定时信号，分组主时钟（例如，PTP主时钟）可以直接连接至应力条件下的网络设备。注意到主时钟产生的PDV噪声必须非常地低，以便考虑输入分组定时信号是没有噪声的（例如，与测量得到的噪声相比可以忽略）。

注 2 – 可以使用PDV探测器在网络设备的输出端测量分组定时信号（例如，PTP定时流）的PDV，以便确定由该网络设备产生的PDV。

注 3 – I为了建立定时协议通信（例如，PTP通信），分组从时钟（例如，PTP从时钟）可以在PDV探测器之后连接至该网络设备（然而注意到，其目的不是测量从时钟输出端的性能，而只是测量由该设备产生的PDV）。

关于可能的不同配置（例如，分组定时流和后台业务配置）和通用测试的细节有待进一步研究。

参考资料

- [b-ITU-T G.701] ITU-T G.701建议书(1993),数字传输和多路复用的词汇以及脉冲编码调制(PCM)术语。
- [b-ITU-T G.707] ITU-T G.707/Y.1322 建议书(2000),同步数字系列(SDH)的网络节点接口。
- [b-ITU-T G.783] ITU-T G.783建议书(2004),同步数字系列(SDH)设备功能模块的特性。
- [b-ITU-T G.801] ITU-T G.801建议书(1988),数字传输模型。
- [b-ITU-T G.810] ITU-T G.810建议书(1996),同步网络的定义和术语。
- [b-ITU-T G.1020] ITU-T G.1020建议书(2006),定义语音质量的性能参数和其它利用IP网络的话带应用。
- [b-ITU-T I.363.1] ITU-T I.363.1建议书(1996), B-ISDN ATM适配层规范:类型1 AAL。
- [b-ITU-T T.4] ITU-T T.4建议书(2003),用于文件传输的标准化的第3类传真终端。
- [b-ITU-T V.90] ITU-T V.90建议书(1998),用于公共交换电话网(PSTN)数据信令速率上行达到56 000 bit/s、下行达到33600 bit/s的数字调制解调器和模拟调制解调器对
- [b-ITU-T Y.1560] ITU-T Y.1560建议书(2003),有中间设备情况下TCP连接性能参数。
- [b-ETSI TR 101 685] ETSI TR 101 685 (in force), *Transmission and Multiplexing (TM); Timing and synchronization aspects of Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks.*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=7595>
- [b-ETSI TS 100 594] ETSI TS 100 594 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Base Station Controller – Base Transceiver Station – (BSC – BTS) interface; Layer 1 Structure of Physical Circuits.*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=8606>
- [b-ETSI TS 125 104] ETSI TS 125 104 (in force), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception(FDD).*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=28301>
- [b-ETSI TS 125 105] ETSI TS 125 105 (in force), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (TDD).*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=28303>
- [b-ETSI TS 125 402] ETSI TS 125 402 (in force), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); Synchronization in UTRAN Stage 2.*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=22972>
- [b-ETSI TS 125 431] ETSI TS 125 431 (in force), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); UTRAN Iub interface Layer 1.*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=24642>
- [b-ETSI TS 145 010] ETSI TS 145 010 (in force), *Digital cellular telecommunications systems (Phase 2+), Radio subsystem synchronization.*
<http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=19334>

- [b-IEEE 802.1ah] IEEE 802.1ah-2008, *IEEE Standard for local and metropolitan area network – Virtual Bridged Local Area Networks – Amendment 7: Provider Backbone bridges.*
<<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ah.html>>
- [b-IEEE 802.1p] IEEE 802.1p-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering.*
- [b-IEEE P802.1Qay] IEEE P802.1Qay-REV-2007, *Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks: Amendment Provider Backbone Bridge Traffic Engineering.*
<<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ay.html>>
- [b-IEEE 802.3x] IEEE 802.3x-1997, *IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Supplements to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications – Specification for 802.3 Full Duplex Operation and Physical Layer Specification for 100 Mb/s Operation on Two Pairs of Category 3 or Better Balanced Twisted Pair Cable.*
<<http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>>
- [b-IEEE 1588] IEEE 1588 STD -2008, *Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*
<<http://ieee1588.nist.gov/>>
- [b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) – Specification, Implementation, and Analysis.*
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt?number=1305>>
- [b-IETF RFC 4330] IETF RFC 4330 (2006), *Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI.*
- [b-IETF RFC 5905] IETF RFC 5905 (2010), *Network Time Protocol Version 4: Protocol And Algorithms Specification.*
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc5905.txt?number=59055905>>
- [b-3GPP2 C.S0010-B] 3GPP2 C.S0010-B (in force), *Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Base Stations.*<http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0010-B_v2.0_021704.pdf>
- [b-3GPP2 C.S0002-C] 3GPP2 C.S0002-C (2002), *Physical layer standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems.*
<http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0002-C_v1.0.pdf>
- [b-3GPP TR 25.836] 3GPP TR 25.836 (2001), *Node B synchronization for TDD.*
<http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_09/Docs/PDFs/RP-000406.pdf>
- [b-MEF 3] MEF 3 (2004), *Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks.*
<http://metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF3.pdf>

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.199
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
运行于NGN的IPTV	Y.1900–Y.1999
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
智能泛在网络	Y.2600–Y.2699
安全	Y.2700–Y.2799
通用移动性	Y.2800–Y.2899
电信级开放环境	Y.2900–Y.2999
未来网络	Y.3000–Y.3099

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
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其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	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	终端和主观与客观评估方法
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题