

国际电信联盟

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1

国际电信联盟
电信标准化部门

(06/2016)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络

经传送网的分组网概况 – 同步、质量和可用性目标

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、物联网和智慧城市

互联网的协议问题 – 传输

**具有网络完整定时支持、用于相位/时间同步的
精确时间协议电信协议子集**

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1建议书

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100–G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200–G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300–G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400–G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450–G.499
传输媒质和光系统的特性	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
服务的多媒体质量和性能—一般和与用户相关的概况	G.1000–G.1999
传输媒质的特性	G.6000–G.6999
经传送网的数据 一般概况	G.7000–G.7999
经传送网的分组网概况	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
同步、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。

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 建议书

具有网络完整定时支持、用于相位/时间同步的 精确时间协议电信协议子集

摘要

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1建议书包含了具有网络完整定时支持的、用于相位和时间分发的ITU-T精确时间协议（PTP）的协议子集，该建议书提供了以符合ITU-T G.8275/Y.1369所描述架构的方式使用IEEE 1588的必要细节。

历史沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一ID*
1.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2014-07-22	15	11.1002/1000/12197
1.1	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (2014) Cor. 1	2015-01-13	15	11.1002/1000/12397
2.0	ITU-T G.8275.1/Y.1369.1	2016-06-22	15	11.1002/1000/12815

关键词

完整定时支持、IEEE 1588、相位和时间同步、PTP、电信协议子集。

* 为了访问该建议书，在你的网络浏览器的地址部分输入URL<http://handle.itu.int/>，后面接着是建议书的唯一ID，例如，<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息和通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）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 ITU-T 建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（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 2017

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	2
3.1	其他地方定义的术语	2
3.2	本建议书定义的术语	2
4	缩写和首字母缩略语	2
5	惯例	3
6	PTP用于相位/时间分发	3
6.1	高级设计要求	4
6.2	PTP模式和选项	5
6.3	保护问题和备选的BMCA	8
6.4	相位/时间可追溯性信息	14
7	具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的ITU-T PTP协议子集	17
8	安全性问题	17
附件 A	– 具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的 ITU-T PTP协议子集	18
A.1	协议子集标识	18
A.2	PTP属性值	18
A.3	PTP选项	23
A.4	最佳主时钟算法选项	23
A.5	路径延时测量选项（延时请求/延时响应）	23
A.6	时钟标识符格式	24
A.7	配置管理选项	24
A.8	安全性问题	24
A.9	IEEE 1588的其它可选特性	24
A.10	PTP公共报头标志	24
附件B	– 选用备选的BMCA建立PTP拓扑	25
附件C	– 在T-BC中包含一个外部的相位/时间输入接口	26
附件D	– 路径跟踪（可选的）	27
附件E	– 同步不确定指示（可选的）	28
附件F	– 限制参考链（可选的）	29
附录 I	– 有关使用透明时钟的考虑事项	30
附录 II	– 有关Delay_Req报文传输的考虑事项	31
附录 III	– 关于PTP以太网组播目的地址选择的考虑事项	33

	页码
附录 IV – 有关使用priority2的考虑事项	34
附录 V – PTP时钟状态描述以及Announce报文的相关内容	35
V.1 附录的用途	35
V.2 状态描述	35
V.3 对于3端口T-BC，PTP端口状态与PTP时钟状态之间映射举例	37
V.4 基于内部PTP时钟状态的T-GM Announce报文内容.....	38
V.5 基于内部PTP时钟状态的T-BC Announce报文内容.....	39
附录 VI – 在链路聚集之上运行	40
附录 VII – clockClass和保持技术要求之间的关系.....	41
附录 VIII – 有关连接至端应用的T-TSC的考虑事项.....	43
附录 IX – 对于PRTC或ePRTC授时的T-GM，计算offsetScaledLogVariance.....	44
IX.1 观测区间和TDEV噪声产生	44
IX.2 由TDEV计算PTP方差.....	45
IX.3 由PTP方差计算offsetScaledLogVariance.....	46
参考资料.....	48

ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 建议书

具有网络完整定时支持、用于相位/时间同步的 精确时间协议电信协议子集

1 范围

本建议书规定了基于IEEE1588精确时间协议（PTP）的适用于电信应用的协议子集。该协议子集明确了对于准确的相位/时间同步发送、确保网元互操作性所必需的IEEE 1588功能，它以来自[ITU-T G.8275]所描述的网络体系结构的完整定时支持和[ITU-T G.8260]所描述的定义为基础。

这个版本的协议子集规定了高级设计要求、PTP报文交换的操作模式、PTP协议映射、最佳主时钟算法（BMCA）选项以及PTP协议配置参数。

注 – 本协议子集的最初版本中定义参数已经基于可提供物理层频率支持的情况进行了选择。

本建议书还规定了在电信环境下使用所必需的、但超出了本PTP协议子集范畴的一些方面，作为本PTP协议子集的补充。

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.781] ITU-T G.781建议书（2008），同步层功能。

[ITU-T G.810] ITU-T G.810建议书（1996），用于同步网络的定义和术语。

[ITU-T G.8260] ITU-T G.8260 建议书（2012），分组网络中同步的定义和术语。

[ITU-T G.8265.1] ITU-T G.8265.1/Y.1365.1建议书（2014），用于频率同步的精确时间协议电信协议子集。

[ITU-T G.8271.1] ITU-T G.8271.1/Y.1366.1建议书(2013)，分组网络中时间同步的网络限制。

[ITU-T G.8272] ITU-T G.8272/Y.1367建议书（2012），基准主时钟的定时特性

[ITU-T G.8273] ITU-T G.8273/Y.1368建议书（2013），相位和时钟框架。

- [ITU-T G.8273.2] ITU-T G.8273.2/Y.1368.2建议书 (2014), 电信边界时钟和电信时间从时钟的时序特性。
- [ITU-T G.8275] ITU-T G.8275/Y.1369 建议书(2013), 基于分组的时间和相位分发的体系结构及要求。
- [IEEE 1588] IEEE 1588-2008, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*.

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：

本建议书中采用的术语和定义见[ITU-T G.810]和[ITU-T G.8260]。

3.2 本建议书定义的术语

无。

4 缩写和首字母缩略语

本建议书采用下列缩写和首字母缩略语：

AVAR	阿伦方差
BC	边界时钟
BMCA	最佳主时钟算法
EEC	同步以太网设备时钟
ePRTC	增强的主参考时钟
EUI	扩展的唯一标识符
FPM	闪烁相位调制
GM	最高级时钟
GNSS	全球导航卫星系统
LAG	链路聚集
MVAR	修正的阿伦方差
OC	普通时钟
PRC	主参考时钟
PRS	主参考源
PRTC	主参考时钟
PSD	功率谱密度
PTP	精确时间协议
QL	质量水平
SDH	同步数字系列
SSM	同步状态报文

SSU	同步供给单元
SSU-A	第一级SSU
SSU-B	第二级SSU
ST2	第2层
ST3E	增强第3层
T-BC	电信边界时钟
TC	透明时钟
T-GM	电信超级主时钟
T-TC	电信透明时钟
T-TSC	电信时间从时钟
TLV	类型长度值
TVAR	时间方差
VLAN	虚拟局域网
WPM	白色相位调制

5 惯例

在建议书中使用了以下惯例：术语PTP指的是在[IEEE 1588]中定义的PTP第2版本协议，本建议书中使用的PTP报文定义见[IEEE 1588]，并用斜体字进行标识。

术语电信边界时钟（T-BC）指的是由[IEEE 1588]和本建议书所定义的边界时钟（BC）组成的一个装置，具有[ITU-T G.8273.2]定义的附加性能特性。

术语电信透明时钟（T-TC）指的是由[IEEE 1588]所定义的透明时钟（TC）组成的一个装置，其附加性能特性有待进一步研究。

术语电信最高级时钟（T-GM）指的是由[IEEE 1588]和本建议书所定义的最高级（GM）时钟组成的一个装置，其附加性能特性有待进一步研究。

术语电信时间从时钟（T-TSC）指的是由[IEEE 1588]和本建议书所定义的只作为从时钟的普通时钟（OC）组成的一个装置，具有[ITU-T G.8273.2]附件C定义的附加性能特性。

术语主参考时钟（PRTC）指的是[ITU-T G.8272]定义的时钟。术语增强的主参考时钟（ePRTC）指的是正处于研究之中的PRTC的增强型。

6 PTP用于相位/时间分发

IEEE 1588的2002年版最初由IEEE提出，为了支持工业自动化的定时要求，并且规定了旨在实现该环境下准确时间传递的精确时间协议（PTP）。

IEEE 1588的2008年版（在[IEEE 1588]中规定）包含了对于协议经广域网传输有用的特性，引入了“协议子集”的概念，藉此可以选择协议的各个方面，并针对除了最初预期的工业自动化之外的特别应用作出规定。

[ITU-T G.8265.1]已经规定了一个PTP协议子集，以满足只需要频率同步的应用。对于需要准确相位和时间同步的电信应用，该建议书规定了另外一个PTP协议子集，它支持[ITU-T G.8275]所描述的特殊体系结构，以便实现具有网络完整定时支持下的相位/时间分发，它以[IEEE 1588]定义的2008版的PTP为基础。

为了遵守该电信协议子集，必须满足该建议书的要求以及附件A引用的[IEEE 1588]的相关要求。

与电信协议子集有关的详细情况见下面各节的描述，而协议子集本身则包含在附件A中，它遵循[IEEE 1588]提出的用于协议子集规范的通用规则。

本PTP电信协议子集定义了要使用的来自[IEEE 1588]的参数，以便确保设备之间协议互操作性，并且规定了可选的特性、可配置属性的缺省值以及必须支持的机制。然而，它不能确保一个给定应用的性能要求将会得到满足。这些性能方面的规定见其它的ITU-T建议书，包含着超出了本PTP协议子集自身内容的另外的元素。

6.1 高级设计要求

[IEEE 1588]第19.3.1.1节规定：

“PIP协议子集的用途是使机构能够在使用相同的传输协议时，指定特定的属性数值选集以及可选的PTP特性，能够互通并获得满足特殊应用要求的性能。”

在电信网络上运行，为了与标准的电信同步实践一致，一些附加的准则也是必需的。因此，用于时间和相位分发的PTP协议子集必须满足以下高级要求：

- 1) 必须指定机制以实现属于[ITU-T G.8275]定义并在[ITU-T G.8273]中描述的体系结构的各种相位/时间时钟之间的互操作性。
- 2) 机制必须准许在被管理的广域电信网络上的一致操作。
- 3) 基于分组的机制必须允许以固定的安排来设计和配置同步网络。
- 4) 基于分组的系统所采用的保护方案必须以标准的电信操作实践为基础，并使电信时间从时钟能够从多个地理位置上分离的电信最高级时钟获取相位和时间。
- 5) 应准许基于接收到的相位/时间可追溯性和本地优先级的相位/时间参考源选择，以及相位/时间同步网络拓扑的自动建立。

6.2 PTP模式和选项

6.2.1 PTP域

域由相互之间采用PTP协议进行通信的时钟逻辑组组成。

PTP域用于划分在一个管理实体内部的网络，PTP报文和数据集与域相关，因此，PTP协议与不同的域无关。

在本PTP电信协议子集中，缺省的PTP域编号为24，适合的PTP域编号的范围为{24–43}。

注 – 该范围选自[IEEE 1588]规定的用户自定义的PTP域编号范围。尽管已经考虑了对于不同的PTP电信协议子集，范围不能重叠，从而避免协议子集之间的相互作用，但不排除另一个行业在定义一个非电信PTP协议子集时使用相同的用户自定义的PTP域编号范围。网络运营商有责任确定PTP协议子集之间是否存在非故意相互作用的风险，并采取必要的行动防止这样的行为。

6.2.2 在本协议子集中使用的PTP报文

本PTP协议子集使用了以下报文：*Sync*，*Follow_Up*，*Announce*，*Delay_Req*和*Delay_Resp*。

*Signaling*和*Management*报文的使用有待进一步研究。

未使用*Pdelay_Req*、*Pdelay_Resp*和*Pdelay_Resp_Follow_Up*报文。

6.2.3 本协议子集支持的PTP时钟类型

本协议子集使用符合[IEEE 1588]的普通时钟（OC）、边界时钟（BC）和透明时钟（TC）。

有两种类型的OC：

- 1) 只是一个最高级时钟（按照[ITU-T G.8275]定义的并包含在[ITU-T G.8272]中的体系结构的T-GM）的OC。
- 2) 只是一个从时钟的OC，即只作为从时钟的OC（按照[ITU-T G.8275]定义的并遵守[ITU-T G.8273.2]附件C的体系结构的T-TSC）。

有两种类型的BC：

- 1) 只是一个最高级时钟（按照[ITU-T G.8275]定义的并包含在[ITU-T G.8272]中的体系结构的T-GM）的BC。
- 2) 能够成为一个最高级时钟并且还能够从属另一个PTP时钟（按照[ITU-T G.8275]定义的并且遵守[ITU-T G.8273.2]的体系结构的T-BC）的BC。

注 – T-GM和最高级时钟（GM）是不同的概念；GM是[IEEE 1588]定义的一个状态，某一个PTP时钟如果在最佳主时钟算法（BMCA）中获胜则可能得到这个状态，而T-GM是[ITU-T G.8275]体系结构中定义的一类时钟。

本协议子集中使用的透明时钟（按照[ITU-T G.8275]定义的体系结构以及相位和时间时钟框架[ITU-T G.8273]的T-TC）是[IEEE 1588]中定义的端到端透明时钟，本协议子集中不允许使用对等透明时钟。

这些PTP时钟类型和[ITU-T G.8275]体系结构中所定义的相位/时间时钟之间的映射如表1所示。

表1 – [ITU-T G.8275]和PTP时钟类型之间的映射

来自[ITU-T G.8275]的时钟类型	描述	来自[IEEE 1588]的时钟类型
T-GM	只作为主时钟的普通时钟 (具有唯一PTP端口的主时钟, 总是GM, 不能从属于另一个PTP时钟)	OC
	只作为主时钟的边界时钟 (具有多个PTP端口的主时钟, 不能从属于另一个PTP时钟)	BC
T-BC	边界时钟 (可能成为GM, 也可能从属于另一个PTP时钟)	BC
T-TSC	只作为从时钟的普通时钟 (总是从时钟, 不能成为GM)	OC
T-TC	透明时钟	端到端TC

6.2.4 单向对比双向操作

在本协议子集中PTP操作必须是双向的, 以便传输相位/时间同步, 原因是必须测量传输延时。因此, 在本协议子集中只允许双向模式。

6.2.5 单步对比两步时钟模式

本协议子集支持单步和两步时钟, 遵守本协议子集的时钟既可以使用单步时钟, 也可以使用两步时钟。

为了遵守[IEEE 1588], 从端口必须能够接收并处理来自单步时钟和两步时钟的报文, 而不需要任何特殊的配置。

6.2.6 用于PTP报文的以太网组播寻址

本PTP电信协议子集采用以太网组播寻址, 用于所有PTP报文的传输。

对于本建议书规定的PTP协议子集, 当使用[IEEE 1588]附件F中定义的PTP映射时, 不可转发的组播地址01-80-C2-00-00-0E和可转发的组播地址01-1B-19-00-00-00都支持。

遵守本协议子集的T-GM、T-BC、T-TSC或T-TC时钟必须能够在其所有的具有PTP能力的端口上处理不可转发的组播地址01-80-C2-00-00-0E和可转发的组播地址01-1B-19-00-00-00。

对于T-GM、T-BC和T-TSC时钟, 由每个端口的配置来选择组播地址; 为了将PTP报文发送到远端的PTP端口, 端口的所有PTP报文必须使用所配置的地址。在远端PTP端口配置其它地址的情况下, 本地PTP端口必须接收并处理接收到的报文。

缺省地址取决于运营商策略, 相关信息见附录III。

对于传输, T-TC的缺省模式不需要任何的配置: T-TC重发PTP报文必须使用与接收到的PTP报文相同的组播目的地址, 必须要支持这种缺省的传输模式。

注 – 对于传输层, 本协议子集采用了[IEEE 1588]附件F、IEEE802.3/以太网之上的PTP传输。特别地, 按照相关的以太网桥模型, 发送以太网端口的适当的MAC地址被置于以太网帧报头的sourceAddress字段, 而该以太网帧封装了由本协议子集定义的所有PTP时钟(即T-GM、T-BC、T-TC或T-TSC)发送的PTP数据包。

本协议子集处理采用以太网组播封装的PTP报文。采用其它封装的PTP报文应基于各自传输协议的转发规则进行转发。

6.2.7 PTP映射

本PTP电信协议子集基于[IEEE 1588]附件F、*IEEE802.3*/以太网之上的PTP传输所规定的PTP映射。

因此，遵守本建议书所描述的协议子集的PTP时钟必须遵守[IEEE 1588]附件F。

*transportSpecific*字段在本协议子集中使用并且必须设为“0”。

在目前考虑的情况下，例如，基于T-BC和T-TC的完整定时支持，在传输PTP报文的帧中插入虚拟局域网（VLAN）标志对于T-GM、T-BC和T-TSC来说是不允许的。在这种情况下，当接收在一个包含VLAN标志的帧内的PTP报文时，则T-GM、T-BC和T-TSC必须丢弃该帧。

附录I讨论了一些基于配置的特定的T-TC。

其它情况下使用VLAN标签有待进一步研究。

6.2.8 报文速率

在本协议子集的范围内，可以使用以下报文，并且必须遵守相应指示的标称速率。

- *Sync*报文（如果使用*Follow_up*报文，它将具有相同的速率） – 标称速率：16个数据包每秒。
- *Delay_Req/Delay_Resp*报文 – 标称速率：16个数据包每秒。
- *Announce*报文 – 标称速率：8个数据包每秒。

传输*Sync*和*Announce*报文时，必须遵守[IEEE 1588]第7.7.2.1节的要求。此外，连续*Sync*报文之间的时间不允许超过上面规定的平均*Sync*间隔的两倍，连续*Announce*报文之间的时间不允许超过上面规定的平均*Announce*间隔的两倍。

[IEEE 1588]第9.5.11.2节中规定了*Delay_Req*报文的传输。

除了[IEEE 1588]第9.5.11.2节第1条和第2条以外，遵守本协议子集的时钟必须遵循下列选项之一：

- 按照[IEEE 1588]第9.5.11.2节第3条的传输时间要求，采用设备特有的分发。在这种情况下，PTP节点必须以90%的置信度、以 $2^{\log \text{MinDelayReqInterval}}$ 的 $\pm 30\%$ 秒之内的报文间隔发出*Delay_Req*报文。
- [IEEE 1588]第9.5.11.2节第4条规定的传输时间要求。

此外，连续*Delay_Req*报文之间的时间不允许超过 $2^{\log \text{MinDelayReqInterval}+1}$ 秒。

本建议书的附录II包含了与[IEEE 1588]第9.5.11.2节规定的*Delay_Req*报文传输有关的附加背景信息。

*Signaling*和*Management*报文的使用有待进一步研究。

6.3 保护问题和备选的BMCA

6.3.1 备选的BMCA

本建议书规定的PTP协议子集采用一个备选的BMCA，见[IEEE 1588]第9.3.1节的描述。该备选的BMCA不同于[IEEE 1588]的缺省的BMCA，区别如下：

- a) 备选的BMCA考虑每个端口的布尔属性masterOnly，如果masterOnly为TRUE，则该端口绝对不会被置于SLAVE状态，将总是会转到MASTER状态。如果masterOnly为FALSE，则该端口可以被置于SLAVE状态。masterOnly属性可通过可配置的端口数据集成成员portDS.masterOnly来进行设置。

对于只能是GM的BC或OC（即T-GM）的端口，该属性的缺省值及其范围为TRUE和{TRUE}。

对于只能作为从时钟的OC（即T-TSC）的端口，该属性的缺省值及其范围为FALSE和{FALSE}。

对于可能是也可能不是GM的BC（例如T-BC）的端口，该属性的缺省值及其范围为TRUE和{TRUE, FALSE}。

注意到对于T-BC，为了使T-BC能够与另一个时钟同步，至少一个端口上的masterOnly属性必须设为FALSE。

- b) Erbest的计算按照[IEEE 1588]第9.3.2.3节提供的描述，除了当端口r的masterOnly属性被设为TRUE时该端口的Erbest必须设置为空集以外，与任何其他的考虑事项无关。因此，Erbest的计算将不会使用在端口r上接收到的任何Announce报文中包含的信息，此时masterOnly属性被设为TRUE。
- c) 备选的BMCA允许多个时钟同时成为激活的GM（clockClass小于128的时钟不能是从时钟）。如果有多个激活的GM，则不是GM的各个时钟要与PTP域内唯一的GM同步。
- d) 每个端口属性localPriority被指配为时钟的各个端口r，并用于Erbest和Ebest的确定。端口r接收到其Announce信息的各个父时钟或者外部主时钟的数据集，在调用下面图2和图3规定的数据集比较之前，会被附加上本地端口r的localPriority属性。localPriority属性不会在Announce报文中发送，在被比较的数据集的所有其它以前的属性均相等的情况下，该属性在数据集比较算法中被用作加赛。localPriority属性可通过可配置的无符号整数端口数据集成成员portDS.localPriority来进行设置，该属性的数据类型为UInteger8，数值范围为{1-255}，缺省值为128。允许遵守本PTP协议子集的时钟支持在该范围内规定数值的一个子集。
- e) 当与本地时钟有关的数据D0与通过Announce报文接收到的关于另一个潜在GM的数据进行比较时，属性localPriority被指配给本地时钟，供需要时使用。本地时钟localPriority属性可通过可配置的无符号整数、缺省数据集成员defaultDS.localPriority来进行设置，该属性的数据类型为UInteger8，数值范围为{1-255}，缺省值为128。允许遵守本PTP协议子集的时钟支持在该范围内规定数值的一个子集。

f) 根据第6.3.7节的图2和3，对数据集比较算法进行修改。

注1 – 由于按照定义，T-GM的所有PTP端口上masterOnly属性的值总为TRUE，因此localPriority属性实际上并未用于T-GM。

注2 – 对于T-GM，备选的BMCA输出实际上是静态的，并且提供了一个推荐的状态=BMC_MASTER，原因是对于T-GM的所有PTP端口，masterOnly属性=TRUE。最后得到的判决码可以是M1或M2，取决于T-GM的状态（即T-GM的clockClass值）。

注3 – 对于T-BC，应根据网络同步规划选择masterOnly属性为FALSE的端口，该参数应保持为TRUE的一个典型用例是防止定时从网络的接入部分传播到该网络的核心部分。

注4 – 主要计划在以下两种情况下使用masterOnly：

- 1) T-GM的PTP端口；
- 2) 朝着树形拓扑接入部分‘下游’方向的T-BC的PTP端口

在其它情况下例如参加了环形体系结构的PTP端口，使用参数masterOnly可能会导致非计划中的运行，特别是在重新配置或者拓扑改变期间。

6.3.2 有关使用localPriority属性的考虑事项

localPriority属性在定义同步网络体系结构方面提供了一个有力工具。

按照备选的BMCA的规定，使用这些属性的缺省值会产生一个无定时回路的同步网络。

当配置的数值不同于缺省值时，必须要进行适当的规划以避免定时回路。

6.3.3 静态时钟属性priority1

在这个PTP协议子集中，时钟属性priority1是不变的，初始化为一个缺省值，等于其范围的中间值128，该数值不允许变更。

在这个版本的PTP电信协议子集中，没有使用参数priority1。将来的版本可能会考虑使用这个属性，这有待进一步研究。

6.3.4 时钟属性priority2

在这个PTP协议子集中，时钟属性priority2是可配置的。

将它初始化为一个缺省值，对于T-GM和T-BC时钟来说，缺省值等于其范围{0-255}的中间值128，对于T-TSC时钟来说，其缺省值为255，范围为{255}。

遵守该PTP协议子集的T-GM或者T-BC必须支持在这个范围内规定的所有的priority2值。遵守该协议子集的T-TSC必须支持接收在整个[IEEE1588]范围内（即{0-255}）规定的所有的priority2值。

附录IV描述了priority2属性的可能用例；其它的范例有待进一步研究。

6.3.5 其它的时钟属性

遵守该PTP协议子集的PTP时钟必须支持接收[不应丢弃]在整个[IEEE1588]范围内规定的clockClass、clockAccuracy和offsetScaledLogVariance的所有数值。

第6.4节规定了时钟属性clockClass的适合数值。

注 – 对表2中未作规定的clockClass数值的接收行为有待进一步研究。

时钟属性clockAccuracy的下列数值运用于以下情况：

- 对于连接至锁定模式下增强的主参考时钟（ePRTC）（即可追溯至全球导航卫星系统（GNSS）的ePRTC）的T-GM，为0x20；
- 对于连接至锁定模式下的PRTC（即可追溯至GNSS的PRTC）的T-GM，为0x21；
- 对于没有连接至锁定模式下的ePRTC也没有连接至锁定模式下的PRTC的T-GM，为0xFE。
- 对于T-BC，始终为0xFE。

时钟属性offsetScaledLogVariance的下列数值运用于以下情况：

- 对于连接至锁定模式下ePRTC（即可追溯至GNSS的ePRTC）的T-GM，为0x4B32。相当于观测区间为10000 s时TDEV为10 ns，对应的PTP方差数值（PTPVAR）为 $1.271 \times 10^{-16} \text{ s}^2$ （见附录IX）；
- 对于连接至锁定模式下PRTC（即可追溯至GNSS的PRTC）的T-GM，为0x4E5D。相当于观测区间为10000 s时TDEV为30 ns，对应的PTP方差数值（PTPVAR）为 $1.144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$ （见附录IX）；
- 对于未连接至锁定模式下ePRTC或锁定模式下PRTC的T-GM，为0xFFFF；
- 对于T-BC，始终为0xFFFF。

6.3.6 状态判定算法

图1中给出了适用于本建议书规定的PTP协议子集的备选BMCA的状态判定算法。在使用该算法作出判决之后，按照[IEEE 1588]第9.3.5节的规定对本地时钟的数据集进行更新，关于该算法使用的细节见[IEEE 1588]第9.3.3节。

6.3.7 数据集比较算法

下面的图2和图3给出了适合于本建议书规定的PTP协议子集的备选BMCA的数据集比较算法。采用该算法，使用代表那些时钟的数据集加上localPriority属性，将一个时钟与其它时钟进行比较。关于该算法使用的细节见[IEEE 1588]第9.3.4节。

如果图2和3中的数据集A或者B包含了父时钟或外部主时钟的数据，则相应的用于其数据集的localPriority为本地端口r的localPriority，在该端口上已经收到了来自父时钟或外部主时钟的信息（见第6.3.1节（d）条）。

如果图2和图3中的数据集A或者B包含了本地时钟的数据D₀，则相应的用于该数据集的相应的localPriority为本地时钟的localPriority（见第6.3.1节（e）条）。

注 1 – 建议实现图2和3中描述的完整的数据集比较算法，即使一些参数现在是静态的，原因是本建议书将来的版本可能会使用它们。

注 2 – 当配置了多个T-GM时，图2中的方框“A的GM clockClass等于或小于127”使网络中不同的T-BC能够同步于不同的T-GM。

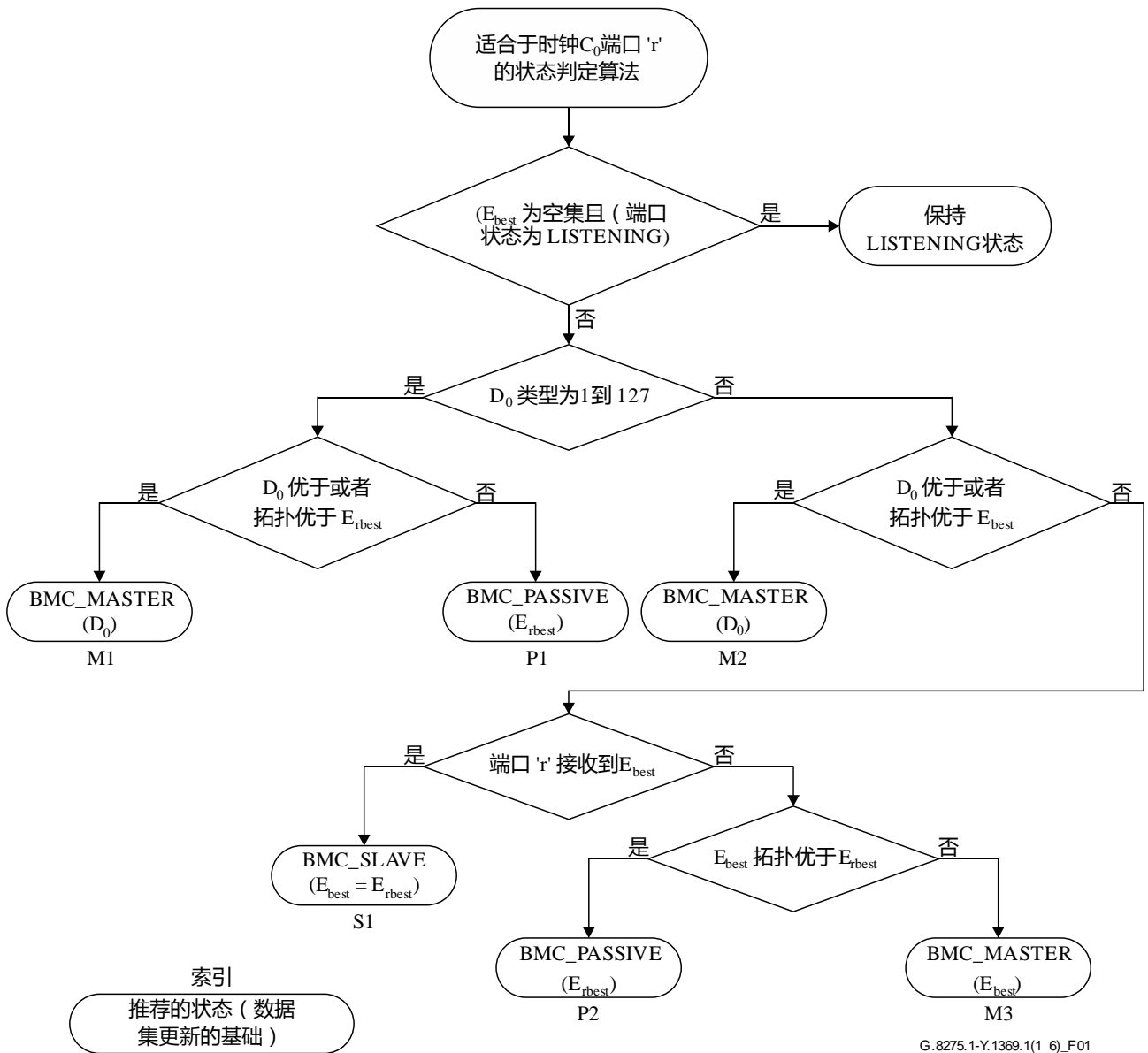


图 1 – 用于备选的BMCA的状态判定算法

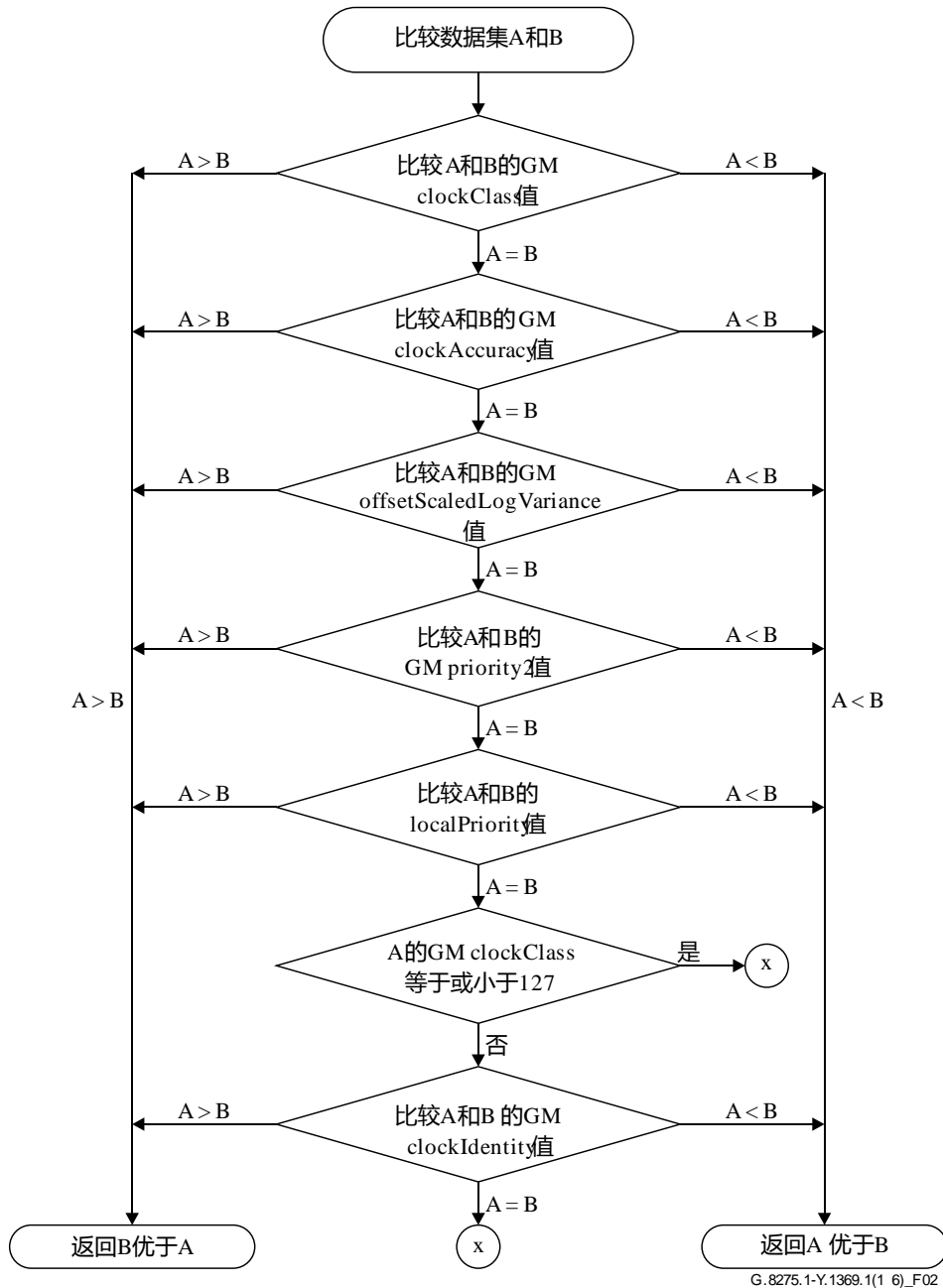
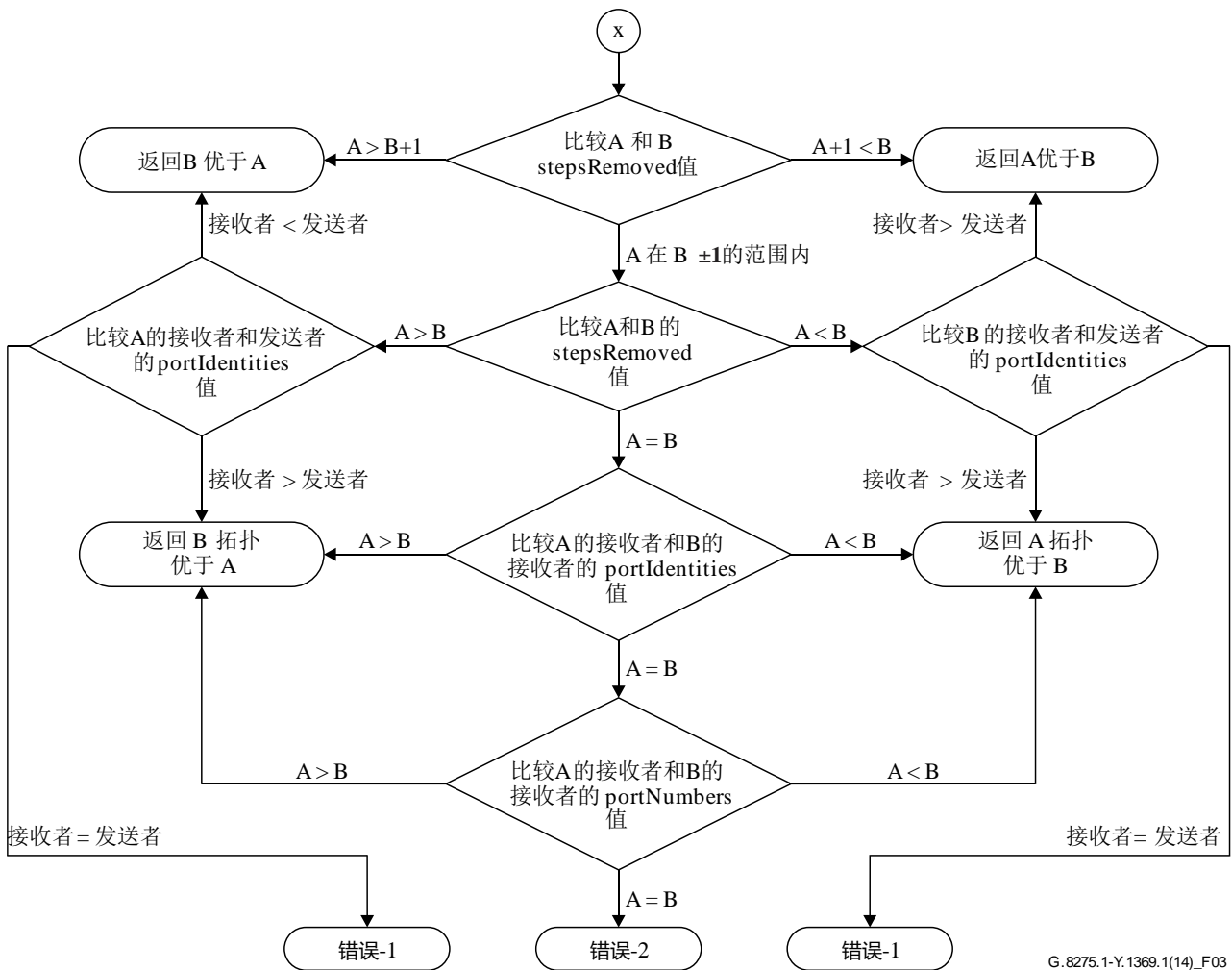


图2 – 用于备选的BMCA的数据集比较算法第1部分



G. 8275.1-Y.1369.1(14)_F03

图3 – 用于备选的BMCA的数据集比较算法第2部分

6.3.8 未使用的PTP字段

在这个PTP协议子集中，有些PTP字段没有被使用。本节定义了适用于这些未使用PTP字段的操作。

本建议书第A.10节中的表A.8定义了PTP公共报头标志数值，以及每个标志是否在本协议子集中被使用。

此外，以下字段在本协议子集中未被使用：

- PTP报文公共报头中的“controlField”在本协议子集中未被使用，对于所有类型的PTP报文，该字段必须被接收机忽略；
- Announce报文中的“priority1”字段未被使用，它必须设为第6.3.3节指定的一个固定值。

当PTP时钟收到一个PTP报文时，而该报文含有一个字段，其使用在这个PTP协议子集中未作规定，并且包含了一个超出允许范围的数值，则在不丢弃该PTP报文的情况下，必须忽略这个字段。

例如，遵守该PTP协议子集的PTP时钟必须忽略接收下列字段的数值，遵守该PTP协议子集的PTP时钟不允许用这些字段的输入值更新其本地数据集。

- flagField – alternateMasterFlag;
- flagField – unicastFlag;
- flagField – PTP协议子集特例1;
- flagField – PTP协议子集特例2。

当PTP时钟收到一个PTP报文时，而该报文含有一个字段，其使用在这个PTP协议子集中作了规定但包含一个超出允许接收范围的数值，则必须丢弃这整个PTP报文。除了属性clockClass、clockAccuracy、offsetScaledLogVariance和priority2以外（见第6.3.4节和第6.3.5节），接收和defaultDS成员的范围是相同的。

例如，当下列字段中的任何一个超出了本协议子集的允许范围时，兼容时钟必须放弃接收进入的数据包（通用和事件报文）：

- domainNumber;
- versionPTP。

时钟的本地数据集不准使用进入数据进行更新。

注1 – 如果某一时钟收到一个Announce报文，含有的“priority1”字段被设置成除了128之外的数值，并且如果通告该数值的时钟被选为GM，则接收时钟必须再次通告128。对于备选的BMCA来说，接收时钟必须忽略未使用的属性priority1。

注2 – 时钟属性priority2、clockClass、clockAccuracy和offsetScaledLogVariance的允许接收范围是各自完整的[IEEE1588]范围，见第6.3.4和6.3.5节。

6.4 相位/时间可追溯性信息

为了分发相位/时间可追溯性信息，必须在该PTP电信协议子集中使用下面表2中描述的clockClass数值。表4提供了用于互通目的的附加信息。

在本协议子集中，出现在PTP报文报头的frequencyTraceable标志规定如下：如果PTP时钟可追溯至锁定模式的PRTC或者主参考时钟（PRC），如采用可追溯物理层频率输入的PRC，则该参数必须设置为TRUE，否则必须设置为FALSE。第6.3节定义的备选BMCA不会使用该标志；表2中提供的该标志的数值可以被网络运营商用于监视，或者被终端应用用于采取明确的行动，见附录VIII的描述。

当T-GM最初进入保持时，会将其使用的clockClass数值降为7，然后计算其输出端的时间误差是否仍在保持技术要求的范围之内。当T-GM确定其输出端的时间误差已经超出了保持技术要求时，会将其使用的clockClass数值降为140、150或160，这取决于其频率基准的质量（内部振荡器或在外部接口上接收到的物理层频率信号）。

当T-BC最初进入保持时，会将其使用的clockClass数值降为135，然后计算其输出端的时间误差是否仍在保持技术要求的范围之内。当T-BC确定其输出端的时间误差已经超出了保持技术要求时，会将其使用的clockClass数值降为165（内部振荡器或在外部接口上接收到的物理层频率信号）。

注1 – 适用的保持技术要求取决于同步网络的设计和预算，网络预算的例子见[ITU-T G.8271.1]附录V。当T-GM或T-BC用于保持但仍满足1.5μs的总的时间误差时，[ITU-T G.8271.1]表V.1所示的故障情况下描述的保持预算的典型数值为400 ns。

表2 – 适合的clockClass值

相位/时间可追溯性描述	defaultDS. clockQuality. clockClass	frequencyTraceable 标志	timeTraceable 标志
连接至锁定模式下PRTC（例如，可追溯至GNSS的PRTC）的T-GM	6	TRUE	TRUE
处于保持的T-GM，在保持技术要求范围内，可追溯至第1类频率源（注1）	7	TRUE	TRUE
T-GM处于保持，在保持技术要求范围内，不可追溯至第1类频率源（注1）	7	FALSE	TRUE
T-BC处于保持，在保持技术要求范围内，可追溯至第1类频率源（注1）	135	TRUE	TRUE
T-BC处于保持，在保持技术要求范围内，不可追溯至第1类频率源（注1）	135	FALSE	TRUE
T-GM 处于保持，超出了保持技术要求，可追溯至第1类频率源（注1）	140	TRUE	FALSE
T-GM处于保持，超出了保持技术要求，可追溯至第2类频率源（注1）	150	FALSE	FALSE
T-GM处于保持，超出了保持技术要求，可追溯至第3类频率源（注1）	160	FALSE	FALSE
T-BC处于保持，超出了保持技术要求（注1）	165	（注2）	FALSE

表2 – 适合的clockClass值

相位/时间可追溯性描述	defaultDS. clockQuality. clockClass	frequencyTraceable 标志	timeTraceable 标志
T-GM或T-BC从启动开始没有时间基准	248	(注2)	FALSE
只作为从时钟的OC（不发送Announce报文）	255	(注2)	根据PTP

注1 – 用于控制通告clockClass值7或135所花时间的保持技术要求门限可以设置为0，以便T-GM或者T-BC一失去对PRTC的跟踪之后就通告一个降低的clockClass值。在这种情况下，在起初通告clockClass值140、150、160或165之后，时钟仍可以处于保持技术要求范围之内。

注2 – frequencyTraceable标志可以是TRUE或FALSE，取决于可追溯物理层频率输入信号的PRC的可用性。

注3 – 作为一个选项，T-BC的clockClass范围在某些情况下可以从(135、165、248)扩展到(135、140、150、160、165、248)，其中，(a)140、150、160和165与频率基准的质量有关，(b)140、150和160的适用环境与T-GM的适用环境相同，(c)165对应于同步以太网设备时钟（EEC）。如果采用该选项，则在单一PTP域内，所有的PTP时钟均应实现该选项（并且不应与未实现该选项的时钟混用），细节有待进一步研究。

注4 – 本表中的术语“保持”指的是“时间保持”。

表3描述了如何将[ITU-T G.781]中定义的时钟质量水平（QL）映射到表2所使用的第1、2、3类频率源。

表3 – [ITU-T G.781]时钟QL到第1、2、3类频率源的映射

类别(表2中)	ITU-T G.781选项 I QLs	ITU-T G.781选项II QLs
第1类频率源	QL-PRC	QL-PRS
第2类频率源	QL-SSU-A	QL-ST2
第3类频率源	QL-SSU-B	QL-ST3E

注2 – T-BC作为GM、具有来自PRTC的外部相位/时间输入的情况，通过具有本建议书附件C所描述的相关 $E_{r_{best}}$ 属性的虚拟PTP端口进行处理，如。具有不同于PRTC的相位/时间外部同步输入的T-BC一般情况有待进一步研究。

表4提供了以频率基准的质量为基础的表2的clockClass值的一个子集，以及在本建议书之前部署的一些设备所使用的相应数值的映射。

注3 – 当需要与在本建议书之前部署的设备互操作时，将需要支持双方的clockClass数值集。对于完全的互操作，可能还需要其它的方面。

表4 – 在本建议书之前部署的设备的clockClass数值

相位/时间可追溯性描述	表2中的规定值	本建议书之前的数值
连接至锁定模式下PRTC的T-GM（例如，可追溯至GNSS的PRTC）	6	6
T-GM处于保持，超出了保持技术要求，可追溯至第1类频率源（注1）	140	7
T-GM处于保持，超出了保持技术要求，可追溯至第2类频率源（注1）	150	（注2）
T-GM处于保持，超出了保持技术要求，可追溯至第3类频率源（注1）	160	52
T-GM处于保持，超出了保持技术要求，使用未指定的频率源（注1）	165	187
只作为从时钟的OC（不发送Announce报文）	255	255
注 1 – 在起初通告了大于6的clockClass数值之后，时钟仍可以处于保持技术要求范围之内。 注2 – 参照给该设备指定的适合数值。		

7 具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的ITU-T PTP协议子集

附件A中包含了具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的PTP协议子集。

8 安全性问题

待进一步研究。

附件 A

具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的 ITU-T PTP协议子集

(本附件构成该建议书的组成部分。)

按照[IEEE 1588]的规定，本附件包含具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的PTP电信协议子集。为了遵循这个PTP电信协议子集，必须达到本附件以及该建议书正文中的要求。

A.1 协议子集标识

profileName: 具有网络完整定时支持、用于相位/时间分发的ITU-T PTP协议子集
profileVersion: 2.0
profileIdentifier: 00-19-A7-01-02-00

本协议子集由ITU-T规定。

可以从www.itu.int获得副本。

注 – 本建议子集的版本1给clockClass、clockAccuracy、offsetScaledLogVariance以及T-TSC的priority2的容许值限定了一个范围，收到超出该容许范围的数值会导致Announce报文被丢弃。本协议子集的版本2将容许值的范围增加到PTP的整个范围。在部署了ePRTC的网络中，ePRTC使用了clockAccuracy和offsetScaledLogVariance的超出了版本1范围的新数值，则所有的时钟均需要使用本协议子集的版本2。如果网络中没有部署ePRTC，则该网络运行可以混用版本1时钟和版本2时钟。

A.2 PTP属性值

表A.1、A.2、A.3、A.4、A.5、A.6和A.7中包含了用于本协议子集的PTP属性的缺省值及其范围。对于属性clockClass、clockAccuracy、offsetScaledLogVariance和priority2，显示的范围是适用于defaultDS的范围。

注 – 关于父时钟选择、parentDS更新、Announce报文发送，边界时钟遵循[IEEE 1588]的准则，因此它发送的数值可能会不同于defaultDS数值。

本协议子集未指定的属性必须使用[IEEE 1588]中规定的缺省初始值和范围。

这些表格给数据集的每个成员提供了缺省初始值和范围：

- 电信最高级时钟：只能作为GM（按照[ITU-T G.8275]的说法为T-GM – 链路的第一个PTP时钟）的普通时钟或边界时钟；
- 电信时间从时钟：clockClass = 255的普通时钟（按照[ITU-T G.8275]的说法为T-TSC – 链路的最后一个PTP时钟）；
- 电信边界时钟：可能是也可能不是GM的边界时钟；如果这样一个时钟是网络中最好的时钟则是GM（按照[ITU-T G.8275]的说法为T-BC – 链路的中间PTP时钟）；
- 电信透明时钟：端到端的透明时钟（按照[ITU-T G.8275]的说法为T-BC – 链路的中间PTP时钟）。

这些PTP时钟类型与 [ITU-T G.8275]体系结构中规定的相位/时间时钟之间的映射见第6.2.3节表1的描述。

表A.6和A.7中规定的适用于透明时钟的属性是可选的。

表A.1 – defaultDS数据集成员一览表

[IEEE 1588]的章节	数据集成员	电信最高级时钟要求		电信时间从时钟要求		电信边界时钟要求	
		缺省初始值	范围	缺省初始值	范围	缺省初始值	范围
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (静态的)	按照PTP	{FALSE, TRUE}	按照 PTP	{FALSE, TRUE}	按照PTP	{FALSE, TRUE}
8.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (静态的)	按照PTP, 基于EUI-64格式	按照PTP	按照PTP, 基于EUI-64格式	按照PTP	按照PTP, 基于EUI-64格式	按照PTP
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (静态的)	对于OC为1 对于BC按照PTP	对于OC为{1} 对于BC按照PTP	1	{1}	按照PTP	按照PTP
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (动态的)	248	{6, 7, 140, 150, 160, 248}	255	{255}	248	{135, 165, 248}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.clockAccuracy (动态的)	0xFE	{0x20, 0x21, 0xFE} (Note)	0xFE	{0xFE}	0xFE	{0xFE}
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance (动态的)	0xFFFF	{0x4B32, 0x4E5D, 0xFFFF} (Note)	0xFFFF	{0xFFFF}	0xFFFF	{0xFFFF}
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (可配置的)	128	{128}	128	{128}	128	{128}
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (可配置的)	128	{0-255}	255	{255}	128	{0-255}
8.2.1.4.3	defaultDS.domainNumber (可配置的)	24	{24-43}	24	{24-43}	24	{24-43}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (可配置的)	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}
新成员	defaultDS.localPriority (可配置的)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
新成员	defaultDS.maxStepsRemoved (可配置的)	255	{1-255}	255	{1-255}	255	{1-255}

注 – 适合数值的例子见第6.3.5节。

表 A.2 – currentDS数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集成员	电信最高级时钟要求		电信时间从时钟要求		电信边界时钟要求	
		缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围
8.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (动态的)	按照PTP	按照 PTP	按照PTP	按照 PTP	按照PTP	按照PTP
8.2.2.3	currentDS.offsetFromMaster (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照 PTP	按照PTP	按照PTP
8.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照 PTP	按照 PTP	按照PTP

表 A.3 – parentDS数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集的成员	电信最高级时钟要求		电信时间从时钟要求		电信边界时钟要求	
		缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围
8.2.3.2	parentDS.parentPortIdentity (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照PTP	按照PTP
8.2.3.3	parentDS.parentStats (动态的)	(注)	(注)	(注)	(注)	(注)	(注)
8.2.3.4	parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance (动态的)	(注)	(注)	(注)	(注)	(注)	(注)
8.2.3.5	parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate (动态的)	(注)	(注)	(注)	(注)	(注)	(注)
8.2.3.6	parentDS.grandmasterIdentity (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照PTP	按照PTP
8.2.3.7	parentDS.grandmasterClockQuality (动态的)	按照 PTP	按照PTP	按照 PTP	按照 PTP	按照PTP	按照PTP
8.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照 PTP	按照PTP	按照 PTP
8.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照 PTP	按照PTP	按照 PTP

注 – 按照PTP，不适用于本协议子集。

表 A.4 – timePropertiesDS数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集的成员	电信最高级时钟要求		电信时间从时钟要求		电信边界时钟要求	
		缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围
8.2.4.2	timePropertiesDS.currentUtcOffset (动态的)	按照PTP	按照PTP	按照PTP	按照PTP	按照PTP	按照 PTP
8.2.4.3	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid (动态的)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (动态的)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (动态的)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.6	timePropertiesDS.timeTraceable (动态的)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (动态的)	FALSE	{FALSE, TRUE} 注	FALSE	{FALSE, TRUE} 注	FALSE	{FALSE, TRUE} 注
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptpTimescale (动态的)	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}
8.2.4.9	timePropertiesDS.timeSource (动态的)	0xA0	按照 PTP	0xA0	按照PTP	0xA0	按照PTP

注 – 如果该时钟可追溯至锁定模式下的PRTC或PRC（例如，使用可追溯物理层频率输入的PRC），则这个参数必须设置为TRUE，否则必须为FALSE。

表 A.5 – portDS 数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集的成员	电信最高级时钟的主端口要求		电信时间从时钟的从端口要求		电信边界时钟要求	
		缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (静态的)	按照PTP, 基地EUI-64 格式	按照PTP	按照PTP, 基于 EUI-64 格式	按照PTP	按照PTP, 基于 EUI-64 格式	按照PTP
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.portNumber (静态的)	对于OC为1 对于BC按照PTP	对于OC为{1} 对于BC按照 PTP	1	{1}	按照PTP	按照 PTP
8.2.5.3.1	portDS.portState (动态的)	按照 PTP	按照PTP	按照PTP	按照PTP	按照 PTP	按照PTP

表 A.5 – portDS 数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集的成员	电信最高级时钟的主端口要求		电信时间从时钟的从端口要求		电信边界时钟要求	
		缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围	缺省的初始值	范围
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (动态的)	-4	{-4}	-4	{-4}	-4	{-4}
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (动态的)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (可配置的)	-3	{-3}	-3 (注2)	{-3} (注2)	-3	{-3}
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (可配置的)	3	{3-z} z为FFS	3	{3-z} z为FFS	3	{3-z} z为FFS
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (可配置的)	-4	{-4}	-4 (注2)	{-4} (注2)	-4	{-4}
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (可配置的)	01	{01}	01	{01}	01	{01}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (可配置的)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (可配置的)	2	{2}	2	{2}	2	{2}
新成员	portDS.masterOnly (可配置的)	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE, FALSE}
新成员	portDS.localPriority (可配置的)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}

注1 – 按照PTP，不适用于本协议子集。
注2 – 只作为从时钟的OC不发送此类报文。

表 A.6 – transparentClockDefaultDS 数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集成员	电信透明时钟要求	
		缺省初始值	范围
8.3.2.2.1	transparentClockDefaultDS.clockIdentity (静态的)	按照PTP，基于EUI-64格式	按照PTP
8.3.2.2.2	transparentClockDefaultDS.numberPorts (静态的)	对于TC，按照PTP	对于TC按照PTP
8.3.2.3.1	transparentClockDefaultDS.delayMechanism (可配置的)	01	{01}
8.3.2.3.2	transparentClockDefaultDS.primaryDomain (可配置的)	24	{24-43}

表 A.7 – transparentClockPortDS数据集成员一览表

[IEEE 1588] 的章节	数据集成员	电信透明时钟要求	
		缺省初始值	范围
8.3.3.2.1	transparentClockPortDS.portIdentity (静态的)	按照 PTP，基于EUI-64格式	按照PTP
8.3.3.3.1	transparentClockPortDS.logMinPdelayReqInterval (动态的)	(注1)	(注1)
8.3.3.3.2	transparentClockPortDS.faultyFlag (动态的)	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.3.3.3.3	transparentClockPortDS.peerMeanPathDelay (动态的)	(注1)	(注1)

注1 – 按照PTP，不适用于本协议子集。

A.3 PTP选项

A.3.1 必需的、允许的或禁止的节点类型

在本协议子集中，允许的节点类型为：普通时钟、边界时钟和端到端透明时钟。

在本协议子集中，禁止的节点类型为：对等透明时钟。

A.3.2 单步对比两步时钟模式

单步时钟和两步时钟都是允许的，时钟必须能够接收并处理发自单步和两步时钟的报文，不要求时钟支持以单步和两步模式发送报文。

A.3.3 必需的、允许的或禁止的传输机制

按照[IEEE 1588]的附件F，本协议子集中必需的传输机制为IEEE 802.3/以太网。为了遵守本协议子集，要求不可转发的组播地址01-80-C2-00-00-0E和可转发的组播地址01-1B-19-00-00-00均能支持。

在本协议子集范畴内所有其它的传输机制有待进一步研究。

A.3.4 单播报文

所有的报文均采用组播发送，使用第A.3.3节中的两个组播地址的其中之一。在本协议子集的这个版本中单播模式是不允许的。

A.4 最佳主时钟算法选项

本协议子集采用该建议书第6.3节中描述的备选BMCA。

A.5 路径延时测量选项（延时请求/延时响应）

本协议子集中采用延时请求/延时响应机制，不准使用对等延时机制。

A.6 时钟标识符格式

如[IEEE 1588]第7.5.2.2.2节所示，必须支持采用IEEE EUI-64生成时钟标识符，不支持非IEEE的clockIdentity格式。

A.7 配置管理选项

管理方面有待进一步研究，将在本协议子集将来的版本中予以规定。

A.8 安全性问题

安全性问题有待进一步研究，[IEEE 1588]附件K的试验性安全协议未被采用。

A.9 IEEE 1588的其它可选特性

本协议子集的这个版本未使用[IEEE 1588]的其它可选特性，这些特性包括单播报文协商（[IEEE 1588]第16.1节）、备用的时标（[IEEE 1588]第16.3节）、最高级时钟组（[IEEE 1588]第17.3节）、备用的主时钟（[IEEE 1588]第17.4节）、单播发现（[IEEE 1588]第17.5节）、可接受的主时钟表（[IEEE 1588]第17.6节）以及试验性的累积频率换算因子偏移（[IEEE 1588]附件L）。

A.10 PTP公共报头标志

表A.8给出了PTP公共报头标志的数值，以及每个标志是否在本协议子集中被使用。

注 – 有些标志只在特定的PTP报文中使用，不会用于所有的PTP报文，见[IEEE 1588]第13.3.2.6节。必须遵守[IEEE 1588]第13.3.2.6节规定的以下准则：“对于[IEEE 1588]表20中未规定其标志位的报文类型，该比特的值应为FALSE。”

表A.8 – PTP标志

标志	要设的值	接收节点的行为
alternateMasterFlag	FALSE	忽略标志
twoStepFlag	按照PTP	已用
unicastFlag	FALSE	忽略标志
PTP协议子集特例1	FALSE	忽略标志
PTP协议子集特例2	FALSE	忽略标志
保留	FALSE	被PTP保留，忽略该标志
leap61	按照PTP	已用
leap59	按照PTP	已用
currentUtcOffsetValid	按照PTP	已用
ptpTimescale	TRUE	已用
timeTraceable	见表2	已用
frequencyTraceable	见表2	已用
第1字节、第6位	(注1)	(注1)
注1 – 附件E中已经定义了另外的标志“synchronizationUncertain”；使用“synchronizationUncertain”标志是可选的。		

附件B

选用备选的BMCA建立PTP拓扑

(本附件构成该建议书的组成部分。)

本PTP电信协议子集定义了一个备选的BMCA，允许采用两种主要的方法建立相位/时间同步网络的拓扑：

- 自动拓扑建立：当将该建议书中定义的localPriority属性设置成其缺省值时，由备选的BMCA自动地建立PTP拓扑，该备选的BMCA以PTP时钟交换的Announce报文为基础，在此运算之后建立具有到T-GM最短路径的同步树。在该模式下，在故障事件和拓扑重新配置期间，备选的BMCA将会再次运行并形成新的同步树。该备选的BMCA运算能确保在不需要人工干预或预先网络分析的情况下不会产生定时回路。形成新PTP拓扑的收敛时间取决于网络的规模以及PTP参数的具体配置。
- 人工网络规划：使用该建议书中定义的localPriority属性的不同数值而不是其缺省值，能够人工地建立同步网络拓扑，其方式与通常以同步状态信息（SSM）为基础运行的同步数字系列（SDH）网络类似。然而，在部署之前要仔细地进行网络规划以避免出现定时回路。

附件C

在T-BC中包含一个外部的相位/时间输入接口

(本附件构成该建议书的组成部分。)

本附件描述了适用于在T-BC中包含一个外部相位/时间输入接口的模型，使该外部端口能够参与源的选择。本附件介绍了高级的原理。

虚拟PTP端口和虚拟 $E_{r_{best}}$ 与T-BC的外部相位/时间输入（例如，来自PRTC）相关，以便使该外部接口能够参与PTP协议。

以下属性与虚拟PTP端口相关：

- clockClass;
- clockAccuracy;
- offsetScaledLogVariance;
- localPriority。

在PRTC连接至外部相位/时间接口的情况下，stepsRemoved属性必须设为0。

指配给虚拟PTP端口的grandmasterIdentity为T-BC本身的clockIdentity。指配给虚拟PTP端口的portNumber数值应不同于已经指配给T-BC PTP端口的portNumber数值。

指配给虚拟PTP端口的、在数据集比较算法中使用的其它参数的数值有待进一步研究。

注1 – 具有不同于PRTC的相位/时间外部同步输入的T-BC一般情况有待进一步研究。

注2 – 如果外部相位/时间接口包含一个时刻数据信道用于发送时间及相关信息，则在获取虚拟PTP端口的相关PTP属性的数值时应考虑这些信息。要发送的时间信息的细节有待进一步研究，初步的描述见[ITU-T G.8272]的附录III。

附件D

路径跟踪（可选的）

（本附件构成该建议书的组成部分。）

为了跟踪网络中PTP同步基准的实际路径，遵守本协议子集的PTP时钟能够可选地支持按照[IEEE 1588]第16.2节的路径跟踪选项。

该特性是可选的；然而，如果支持它，则应按以下描述予以支持。

例如，该选项可用于支持网络故障情况下的故障查找分析。

应该有可能对PTP时钟进行配置，以便路径跟踪类型长度值（TLV）不会被该时钟进一步转发（例如，这在网络管理接口上可能是必需的）。

注1 – 很可能网络中不是所有的PTP时钟都支持路径跟踪TLV，预期的行为是在进入的Announce报文传送路径跟踪TLV的情况下，该TLV会被这些节点丢弃。

注2 – 路径上的T-TC会将自己的clockIdentity添加到路径跟踪TLV之中。

附件E

同步不确定指示（可选的）

(本附件构成该建议书的组成部分。)

本附件是可选的，但如果设备实现它，则有必要遵守这里提出的要求。当PTP时钟选择一个新的起源作为同步时间源时，与这个新的起源有关的PTP端口会被置于UNCALIBRATED状态，这个PTP端口状态显示该PTP时钟正处于与时间源同步的过程中，这个状态的持续时间和功能是设备特有的，在此期间，PTP时钟可能会在频率和相位方面有较大的或快速的变化，但最好是更新的起源信息应向下游传播使得拓扑能够稳定下来，也许不希望下游的PTP时钟去使用该定时信息，因此，关于UNCALIBRATED状态与下游PTP时钟进行通信将是有益的。

由出口发送的Announce报文所使用的本地synchronizationUncertain布尔值为FALSE，除了在以下条件下其布尔值应为TRUE以外：

- 从父时钟收到的Announce报文的synchronizationUncertain标志为TRUE；或
- 入口处于UNCALIBRATED状态；或
- 设备特有的条件。

当synchronizationUncertain条件为TRUE时，则发送的Announce报文中flagField –第1字节、第6位设为1，否则，当synchronizationUncertain条件为FALSE时，该位设为0。

附件F

限制参考链（可选的）

（本附件构成该建议书的组成部分。）

[IEEE1588]定义的参数stepsRemoved用于显示网络中某一时钟与最高级时钟之间的距离，最初作为检测可能存在于PTP系统中的环状路径的一种有用工具，缺省地，要求时钟不应接受其stepsRemoved字段等于或大于255的任何Announce报文，以便确保使流氓帧无效。

本协议子集包含一个缺省的数据集成员maxStepsRemoved，它允许运营商将其配置成小于255的数值，PTP域内所有的时钟中所配置的数值通常是相同的。一旦配置了该数值，时钟将不会接受其进入报头中的stepsRemoved字段达到或超过maxStepsRemoved字段的任何收到的Announce报文。对于这种可配置性，有两个主要的用例。

首先，参照[ITU-T G.8271.1]和[ITU-T G.8275]，已完成的分析表明多达20个时钟可以横贯在最高级时钟和从时钟之间，而保持适当的网络性能。如果运营商希望确保不超过网络性能限值，或者不超过链路长度，则可以将该参数配置为较小的数值（例如20或21）。

其次，如果运营商在环形拓扑中部署PTP，则可能要将maxStepsRemoved参数配置成更小的数值，以便时钟可以更加快速地识别流氓帧，采取纠正措施使它们无效并更新拓扑。

附录 I

有关使用透明时钟的考虑事项

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

在本协议子集中集成透明时钟被认为是像2端口类型设备这样的应用所特别关注的。

对于更加复杂的拓扑和多端口设备，建议要进行一些仔细的分析。特别地，如果运营商希望防止组播数据包泛洪网络，则可能需要一些特定的节点配置。

可以考虑一些选项，例如，采用在传送PTP的帧中插入VLAN标志来配置T-TC。在这种情况下，采用该选项的PTP通信路径上所有的T-TC均应支持该选项。最后一个T-TC节点需要去掉VLAN标志，采用该选项，通过跨越T-TC的VLAN虚拟连接与T-GM、T-BC和T-TSC的物理端口相连，可以避免组播泛洪，这样T-GM、T-BC或T-TSC的PTP端口将不会处理VLAN标记的帧。

相关的操作上的含意需要进行仔细考虑。

附录 II

有关Delay_Req报文传输的考虑事项

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

本附录讨论了当使用[IEEE 1588]第9.5.11.2节第3条定义的缺省均匀分布时, [IEEE 1588]规定的对于Delay_Req报文传输的要求, 该均匀分布不会在本建议书规定的PTP电信协议子集中使用; 第6.2.8节已经规定了协议子集专用的分布。

[IEEE 1588]第9.5.11.2节规定要求的第2个划虚线的条款控制连续Delay_Req报文之间时间的变化, 类似于[IEEE 1588]第7.7.2.1节给出的对Sync和Announce报文发送的相应要求。然而, 关键的区别在于当对Sync报文的要求应用于报文之间的时间间隔全体时, 对Delay_Req报文的要求只适用于全体的平均值。

更确切地说, 假设已经测量得到了总数为 N 的报文之间的时间间隔, 令 T_j 为测得的数值, $j = 1, 2, \dots, N$ 。样本均值 m 只是数值的平均, 即

$$m = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j \quad (\text{II.1})$$

令 T_{min} 为最小的Delay Request间隔; 等于 $2^{\text{portDS.logMinDelayReqInterval}}$ s。上述的第2个划虚线的条款表明该分布的均值必须以90%或更高的统计置信度大于或等于 T_{min} 。

这个统计检验是众所周知的, 基于 m 的分布会随着 N 变大逼近于正态分布这一事实(即基于中心极限定理)。令 σ 为报文之间时间分布即 T_j 分布的标准偏差, $z_{0.90}$ 为标准正态分布的第90个百分点, $z_{0.90} = 1.281$ 。则该分布真正的均值大于量 $q_{0.1}$ 的概率为0.9, 即90%。

$$q_{0.1} = m - z_{0.90} \sqrt{\frac{\sigma}{N}} \quad (\text{II.2})$$

该分布的均值小于这个数值的概率为0.1, 此外, 如果 σ 未知, 样本标准偏差 s 可以用于方程式(II.2), 并且正态分布可以用具有 $N-1$ 自由度的学生- t 分布代替。样本标准偏差由下式给出:

$$s = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (T_j - m)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{II.3})$$

为了满足要求, 量 $q_{0.1}$ 必须大于 T_{min} , 从方程式(II.2)可以看出随着 N 接近无穷大 $q_{0.1}$ 逼近于 m , 由于报文之间时间分布的均值 m 会随着 N 接近无穷大而收敛, 只要分布的均值大于 T_{min} , 对于足够大的 N , 要求就能得到满足。分布的均值必须大于 T_{min} ; 如果分布的均值正好等于 T_{min} 或小于 T_{min} , 则要求不能得到满足。

如果选择遵守[IEEE 1588]第9.5.11.2节第3个划虚线的条款的要求，则满足要求的一种方式是将概率分布的上边界增加10%，如果这样做，要选择传输时间使得连续*Delay_Req*报文之间的时间间隔取自在0和 $2.2T_{min}$ 之间区间上的均匀分布。对每个发送的报文，计算一个新的针对发送间隔的随机值，当由测量的样本计算平均的*Delay_Req*间隔以便检验它是否以90%或更高的统计置信度超过 T_{min} 时（如果采用第3个划虚线的条款），测量的样本数量*N*必须至少为1000。该分布的粒度必须小于或等于*Sync*间隔的1/16。

如果选择满足[IEEE 1588]第9.5.11.2节第4个划虚线的条款的要求时，收到*Sync*报文之后要尽快地发送*Delay_Req*报文，不违反第2个划虚线的条款。

附录 III

关于PTP以太网组播目的地址选择的考虑事项

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

当采用[IEEE 1588]附件F规定的PTP映射时，本PTP协议子集既要支持不可转发的组播地址01-80-C2-00-00-0E，也要支持可转发的组播地址01-1B-19-00-00-00。

要使用的以太网组播地址取决于运营商的策略；更多的考虑事项提供如下。

与T-BC或T-TC的PTP端口有关的第2层桥接功能不应转发任何具有目的MAC地址为01-1B-19-00-00-00的帧；这可以通过在过滤数据库中适当地规定这个组播地址来实现。

选项1 – 使用不可转发的组播地址01-80-C2-00-00-0E

一些网络运营商认为PTP报文绝不能经不知道PTP的网络设备转发。

使用不可转发组播地址01-80-C2-00-00-0E能在绝大多数时间保证这项特性（除了存在一些比较老的以太网设备以外）。

因此，在网络设备错误配置的情况下（例如，如果知道PTP的网络设备中PTP功能未激活），使用这个组播地址防止了错误的同步分发，原因是不知道PTP的网络设备将会封锁该PTP报文。

选项2 – 使用可转发的组播地址01-1B-19-00-00-00

一些网络运营商认为使用可转发组播地址更为灵活，在某些设备被错误配置成非PTP节点的情况下，转发PTP报文以保持同步链路的运行更为可取，尽管会存在潜在的性能下降风险。网络管理系统（NMS）将会很容易发现错误配置并发送告警。

然而，有可能通过在各个以太网设备的过滤数据库中适当地规定这个组播地址来封锁该PTP报文。

附录 IV

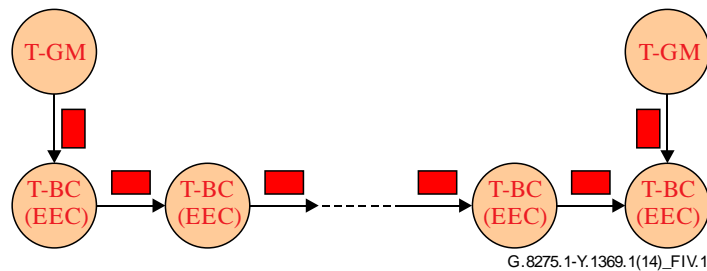
有关使用priority2的考虑事项

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

在本协议子集中，PTP属性priority2是可配置的，在一些特殊的场合，使用priority2属性能够简化网络管理，本附录描述了两个用例；其它可能的范例有待进一步研究。

范例1

运营商能够配置PTP属性priority2使所有的T-BC不仅能够追溯至一个T-GM，而且能够同时追溯至两个不同的T-GM。

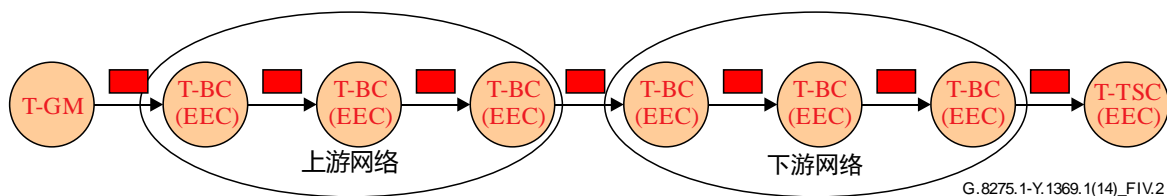


图IV.1 – priority2用于网络中的两个T-GM

例如，在图IV.1中，如果两个T-GM的所有其它PTP属性均相同，并且这两个T-GM均配置了相同的priority2属性数值，则各个T-BC将会选择具有最短路径的T-GM，如果两个T-GM配置了不同的priority2属性数值，所有的T-BC将会与具有最小priority2属性的T-GM同步。

范例2

运营商能够配置PTP属性priority2，防止上游网络的T-BC在T-GM出现故障的时候与下游网络的T-BC同步。



图IV.2 – priority2用于不同网络层的T-BC

例如，在图IV.2中，如果所有T-BC的所有其它PTP属性均相同，并且所有T-BC的PTP属性均配置成相同的数值，则当T-GM出现故障时，上游网络中的T-BC能够与下游网络中的T-BC同步，这取决于所有T-BC的clockIdentity数值。如果上游网络中的T-BC配置的priority2数值比下游网络中的T-BC小，则当T-GM出现故障时，下游网络中的T-BC将与上游网络中的T-BC同步。

附录 V

PTP时钟状态描述以及Announce报文的相关内容

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

V.1 附录的用途

本附录提供了与可能的T-GM和T-BC时钟状态有关的信息。相对于只是单独的PTP端口状态，时钟状态信息旨在提供整个时钟运行状态的高级显示，按照[IEEE 1588]的规定，它提供了时钟状态和PTP端口状态之间的映射。此外，它提供了一个表格显示将会在各种时钟状态中出现的Announce报文字段的内容。

捕获时钟状态，如果包含在某一个设备中，它使得T-GM或T-BC能够延迟该时钟所发送的GM信息的分发。该捕获时钟状态的用途是在T-GM或T-BC将时标用于该时钟的节点时间之前，能够经过若干时间以可以接受的精度确立这个时标。

注 – 本附录范围内为捕获时钟状态规定的步骤并不遵从[IEEE 1588]的步骤，由该状态引入的延时能够影响PTP拓扑重新配置期间整体的稳定时间。

采用本附录的步骤开展包括时钟在内的网络部署是运营商的职责。

V.2 状态描述

– 自由运行状态

PTP时钟绝不会与时间源同步，也不会处于与某个时间源同步的过程之中。

由于与[IEEE 1588]规定的PTP端口有关，如果没有PTP端口处于：MASTER、PRE-MASTER、PASSIVE、UNCALIBRATED或SLAVE状态，则时钟处于自由运行状态。

– 捕获状态

PTP时钟处于与某个时间源同步的过程之中，该状态的持续时间和功能是设备特有的，这个状态不是设备必需的。

由于与[IEEE 1588]规定的PTP端口状态有关，如果有一个PTP端口处于UNCALIBRATED状态，则时钟处于捕获状态。

– 锁定状态

PTP时钟与某一个时间源同步，并且在某些内部可接受的精度范围内。

由于与[IEEE 1588]规定的PTP状态有关，如果有一个PTP端口处于SLAVE状态，则时钟处于锁定状态。

– 技术要求内保持状态

PTP时钟不再与某一个时间源同步，它在使用以前同步时或者其它的信息源仍然可用时获取的信息，以便将性能保持在期望的技术要求之内。为了保持该节点可以只依靠其自身设备，也可以使用类似来自网络频率输入的东西实现时间和/或相位的保持。

由于与 [IEEE 1588] 规定的 PTP 状态有关，如果没有一个 PTP 端口处于：INITIALIZING、LISTENING、UNCALIBRATED 或 SLAVE 状态，则时钟处于技术要求内保持状态，并且性能在期望的技术要求范围之内。

– 技术要求外保持状态

PTP 时钟不再与某一个时间源同步，然而它在使用以前同步时或者其它的信息源仍然可用时获取的信息，不能将性能保持在期望的技术要求范围之内。

由于与 [IEEE 1588] 规定的 PTP 状态有关，如果没有一个 PTP 端口处于：INITIALIZING、LISTENING、UNCALIBRATED 或 SLAVE 状态，则时钟处于技术要求外保持状态，并且性能不在期望的技术要求范围之内。

V.3 对于3端口T-BC，PTP端口状态与PTP时钟状态之间映射举例

表 V.1 – PTP端口状态对比时钟状态映射

电信边界时钟					
触发事件	端口状态			时钟状态	备注
	端口1	端口2	端口3		
PTP上电	INITIALIZING	INITIALIZING	INITIALIZING	自由运行	没有端口处于MASTER、PASSIVE、UNCALIBRATED或SLAVE
时钟完成初始化	LISTENING	LISTENING	LISTENING	自由运行	没有端口处于MASTER、PASSIVE、UNCALIBRATED或SLAVE
端口P1上接收到的来自外部主时钟的合格的Announce	UNCALIBRATED	LISTENING	LISTENING	捕获	一个端口处于UNCALIBRATED状态
端口P2和P3上的ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES事件	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	捕获	一个端口处于UNCALIBRATED状态
端口P1校准完成	SLAVE	MASTER	MASTER	锁定	节点上存在一个从端口
端口P1上的ANNOUNCE_RECEIPT_TIMEOUT_EXPIRES事件	MASTER	MASTER	MASTER	技术要求内保持	启动保持定时器 没有端口处于SLAVE、UNCALIBRATED、LISTENING, 或INITIALIZING
保持定时器到期	MASTER	MASTER	MASTER	技术要求外保持	保持定时器到期，没有端口处于SLAVE、UNCALIBRATED、LISTENING或INITIALIZING
端口P3收到合格的Announce，其clockClass = 7	MASTER	MASTER	UNCALIBRATED	捕获	一个端口处于UNCALIBRATED状态
端口P3校准完成	MASTER	MASTER	SLAVE	锁定	节点上存在一个从端口
端口P1收到合格的Announce，其clockClass =6	UNCALIBRATED	MASTER	PRE_MASTER	捕获	一个端口处于UNCALIBRATED状态
端口P3上的QUALIFICATION_TIMEOUT_EXPIRES事件	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	捕获	一个端口处于UNCALIBRATED状态
端口P1校准完成	SLAVE	MASTER	MASTER	锁定	节点上存在一个从端口

V.4 基于内部PTP时钟状态的T-GM Announce报文内容

表V.2 – T-GM Announce报文内容

Announce报文字段	自由运行状态	捕获状态	锁定状态	技术要求内保持	技术要求外保持
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	T-GM的本地clockID +端口号	T-GM的本地clockID +端口号	T-GM的本地clockID +端口号	T-GM的本地clockID +端口号	T-GM的本地clockID +端口号
leap61 (header.flagField)	FALSE	来自时间源	来自时间源	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	来自时间源	来自时间源	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE [设备特有的]	TRUE	TRUE	TRUE/FALSE [设备特有的]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE 基于频率源锁定	TRUE	TRUE/FALSE 基于频率源锁定	TRUE/FALSE 基于频率源锁定
currentUtcOffset	35	基于输入参考UTC偏 移	基于输入参考UTC 偏移	最后已知的UTC偏移	最后已知的UTC偏移
grandmasterPriority1	128 (缺省的)	128 (缺省的)	128 (缺省的)	128 (缺省的)	128 (缺省的)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	设备特有的, 一般为 以前的态状态 7/140/150/160/248	6	7	140/150/160
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	未知 (0xFE)	未知 (0xFE)	时间精确到100 ns以 内 (0x21)	未知 (0xFE)	未知(0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (缺省的)	0xFFFF (缺省的)	0x4E5D	0xFFFF (缺省的)	0xFFFF (缺省的)
grandmasterPriority2	配置的T-GM的 priority2	配置的T-GM的 priority2	配置的T-GM的 priority2	配置的T-GM的 priority2	配置的T-GM的 priority2
grandmasterIdentity	T-GM的本地clockId	T-GM的本地clockId	T-GM的本地clockId	T-GM的本地clockId	T-GM的本地clockId
stepsRemoved	0	0	0	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	As per PTP	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

V.5 基于内部PTP时钟状态的T-BC Announce报文内容

表V.3 – T-BC Announce报文内容

Announce报文字段	自由运行状态	捕获状态	锁定状态	技术要求内保持状态	技术要求外保持状态
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	T-BC的本地clockId + 端口号	T-BC的本地clockId + 端口号	T-BC的本地clockId + 端口号	T-BC的本地clockId + 端口号	T-BC的本地clockId + 端口号
leap61 (header.flagField)	FALSE	(注)	(注)	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	(注)	(注)	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE	(注)	TRUE	TRUE/FALSE [设备特有的]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	(注)	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	(注)	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE /FALSE 基于频率源锁定	(注)	TRUE /FALSE基于频率源锁定	TRUE /FALSE 基于频率源锁定
currentUtcOffset	35	最后已知的UTC偏移	(注)	最后已知的UTC偏移	最后已知的UTC偏移
grandmasterPriority1	128 (缺省的)	128 (缺省的)	(注)	128 (缺省的)	128 (缺省的)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	设备特有的, 一般为以前的状态。 135/165/248	(注)	135	165
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	未知(0xFE)	未知 (0xFE)	(注)	未知 (0xFE)	未知 (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (缺省的)	0xFFFF (缺省的)	(注)	0xFFFF (缺省的)	0xFFFF (缺省的)
grandmasterPriority2	配置的T-BC的priority2	配置的T-BC的priority2	(注)	配置的T-BC的priority2	配置的T-BC的priority2
grandmasterIdentity	T-BC的本地clockId	T-BC的本地clockId	(注)	T-BC的本地clockId	T-BC的本地clockId
stepsRemoved	0	0	接收到的 stepsRemoved +1	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	(注)	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

注 – Announce报文中发送的数值与当前GM的数值相对应。

附录 VI

在链路聚集之上运行

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

当嵌入了遵守本协议子集的PTP时钟的两个设备通过[b-IEEE 802.1AX]规定的链路聚集(LAG)相连时,为了发送PTP报文,应直接访问各个物理层、旁路LAG。该方法防止了当在属于LAG的不同链路之上提供前向和反向路径时可能会出现潜在的不对称。

存在着利用一些LAG特性的备选解决方案,例如,[b-IEEE 802.1AX]规定的双向一致性。这些解决方案有待进一步研究。

对于当前考虑的情况,不允许在传送PTP报文的帧中插入VLAN标记。然而,通过将等于0的会话ID指配给特定的物理链路,双向一致性备选解决方案能够适用于未作标记的PTP帧。

附录VII

clockClass和保持技术要求之间的关系

（本附录不构成该建议书的组成部分。）

本协议子集使用的clockClass数值如表2所示，该数值可以分成四种不同类型：

- 1) 锁定到PRTC或ePRTC的T-GM；
- 2) T-GM或T-BC处于保持，在保持技术要求之内；
- 3) T-GM或T-BC处于保持，超出了保持技术要求；
- 4) 从时钟，或者尚未同步的时钟。

更多的关于“处于保持，在保持技术要求之内”和“处于保持，超出了保持技术要求”含义的信息，简短的脚注（第6.4节的注1）提到了[ITU-T G.8271.1]的附录V。该附录描述了可能适用于同步性能的预算模型，准确的模型取决于运营商的网络和设计参数，但每个预算被分解成若干个组成部分：

- 1) PRTC/T-GM分配；
- 2) 来自整个网络的噪声累积的随机时间误差（dTE）；
- 3) 节点非对称性（cTE，系统中所有节点的非对称性之和）；
- 4) 链路非对称性（cTE，系统中所有链路的非对称性之和）；
- 5) 保持预算；
- 6) 端应用预算。

[ITU-T G.8271.1]的表V.1显示对于示例的预算，可以将400ns分配给网络内部的保持（这被称为表中的故障情况（b）），运营商可以有不同的预算分配，这取决于他们的部署情况。400ns保持预算分配给整个同步链路的，而不是单个时钟。

因此，预期的T-GM的操作如下：

- 当T-GM与锁定到GNSS的PRTC同步时，它输出clockClass 6。
- 如果PRTC失去与GNSS的连接，则进入保持。T-GM应降低通告的clockClass以显示“处于保持，但在保持技术要求之内”（clockClass 7）。
- T-GM评估什么时候可能会超出保持预算，考虑的因素包括已知的外部频率支持的质量（例如，SyncE QL）、温度变化和/或内部振荡器的质量。
- 当T-GM认为时钟超出了保持技术要求时（即目前评估漂移已经超出了保持预算），T-GM将通告clockClass 140、150或160。

在网络故障的情况下，此时T-GM脱离了同步链路，则T-BC将会接替成为该链路的最高级时钟，该T-BC将会运行在保持状态。允许T-BC通告的clockClass取决于在失去连接之前它所同步的T-GM的clockClass。

例如，如果T-BC与clockClass为6的T-GM同步，没有保持预算已经被消耗，因此T-BC可能会使用一个clockClass显示“在保持技术要求之内”（例如clockClass 135）。选择的这个数值要大于超出了保持技术要求的T-GM的数值，原因是T-BC锁定到一个可追溯的时间源时间上更近一些，可能会有更精确的时间。因此，如果在后续时钟的备选BMCA运算中比较两个时钟（处于保持、在保持技术要求之内的T-BC，处于保持、超出了保持技术要求的T-GM），则后续时钟将会同步到在保持技术要求之内的T-BC，而不是超出了保持技术要求的T-GM。

另一个例子，如果T-BC同步到一个显示处于保持、但超出了保持技术要求（例如，clockClass140、150或160）的T-GM，T-BC也应使用一个clockClass显示“超出了保持技术要求”（例如clockClass165），这是因为这个T-GM正在显示（以它的估计）保持预算已经被消耗了。

在最后的例子中，如果T-BC同步到已经处于保持但仍在保持技术要求之内的T-GM，T-BC可以显示“在保持技术要求之内”。然而，某些保持预算已经被T-GM消耗了。如果不知道剩余多少预算，则T-BC应显示“超出了保持技术要求”。

附录VIII

有关连接至端应用的T-TSC的考虑事项

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

缺省的T-TSC clockclass255意味着当某一个外部PTP基准可用时，T-TSC将总是锁定到它。

端应用最终使用的实际同步源取决于适合的同步需求，该过程超出了该建议书的范畴。

例如，决定使用T-TSC已经选择的PTP基准（例如，不是进入保持），可能取决于实际的与外部PTP基准有关的clockQuality、frequencyTraceable标志、timeTraceable标志和synchronizationUncertain标志。另外的与外部基准性能监测有关的方面也应该予以考虑，这是设备特有的。

例如，当需要满足网络定时要求例如按照[ITU-T G.8271.1]的时候，有必要让外部PTP基准拥有clockClass6、7或135，并且timeTraceable标志为TRUE，以便让端应用使用。当不满足此条件时，端应用可能会决定进入保持（使用内部振荡器中或者由SyncE驱动）。

附录IX

对于PRTC或ePRTC授时的T-GM, 计算offsetScaledLogVariance

(本附录不构成该建议书的组成部分。)

IX.1 观测区间和TDEV噪声产生

offsetScaledLogVariance是一个用PTP方差(PTPVAR)换算显示的偏移量, PTPVAR的描述见[IEEE 1588]第7.6.3节; 它等于阿伦方差乘以 $\tau^2/3$, 其中 τ 是观测区间。因此PTP方差不是一个单值; 是观测区间的函数。[IEEE 1588]第7.6.3节确定观测区间 τ 应为适合的PTP协议子集中规定的一个数值。[IEEE 1588]第7.6.3节将 τ 称作采样周期。然而, 比较[IEEE 1588]第7.6.3.2节的方程式和[ITU-T G.810]第II.1节中用于阿伦方差的方程式, 显示[IEEE 1588]第7.6.3节中的 τ 为[ITU-T G.810]的观测区间, 不是采样周期 τ_0 。

offsetScaledLogVariance 即 defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance 是一个用于BMCA的时钟属性, 如[IEEE 1588]第7.6.3.5节所示, 它是“当本地时钟与使用本协议的另一个时钟不同步时, 来自线性时标的对本地时钟变化的一个估值”(所引用的文字来自[IEEE 1588]; 本“协议”指的是PTP协议)。当某一个时钟是最高级时钟时, 由于它未能通过PTP与另一个时钟同步, offsetScaledLogVariance应代表这个时钟产生的长期噪声, 原因是这个噪声是在该时钟为最高级时钟的情况下产生的。因此, 观测区间应是最长的区间, 所述时钟在此期间的噪声产生是指定的。

对于PRTC授时的T-GM, 即满足[ITU-T G.8272]要求的时钟, 指定了噪声产生TDEV的最长观测区间为10000 s (见[ITU-T G.8272]图2)。对于此区间, TDEV为30ns。对于范围从1000s到10000s的区间, 指定的噪声类型为闪烁相位调制(FPM), 在此范围内TDEV等于30ns。对于ePRTC授时的T-GM, 指定了噪声产生TDEV的最长观测区间为 10^6 s。对于此区间, TDEV为10ns。对于范围从 3×10^5 s 到 10^6 s的区间, 指定的噪声类型为FPM, 在此范围内TDEV等于10 ns。

观测区间的值不会直接用于PTP协议, 也不会任何PTP报文中传送, 它只用于评估PTP的方差。

对于PRTC和ePRTC, 上述的观测区间以及相应噪声产生TDEV概括在表IX.1中。

表 IX.1 – 对于PRTC授时的T-GM和ePRTC授时的T-GM，
观测区间以及相应的噪声产生TDEV和噪声类型

授时T-GM 的时钟	用于 offsetScaledLogVariance (s) 的观测区间(τ)	$n = \tau / \tau_0$ (见下面的 第 IX.2节)	噪声 类型	TDEV (ns)
PRTC	1000 – 10000	1.6×10^4 到 1.6×10^5	FPM	30
ePRTC	300 000 – 1 000 000	4.8×10^6 到 1.6×10^7	FPM	10

IX.2 由TDEV计算PTP方差

下一个步骤是由上节给出的TDEV数值计算PTP方差，由于PTP变量等于 $\tau^2/3$ 乘以阿伦方差，时间方差（TVAR）等于 $\tau^2/3$ 乘以修正的阿伦方差，TVAR与PTP方差之比等于修正的阿伦方差（MVAR）与阿伦方差之比，[b-Sullivan]第A.6节讨论了后一个比率，并针对各种噪声类型计算了这个比率。这里给出的结果是基于[b-Walls]和[b-Lesage]，此外，功率谱密度（PSD）和阿伦方差之间的关系见[b-Bregni]的表5.4，PSD与修正的阿伦方差之间的关系见[b-Bregni]的表5.5（当使用PSD与各种时域稳定性参数之间关系时，注意到PSD是关于时间的($S_x(f)$)还是频率的($S_y(f)$)很重要）。

设 n 为观测区间 τ 与采样间隔 τ_0 之比，即 $\tau = n\tau_0$ 。通常，MVAR与AVAR之比记为 $R(n)$ ，取决于 n ，但对于噪声类型白色相位调制（WPM）、闪烁FPM、白色频率调制（WFM）、闪烁频率调制（FFM）和随机游动频率调制（RWFM），当 n 较大时这个比率接近于一个渐近数值。此外，对于噪声类型为FPM的情况， $R(n)$ 取决于测量系统带宽（对于WPM，AVAR和MVAR分别取决于测量系统带宽，但它们的比不取决于测量系统带宽）。由于来自任何一个被选作最高级时钟的时间同步信息都要通过Sync报文传送，因此所取的采样间隔可以等于Sync间隔。实际的连续的Sync间隔会随着时间变化，如同[IEEE 1588]第7.7.2.1节所提供的一样；为了简化起见，我们可以取 τ_0 等于平均的Sync间隔，在[ITU-T G.8275.1]中这个平均值为1/16s，然后，采用上面表IX.1中的观测区间数值，对于PRTC授时的T-GM，相应 n 的数值从 1.6×10^4 到 1.6×10^5 变化，对于ePRTC授时的T-GM，相应 n 的数值从 4.8×10^6 到 1.6×10^7 变化。 n 的数值也概括在上面的表1中。

从表IX.1可以看出，对于PRTC和ePRTC， n 的范围是不同的。这意味着对于这些时钟，即便所关注范围内噪声类型相同， $R(n)$ 也将会不同，对于每个时钟，要用一个不同的因子对TVAR进行调整以得到PTPVAR。然而，PRTC和ePRTC稳定性（以及电信使用的其它时钟的稳定性）是采用TDEV（即TVAR的平方根）规定的，没有采用PTPDEV或PTPVAR。因此，对于PRTC和ePRTC，采用相同的因子调整TVAR是可取的。在以前的网络中，将PRTC情况下的TVAR与SyncE授时T-BC情况下的TVAR进行比较， $R(n)$ 等于0.787。对于PRTC和ePRTC，这里采用这个数值是为了方便起见。

采用以上假设，PRTC的PTPVAR由下式给出：

$$\text{PTPVAR (PRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(30 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0,787} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.1})$$

对于ePRTC，PTPVAR由下式给出：

$$\text{PTPVAR (PRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(30 \times 10^{-9})^2 \text{ s}^2}{0,787} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ s}^2 \quad (\text{IX.1})$$

IX.3 由PTP方差计算offsetScaledLogVariance

现在，采用 [IEEE 1588] 第 7.6.3.3 节中描述的步骤，由上节的 PTPVAR 结果计算 offsetScaledLogVariance，步骤如下：

- a) 计算用单位 s^2 表示的、PTPVAR 的以 2 为底的对数；
- b) (a) 的结果乘以 2^8 产生一个换算值；
- c) 按照 [IEEE 1588] 第 7.6.3.3 节的滞后现象技术要求对该换算值进行修正。（这里不需要这一步，原因是由技术要求计算 offsetScaledLogVariance，不是由实时测量来计算）；
- d) 将 (c) 的结果表示为 2s 补码 Integer16（即，将它表示为一个带符号整数，其中，负数用 2s 补码形式表示（由于 PTPVAR 在实际关注的绝大多数情况下小于 1 s^2 ，毫无疑问在上节描述的情况下，(c) 的结果将总是为负））；
- e) (d) 的结果加上数值 $0\text{x}8000$ ，忽略所有的溢出；
- f) (e) 的结果按 Integer16 来计算，这个结果也可以表示成十六制形式的书写方式，就是 offsetScaledLogVariance。

IX.3.1 对于PRTC授时的T-GM，计算offsetScaledLogVariance

由方程式 (IX.1) 可得， $\text{PTPVAR} = 1.144 \times 10^{-15} \text{ s}^2$ 。利用上面的步骤 (a) – (f)，我们得到：

$$\begin{aligned} \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -49,6348 \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -12706,5176 \cong -12707 \end{aligned} \quad (\text{IX.3})$$

将上面的结果表示成 2s 补码形式的带符号整数

$$12707 = 31\text{A}3_{16} \Rightarrow \text{CE}5\text{C}_{16} \text{ (formato complemento a 1)} \Rightarrow \text{CE}5\text{D}_{16} \text{ (formato complemento a 2)} \quad (\text{IX.4})$$

把 8000_{16} 加到上面的数值，忽略任何溢出产物

$$\text{CE}5\text{D}_{16} + 8\ 000_{16} = 14\text{E}5\text{D}_{16} \Rightarrow 4\text{E}5\text{D}_{16} \quad (\text{IX.5})$$

最后得到 offsetScaledLogVariance 为 $4\text{E}5\text{D}_{16}$ 。

IX.3.2 对于PRTC授时的T-GM, 计算offsetScaledLogVariance

计算用 s^2 单位表示的、PTPAVR的以2为底的对数, 其结果乘以 2^8 产生一个换算值。

$$\begin{aligned}\log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -52,8049 \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -13518,0507 \cong -13518\end{aligned}\quad (\text{IX.6})$$

将上面结果表示成2s补码形式的带符号整数

$$13518 = 34\text{CE}_{16} \Rightarrow \text{CB31}_{16} \text{ (formato complemento a 1)} \Rightarrow \text{CB32}_{16} \text{ (formato complemento a 2)} \quad (\text{IX.7})$$

把 8000_{16} 加到上面的数值, 忽略任何溢出产物。

$$\text{CB32}_{16} + 8\,000_{16} = 14\text{B32}_{16} \Rightarrow 4\text{B32}_{16}. \quad (\text{IX.8})$$

最后得到offsetScaledLogVariance为 4B32_{16} 。

参考资料

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2014), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation*.
- [b-Bregni] Stefano Bregni, (2002), *Synchronization of Digital Telecommunications Networks*, Wiley.
- [b-Lesage] Paul Lesage and Theophane Ayi (1984), *Characterization of Frequency Stability: Analysis of the Modified Allan Variance and Properties of Its Estimate*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. IM-33, No. 4 (included in [b-Sullivan] as paper D.6).
- [b-Sullivan] D.B. Sullivan, D.W. Allan, D.A. Howe, and F.L. Walls (1990), *Characterization of Clocks and Oscillators*, NIST Technical 注1337.
- [b-Walls] F.L. Walls, John Gary, Abbie O’Gallagher, Roland Sweet, and Linda Sweet (1991), *Time Domain Frequency Stability Calculated from the Frequency Domain Description: Use of the SIGINT Software Package to Calculate Time Domain Frequency Stability from the Frequency Domain*, NIST Report NISTR 89-3916 Revised (revision of 1989 version of this report).

全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络、物联网和智慧城市

全球信息基础设施	
概述	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	
概述	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
NGN的增强	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
基于分组的网络	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.3499
云计算	Y.3500–Y.3999
物联网和智能城市及社区	
概述	Y.4000–Y.4049
定义和术语	Y.4050–Y.4099
要求和用例	Y.4100–Y.4249
基础设施、连接性和网络	Y.4250–Y.4399
框架、结构和规范	Y.4400–Y.4549
服务、应用、计算和数据处理	Y.4550–Y.4699
管理、控制和性能	Y.4700–Y.4799
识别和安全	Y.4800–Y.4899
评估和估计	Y.4900–Y.4999

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	视听和多媒体系统
I 系列	综合业务数字网
J 系列	有线网和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K 系列	干扰的防护
L 系列	环境与 ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
M 系列	电信管理，包括 TMN 和网络维护
N 系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O 系列	测量设备的技术规范
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、下一代网络、物联网和智慧城市
Z 系列	用于电信系统的语言和一般软件问题