

ICS 33.040.20

M 33

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2879-2015

基于分组网络的同步网操作管理维护 (OAM) 技术要求

Synchronization OAM technical requirements based on
packet network

2015-07-14 发布

2015-10-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	2
4 同步OAM总体要求	3
4.1 同步OAM架构	3
4.2 网元级同步OAM总体要求	3
4.3 网络级同步OAM总体要求	3
5 时间同步设备OAM	4
5.1 功能模型	4
5.2 状态机制	4
5.3 故障管理要求	6
5.4 性能监测要求	8
5.5 告警定义	8
6 分组承载设备同步OAM	9
6.1 功能模型	9
6.2 物理层频率同步OAM	9
6.3 分组频率同步OAM（可选）	13
6.4 分组时间同步OAM	15
6.5 频率同步和时间同步OAM关联机制	23
7 网络级同步OAM要求	24
7.1 网络部署和规划的原则	24
7.2 同步网络拓扑	25
附录A（资料性附录） 秒与闰秒的定义以及TAI时、UTC时和GPS时之间的关系	26

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规定起草。

本标准是在参考国内外相关标准基础上，结合我国运营商和设备商对基于分组网络的同步网OAM的具体需求制定而成。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国移动通信集团公司、中国信息通信研究院、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司、武汉邮电科学研究院、中国联合网络通信集团有限公司。

本标准主要起草人：韩柳燕、胡昌军、李 晗、汪建华、何 力、刘 颂、陈 垦、李寿喜、王 磊、张 贺、张君辉。

基于分组网络的同步网操作管理维护（OAM）技术要求

1 范围

本标准规定了基于分组网络的同步网操作管理维护（OAM）技术要求，包括频率同步和时间同步状态机制、故障管理要求、性能监测要求、告警定义、频率同步和时间同步OAM关联机制、网络级同步OAM要求等。

本标准适用于组建分组同步网的时间同步设备和分组承载设备，其中分组承载设备主要指PTN设备和IP/MPLS设备，OTN、PON、路由器等其它设备也可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEEE 1588-2008	网络测量和控制系统的精确时钟同步协议（IEEE standard for a precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems）
ITU-T G.781	SDH传输系统和媒介，数字系统和网络系列：网同步层功能（Transmission systems and media, digital systems and networks: Synchronization layer functions）
ITU-T G.811	基准时钟的定时特性（Timing characteristics of primary reference clocks）
ITU-T G.812	适用于同步网节点从钟的定时要求（Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks）
ITU-T G.813	SDH设备从钟的定时要求（Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)）
ITU-T G.8262	同步以太网设备从钟（EEC）定时特性（Timing characteristics of synchronous Ethernet equipment slave clock (EEC)）
ITU-T G.8264	通过分组网络的定时信息分配（Distribution of timing information through packet networks）
ITU-T G.8265.1	用于频率同步的精确时间协议电信规范（Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization）
ITU-T G.8271.1	分组网络时间同步的网络限值（Network limits for time synchronization in packet networks）
ITU-T G.8273.2	T-BC和T-TSC的定时性能（Timing characteristics of telecom boundary clocks and telecom time slave clocks）
ITU-T G.8275.1-2014	全程时间支持网络的用于时间相位同步的精确时间协议电信规范（Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network）

3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

1PPS	1 Pulse per Second	秒脉冲
AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
BC	Boundary Clock	边界时钟
BMCA	Best Master Clock Algorithm	最佳主时钟算法
EEC	Synchronous Ethernet Equipment Clock	同步以太网设备时钟
ESMC	Ethernet Synchronization Messaging Channel	以太网同步信息通道
EUI	Extended Universal Identifier	扩展通用标识
FREQ	Frequency	频率
GM	GrandMaster	祖时钟
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
IP	Internet Protocol	互联网协议
LOF	Loss of Frame	帧丢失
LOS	Loss of Signal	信号丢失
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	多协议标记交换
MPLS-TP	MPLS Transport Profile	MPLS 传送子集
MTIE	Maximum Time Interval Error	最大时间间隔误差
OAM	Operation Administration and Maintenance	操作管理维护
OC	Ordinary Clock	普通时钟
ODUk	Optical Channel Data Unit-k	光通路数据单元 k
OOF	Out of Frame	帧失步
OTN	Optical Transport Network	光传送网
PDV	Packet Delay Variation	分组时延变化
PON	Passive Optical Network	无源光网络
PRC	Primary Reference Clock	基准参考时钟
PRTC	Primary Reference Time Clock	基准参考时间源
PTN	Packet Transport Network	分组传送网
PTP	Precision Time Protocol	精确时间同步协议
SSM	Synchronization Status Message	同步状态信息
SSU	Synchronous Supplying Unit	同步供给单元
STM-N	Synchronous Transfer Module N	同步传输模块 N
TAI	International Atomic Time	国际原子时
TC	Transparent Clock	透传时钟
TDEV	Time Deviation	时间偏差
TDM	Time Division Multiplexing	时分复用
THM	Holdover Message Delay	保持信息延时

TIE	Time Interval Error	时间间隔误差
TNSM	Non-Switching Message Delay	非倒换信息延时
TSM	Switching Message Delay	倒换信息延时
ToD	Time of Day	当前时刻
UTC	Coordinated Universal Time	世界协调时

4 同步 OAM 总体要求

4.1 同步 OAM 架构

本标准包含的同步 OAM 架构如图 1 所示。基于分组网络的同步分为频率同步和时间同步。基于分组网络的频率同步包括物理层频率同步和基于 PTP 的分组频率同步两种方式。基于分组网络的时间同步主要指基于 PTP 的高精度时间同步，以及局内设备之间采用 1PPS+ToD 传送的时间同步。在设备内部，高精度时间同步可以在基于频率同步的基础上实现。同步 OAM 涉及网元级同步 OAM 和网络级同步 OAM，其中网元级同步 OAM 从设备类型区分，包括时间同步设备的 OAM 和分组承载设备的同步 OAM。

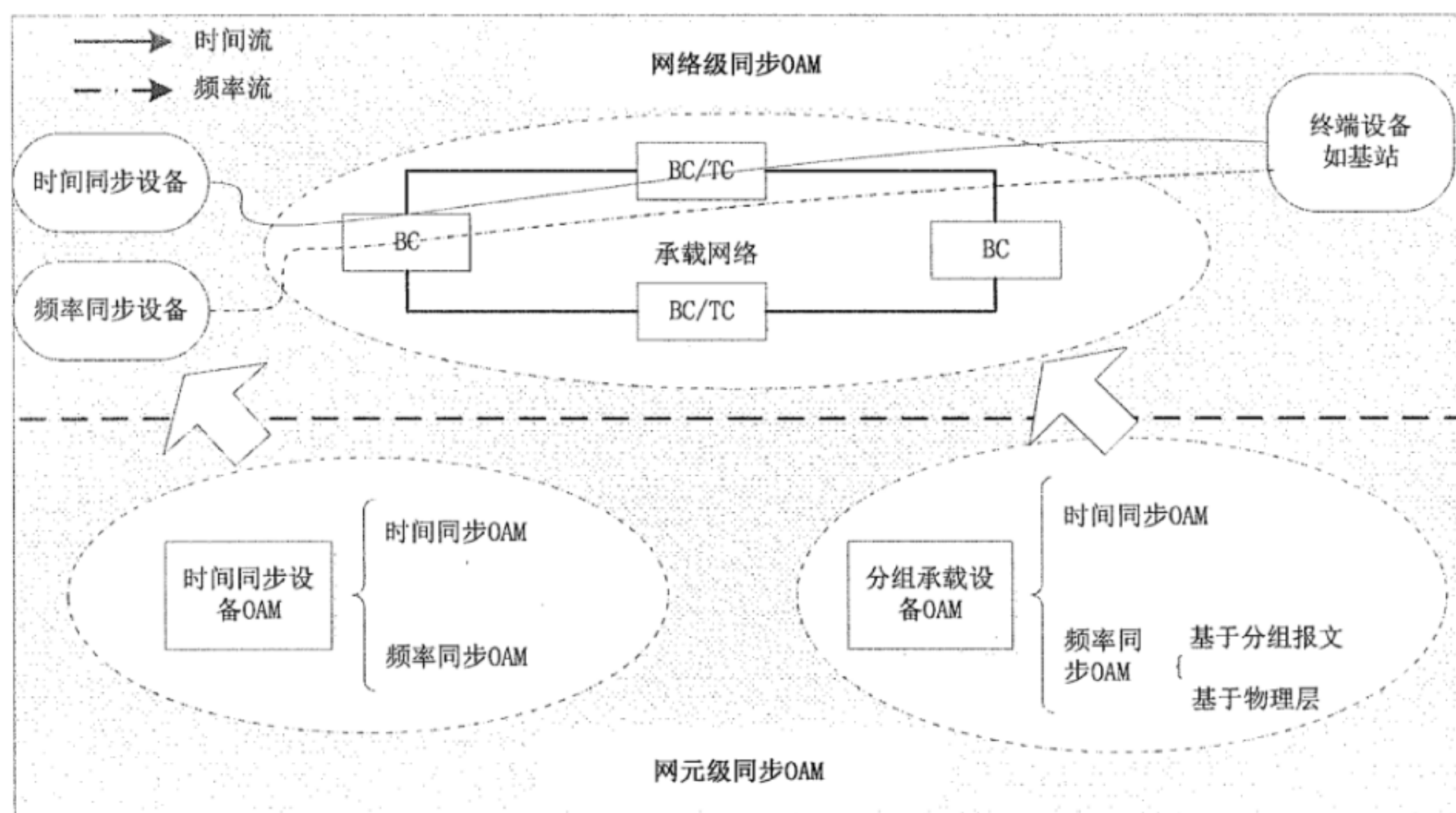


图 1 同步 OAM 架构

4.2 网元级同步 OAM 总体要求

网元级同步 OAM 是指在设备层面实现的 OAM 功能，主要包括：

- 应能正确接收、识别、处理和产生/转发反映设备同步状态和参数的报文和信息；
- 应能正确处理设备异常和故障情况并上报相应的维护和告警信息；
- 应支持设备同步性能监控功能并产生相应维护信息。

4.3 网络级同步 OAM 总体要求

网络级同步 OAM 是指在网络层面实现的 OAM 功能，主要包括：

- 应支持网络层同步拓扑结构显示和管理；

- b) 应能正确处理网络层面异常和故障情况并产生相应的告警信息;
- c) 应支持网络同步性能监控并产生相应维护信息。

5 时间同步设备 OAM

5.1 功能模型

时间同步设备的总体功能模型如图 2 所示。设备内部具有时间和频率两个逻辑平面，分别包含输入选源、处理和输出控制等功能模块，其中频率处理模块可以用于支持时间处理模块，从而实现系统时间（相位）的同步。时间输入源包括卫星源、PTP 输入和 1PPS+ToD 输入等信号。频率输入源包括卫星源、2048kHz 或 2048kbit/s 外定时输入，可选包括基于 PTP 恢复的频率信号。输出类型包括 PTP 和 1PPS+ToD 等时间输出信号，可选支持 2048kHz 或 2048kbit/s 外定时、同步以太等频率输出信号。

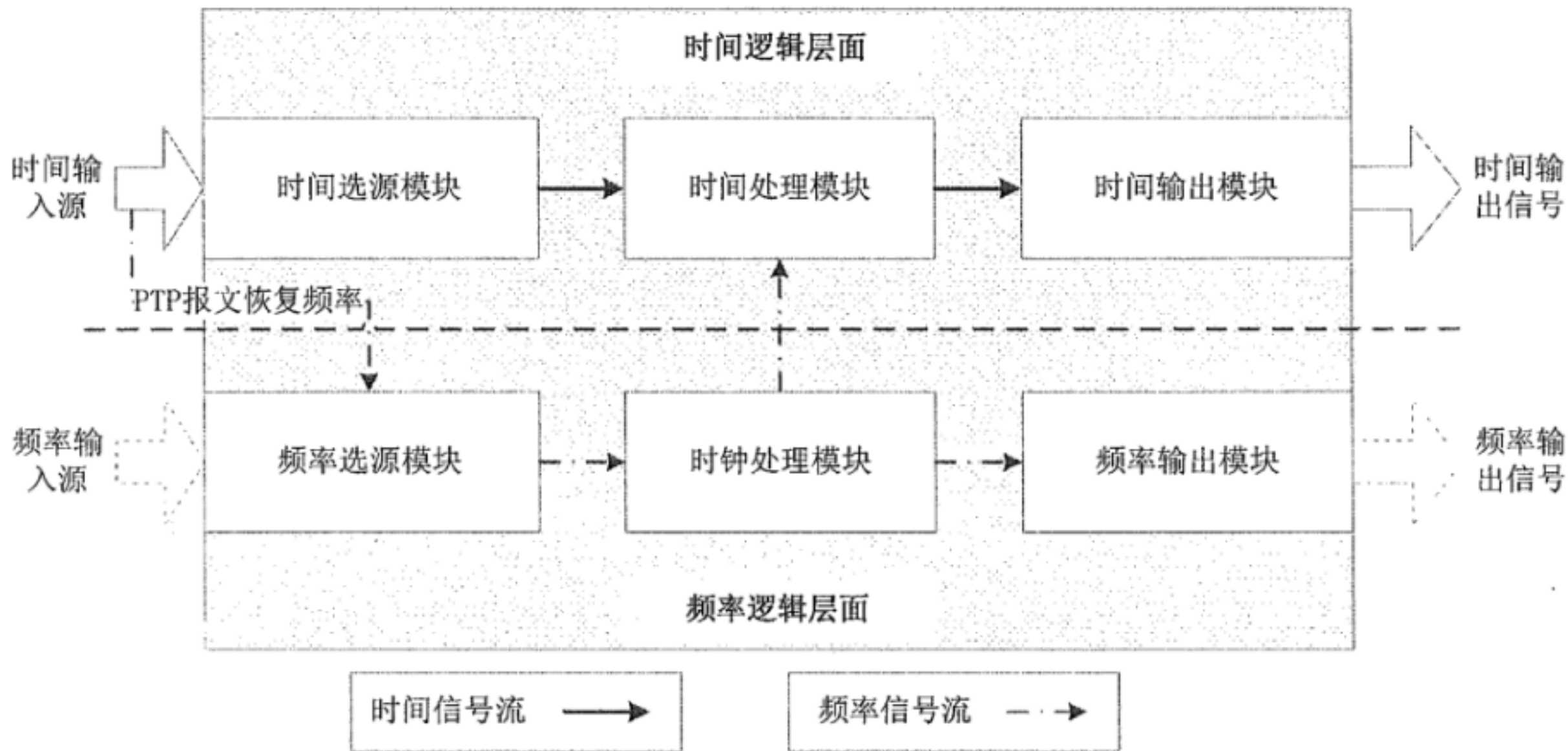


图 2 时间同步设备功能模型

5.2 状态机制

5.2.1 总则

根据 ITU-T 建议以及不同的应用需求，状态机制分为：方案一和方案二。方案一主要用于 PTN 组网场景；方案二主要用于支持多业务承载的 IP/MPLS 设备组网场景。

5.2.2 方案一

在时间同步中，设备时间工作状态分为正常跟踪、保持、自由振荡三种状态。时间工作状态转移如图 3 所示。

在时间同步中，设备上电启动，跟踪选择时间源，初始为“自由振荡”状态，经过一段时间后锁定时间源，且输出时间稳定，则状态转为“正常跟踪”。时间同步设备丢失外部时间源，利用外部频率源或者内部时钟守时，其时间开始进入“保持”状态，设备处于“保持”状态之后，重新获取到外部时间源且锁定时间源，则状态转为“正常跟踪”。

时间同步设备的 1PPS+ToD 接口或者 PTP 接口输出应根据当前同步设备状态对 ToD 时间信息消息秒脉冲状态和 PTP 时钟等级（clockclass）进行编码，具体对应数值见表 1。

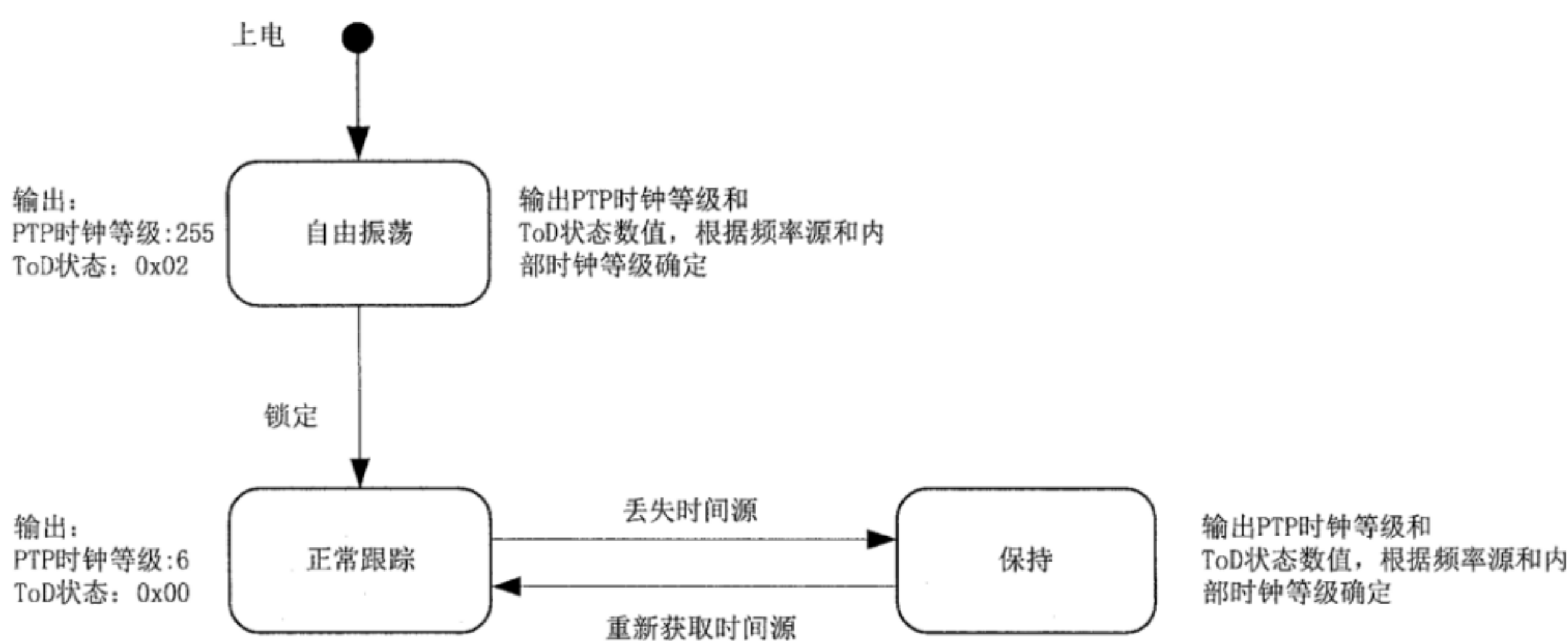


图3 同步设备时间工作状态转移

表1 时间同步设备输出 ToD 时间信息消息秒脉冲状态和 PTP 时钟等级 (clockclass) 编码

ToD 秒脉冲状态编码	PTP 时钟等级 (clockclass) 编码	状态描述
0x00	6	时间同步设备频率和时间均跟踪卫星
0x01	7	时间同步设备丢失时间源, 频率跟踪 PRC
0x05	8	时间同步设备丢失时间源, 频率为二级钟 (SSU_A) 级别
0x03	52	时间同步设备丢失时间源, 频率为三级钟 (SSU_B) 级别
0x02	255	不可用

在时间同步设备输出的 PTP Announce 报文中, timeSource 字段携带时间源类型信息的规则如下:

- 当时间同步设备跟踪卫星时间源或者 1pps+ToD 输入时, timesource 数值填写为 0x20。
- 当时间同步设备时间源基于频率守时, timesource 数值填写为 0xA0。
- 当时间同步设备跟踪 PTP 输入时, timesource 数值填写为 0x40。
- 当时间同步设备时间为手动配置时 (如测试模式), timesource 数值填写为 0x60。

在时间同步设备输出的 PTP Announce 报文中, timeTraceable 和 frequencyTraceable 字段设置规则如下:

- 当时间同步设备工作状态为正常时, timeTraceable 和 frequencyTraceable 字段均设置为 TRUE。
- 当时间同步设备时间工作状态为保持或自由振荡, 频率跟踪 PRC 时, timeTraceable 字段设置为 FALSE, frequencyTraceable 字段设置为 TRUE。
- 当时间同步设备时间工作状态为保持或自由振荡, 频率源丢失 PRC 时, timeTraceable 和 frequencyTraceable 字段均设置为 FALSE。
- 当时间同步设备上电启动, 处于初始自由振荡状态时, timeTraceable 和 frequencyTraceable 字段均设置为 FALSE。

在时间同步设备的 PTP 接口输出的 PTP Announce 报文中, Accuracy 参数统一设置为默认值 0x21, OffsetScaleLogVariance 参数统一设置为 0xFFFF。

时间同步设备闰秒处理规则如下:

时间同步设备应支持自动调整闰秒并将闰秒调整信息发送给下游设备。具体地, 若时间同步设备从

卫星接收机获取时间参考时，其从卫星接收机获取到闰秒调整信息后，应能自动完成闰秒调整，并将正确的闰秒信息通过时间接口（PTP 或 1PPS+ToD）发送给下游设备；若时间同步设备从输入时间接口（PTP 或 1PPS+ToD）中获取时间参考时，应能正确识别时间参考源中的闰秒信息，并将其在输出时间接口（PTP 或 1PPS+ToD）中转发出去。具体要求如下：

对于 PTP 输出接口，应支持通过 PTP Announce 报文中 currentUtcOffset 参数携带闰秒信息，其中 currentUtcOffset 的赋值应为 TAI 时减去 UTC 时；

对于 1PPS+ToD 输出接口，应支持通过 ToD 时间信息消息中 Leaps 字节携带闰秒信息，Leaps 的赋值应为 GPS 时减去 UTC 时。

秒与闰秒的定义以及 TAI 时、UTC 时和 GPS 时之间的关系参见附录 A。

时间同步设备频率处理应支持 ITU-T G.8264 和 ITU-T G.781 规定的 SSM 功能，能够接收、识别、处理和发送 SSM。

5.2.3 方案二

待研究。

5.3 故障管理要求

时间同步设备应提供必要的故障检测和上报功能，并通过告警、事件等形式上报管理实体。按 5.1 节的功能模型（图 2 所示），故障管理模块包括输入功能告警、时钟处理功能告警及事件、输出功能告警等，如图 4 所示。

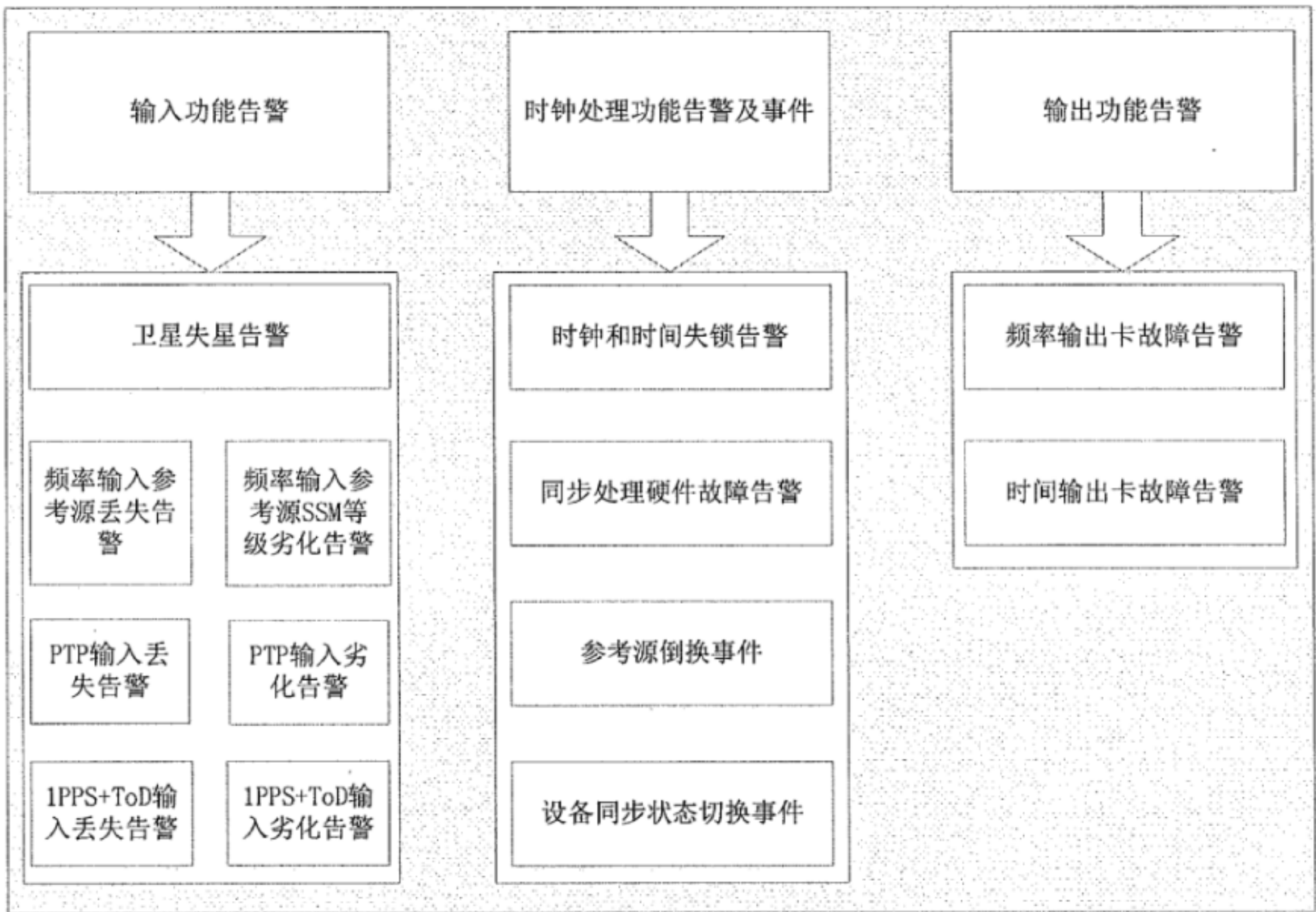


图 4 同步设备故障管理模块示意

各功能模块的详细要求如下。

a) 输入功能告警

1) 卫星失星告警。时间同步设备应检测卫星卡是否正常跟踪到卫星及接收卫星数量,若无法跟踪到卫星或跟踪卫星数量过少(GPS一般指少于4颗),应上报卫星失星告警。

2) 频率输入参考源丢失告警。时间同步设备若无法检测到频率输入参考源,应自动上报频率输入参考源丢失告警。

3) 频率输入参考源SSM等级劣化告警。时间同步设备应能检测外部频率输入参考源的SSM质量等级,当频率输入参考源SSM等级低于某个特定的质量等级门限,同步设备应自动上报频率输入参考源劣化告警。当当前频率输入参考源SSM等级低于某个特定的质量等级门限,时间同步设备上报告警,并发生频率参考源倒换或进入保持工作状态。如果设备倒换之后跟踪的频率参考源高于质量等级门限,则告警消失。时间同步设备应支持通过网管设置SSM质量等级门限,默认值与设备自身时钟等级一致。

4) PTP输入丢失告警。当时间同步设备通过PTP输入接口获取时间参考源时,若PTP链路出现LOS、LINK DOWN、报文丢失等现象,时间同步设备应能自动上报PTP输入丢失告警,并发生时间参考源倒换或进入保持工作状态。

5) PTP输入劣化告警。当时间同步设备通过PTP输入接口获取时间参考源时,若选用PTP时间参考源的时钟等级(clockClass)低于某个特定的质量等级门限,时间同步设备应能自动上报PTP输入劣化告警,并发生时间参考源倒换或进入保持工作状态。时间同步设备应支持通过网管设置PTP时间参考源的质量等级门限。

6) 1PPS+ToD输入丢失告警。当时间同步设备通过1PPS+ToD输入接口获取时间参考源时,若无法检测到其中1PPS信号或者ToD信息,则应自动上报1PPS+ToD输入丢失告警,并发生时间参考源倒换或进入保持工作状态。

7) 1PPS+ToD输入劣化告警。当时间同步设备通过1PPS+ToD输入接口获取时间参考源时,若选用1PPS+ToD输入信号中的秒脉冲状态低于某个特定的质量等级门限,时间同步设备应能自动上报1PPS+ToD输入劣化告警,并发生时间参考源倒换或进入保持工作状态。时间同步设备应支持通过网管设置1PPS+ToD时间参考源的质量等级门限。

b) 时钟处理功能告警及事件

1) 时钟和时间失锁告警。时间同步设备应能检测锁相环所处的工作状态,当其锁相环无法正常工作,应能自动上报时钟和时间失锁告警。

2) 同步处理硬件故障告警。时间同步设备应对包括内置时钟、关键芯片、卫星卡等在内的所有硬件电路和关键器件进行故障检测,若其中某一部件无法正常工作,应自动上报同步处理硬件故障告警。

3) 参考源倒换事件。在发生主用频率/时间参考源信号丢失/降质/劣化、更高等级参考源的加入、配置更改或人工/强制倒换等情况下,若时间同步设备的频率/时间参考源发生倒换,则其应自动上报参考源倒换事件。

4) 设备同步状态切换事件。当时钟状态在正常跟踪、保持、自由振荡状态之间发生切换时,时间同步设备应自动上报相应的设备同步状态切换事件。

c) 输出功能告警

1) 频率输出卡故障告警。时间同步设备应能检测所有频率输出卡的工作状态,当某个频率输出卡工作异常时,应能自动上报相应的频率输出卡故障告警。

2) 时间输出卡故障告警。时间同步设备应能检测所有时间输出卡的工作状态,当某个时间输出卡工作异常时,应能自动上报相应的时间输出卡故障告警。

5.4 性能监测要求

为了方便监控网络的同步质量和运行状态,时间同步设备应当对频率和时间同步性能进行监测,并提供相应的性能监测曲线,包括以下性能监测。

a) FREQ 频偏性能监测

— 应支持对频率输入源进行频偏性能监测(以系统时钟为参考),当 FREQ 超过门限后,上报 FREQ 越限告警。

— 该功能工作在主动检测模式,支持人工设置为打开/闭塞方式。支持对当前参考源和频率源优先级列表中指定频率源进行检测。支持向网管上报数据。支持实时查询。支持设置告警门限值。

b) 时间偏差监测

— 应支持对时间输入源的时间偏差进行监测(以系统时间输出信号作为参考),当时间偏差超过门限后,上报时间输入源偏差越限告警。

— 该功能工作在主动检测模式,支持人工设置为打开/闭塞方式。支持设置告警门限。支持实时查询。

c) 频率 TIE 性能监测(可选)

— 可选支持对频率输入源进行 TIE 性能进行监测(以系统时钟为参考)。

— 该功能工作在主动检测模式,支持人工设置为打开/闭塞方式。支持对当前参考源和频率源优先级列表中指定频率源进行检测。支持向网管上报数据(上报周期最短不大于 1min)。支持实时查询。

d) 频率 MTIE 性能监测(可选)

— 利用 TIE 数据,计算 MTIE 指标,当 MTIE 超过门限后,上报频率 MTIE 越限告警。支持对当前参考源和频率源优先级列表中指定频率源进行检测。支持设置告警门限模版。

e) 频率 TDEV 性能监测(可选)

— 利用 TIE 数据,计算 TDEV 指标,当 TDEV 超过门限后,上报频率 TDEV 越限告警。支持对当前参考源和频率源优先级列表中指定频率源进行检测。支持设置告警门限模版。

f) 时间同步设备应在网管上提供上述性能监测曲线,以方便日常性能维护查看。

5.5 告警定义

时间同步设备应提供的告警和事件见表 2,告警依据重要程度依次分为紧急告警(critical alarms)、重要告警(major alarms)、次要告警(minor alarms)。

表 2 时间同步设备告警和事件列表

分类	告警级别	告警描述
告警	紧急告警	时钟失锁
		时间失锁
		同步处理硬件故障
		频率输出卡故障
		时间输出卡故障

表 2（续）

分类	告警级别	告警描述
告警	重要告警	卫星失星
		PTP 输入丢失
		PTP 输入劣化
		1PPS+ToD 输入丢失
		1PPS+ToD 输入劣化
		频率输入参考源 SSM 等级劣化
		频率输入参考源丢失
	次要告警	FREQ 越限
		时间输入源偏差越限
		频率 MTIE 越限（可选）
		频率 TDEV 越限（可选）
事件	事件	参考源倒换
		设备同步状态切换

6 分组承载设备同步 OAM

6.1 功能模型

分组承载设备的同步功能模型可参见图 2，设备内部具有时间和频率两个逻辑平面，分别包含输入选源、处理和输出控制等功能模块，其中频率处理模块可用于支持时间处理模块，即时间同步是在频率同步的基础上实现的，采用 PTP BC 或 TC 的时间处理模式。时间输入源包括 PTP 输入、1PPS+ToD 输入等信号。频率输入源包括 2048kHz 或 2048kbit/s 外定时输入、同步以太网接口输入、OTUk 接口输入、STM-N 线路接口输入、E1 TDM 接口输入等信号，可选通过分组 PTP 提供频率输入信号。时间输出信号包括 PTP、1PPS+ToD 等，频率输出信号包括 2048kHz 或 2048kbit/s 外定时、同步以太网接口输出、ODUk 接口输出、STM-N 接口输出和 E1 TDM 接口输出等。

相应地，分组承载设备同步 OAM 包括物理层频率同步 OAM、分组频率同步 OAM（可选）、分组时间同步 OAM，应支持频率同步和时间同步 OAM 关联机制。

6.2 物理层频率同步 OAM

6.2.1 状态机制

物理层频率同步支持跟踪、保持、自由振荡三种工作模式。

分组承载设备应支持 ITU-T G.8264 和 ITU-T G.781 规定的 SSM 功能，能够接收、识别、处理和发送 SSM。

SSM 的状态机制具体要求如下。

a) SSM 质量等级定义

承载 SSM 的 ESMC 报文信息格式应符合 ITU-T G.8264，STM-N 帧结构复用段 S1 字节的 SSM 信息格式应符合 ITU-T G.707。SSM 质量等级定义见表 3。

表 3 SSM 的编码及定义

序号	SSM 编码	同步质量等级
0	0000	质量未知
1	0001	预留

表 3 (续)

序号	SSM 编码	同步质量等级
2	0010	基准钟 (见 ITU-T G.811)
3	0011	预留
4	0100	2 级节点时钟 SSU_A (见 ITU-T G.812)
5	0101	预留
6	0110	预留
7	0111	预留
8	1000	3 级节点时钟 SSU_B (见 ITU-T G.812)
9	1001	预留
10	1010	预留
11	1011	承载设备时钟 (见 ITU-T G.813/G.8262)
12	1100	预留
13	1101	预留
14	1110	预留
15	1111	不可用

b) SSM 状态处理规则

1) SSM 响应规则的要求

— 保持状态下转发 SSM 质量等级的规则。在 EEC 丢失输入定时参考信号且无其它可用定时参考信号时, EEC 将进入保持状态, 所有方向的同步以太网线路或 STM-N 线路/支路和外定时输出信号 (直接导出的除外) 应发送 EEC 时钟等级的 SSM 信息。

— 非倒换状态下转发 SSM 的规则。当 EEC 选用的定时参考信号的 SSM 质量等级发生变化且不引起参考倒换时, 所有方向的同步以太网线路或 STM-N 线路/支路 (反向发送 DNU 的除外) 和外定时输出信号 (直接导出的除外) 应发送变化后的 SSM 质量等级信息。

— 倒换状态下转发 SSM 的规则。当 EEC 选用新的定时参考信号时, 所有方向的同步以太网线路或 STM-N 线路/支路 (反向发送 DNU 的除外) 和外定时输出信号 (直接导出的除外) 应发送新选用的定时参考信号的 SSM 质量等级信息。

— 反向发送 DNU 的规则。当 EEC 选用一个同步以太网线路或 STM-N 线路/支路作为定时参考信号时, 其对应的反向同步以太网线路或 STM-N 线路/支路信号应发送 QL_DNU 的 SSM 质量等级信息。当外定时输出信号选择从 STM-N 线路/支路导出且 EEC 选用外定时输入信号作为定时参考信号时, 而且二者的 SSM 质量等级相同时, 其对应的反向 STM-N 线路/支路信号应发送 QL_DNU 的 SSM 质量等级信息。

— 外定时输出信号直接导出的规则。当外定时输出信号选择从同步以太网线路或 STM-N 线路/支路导出时, 应发送选用的同步以太网线路或 STM-N 线路/支路信号的 SSM 质量等级信息; 当选用的同步以太网线路或 STM-N 线路/支路信号的 SSM 质量等级低于所设门限值或出现 LOS、AIS、OOF、LOF 告警时, 对于 2Mbit/s 接口, 应具有在外定时输出信号中插入 AIS 信息或闭塞的功能; 对于 2MHz 接口, 应具有闭塞外定时输出信号的功能。

2) SSM 响应时延的要求

— 保持信息延时 (THM): 在 EEC 丢失输入定时参考且无其它可用定时参考时, EEC 将进入保持

状态, 经过一个延时后输出的 SSM 质量等级变为保持编码, 该延时时间 THM 为 500ms~2000ms。

— 非倒换信息延时 (TNSM): 当 EEC 选用的定时参考 SSM 质量等级发生变化且不引起参考倒换时, 经过一个延时后输出的 SSM 质量等级跟踪此变化, 该延时时间 TNSM 为 0~200ms。

— 倒换信息延时 (TSM): 当 EEC 选用新的定时参考时, 经过一个延时后输出的 SSM 质量等级将改变为新选用的定时参考的 SSM 质量等级, 该延时时间 TSM 为 180ms~500ms。

6.2.2 故障管理要求

分组承载设备应支持对物理层频率同步的输入/输出的时钟信号、协议报文以及设备内部时钟模块的故障进行实时检测, 并通过告警、事件等形式上报管理实体。分组承载设备物理层频率同步故障管理模块包括输入功能告警、时钟处理功能告警及事件、输出功能告警等, 如图 5 所示。

各功能模块的详细要求如下。

a) 输入功能告警:

1) 频率输入参考源丢失告警: 分组承载设备若无法检测到频率输入参考源, 应自动上报频率输入参考源丢失告警。频率输入参考源 SSM 等级劣化告警: 分组承载设备应能检测外部当前频率输入参考源的 SSM 质量等级, 支持自动上报频率输入参考源 SSM 等级劣化告警。当当前频率输入参考源 SSM 等级低于某个特定的质量等级门限, 分组承载设备上报告警, 并发生频率参考源倒换或进入保持工作状态。如果设备倒换之后跟踪的频率参考源高于质量等级门限, 则告警消失。分组承载设备应支持通过网管设置 SSM 质量等级门限, 门限默认值为 EEC。

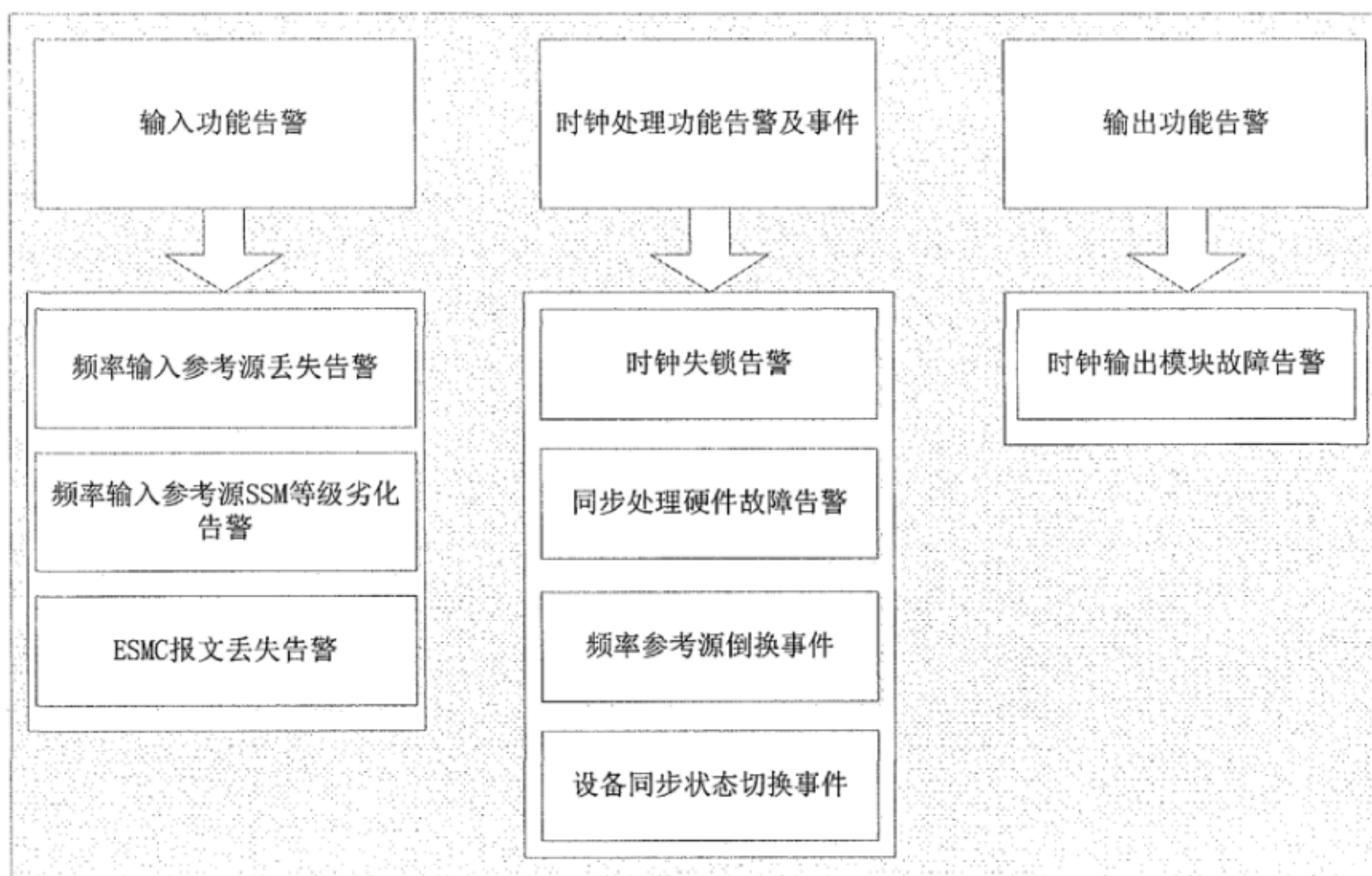


图 5 物理层频率同步故障管理模块示意

2) ESMC 报文丢失告警: 当分组承载设备通过同步以太网输入接口获取频率参考源时, 若 5s 无法收到 ESMC 报文, 则应自动上报 ESMC 报文丢失告警, 并发生频率参考源倒换或进入保持工作状态。

b) 时钟处理功能告警及事件

1) 时钟失锁告警: 分组承载设备应能检测锁相环所处的工作状态, 当其锁相环无法正常工作时,

应能自动上报时钟失锁告警。

2) 同步处理硬件故障告警：分组承载设备应对包括内置时钟、关键芯片等在内的所有硬件电路和关键器件进行故障检测，若其中某一部件无法正常工作，应自动上报同步处理硬件故障告警。

3) 频率参考源倒换事件：在发生主用频率参考源信号丢失/降质/劣化、更高等级参考源的加入、配置更改或人工/强制倒换等情况下，若分组承载设备的频率参考源发生倒换，则其应自动上报频率参考源倒换事件。

4) 设备频率同步状态切换事件：当时钟状态在正常跟踪、保持、自由振荡状态之间发生切换时，分组承载设备应自动上报相应的设备频率同步状态切换事件。

c) 输出功能告警

— 频率输出模块故障告警：分组承载设备应能检测所有频率输出模块的工作状态，当其工作异常时，应能自动上报频率输出模块故障告警。

6.2.3 性能监测要求

分组承载设备应当对同步性能和参考源的频率性能进行监控和检测。

a) 当前参考源 FREQ 频偏性能监控

— 支持对当前选用的频率参考源进行频偏性能监控（优选本地晶振为参考）。当 FREQ 超过门限后，上报当前参考源 FREQ 越限告警。如果频偏过大引起时钟失锁，同时上报时钟失锁告警。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持实时查询，支持设置告警门限值。

b) 优先级列表中参考源 FREQ 频偏性能监控（可选）

— 可选支持对各个频率输入源进行频偏性能监控。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持对可选频率源优先级列表中指定频率源进行检测。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值）。支持实时查询、支持设置告警门限值。

c) 基于 PTP 的相邻节点频偏检测（可选）

— 针对部署符合 IEEE 1588-2008 中时间同步要求的网络，对相邻的 2 个节点设备，当输入参考频偏过大或晶振老化时，无法锁定时钟源，导致无法进行时钟同步时，支持通过相邻节点之间的 PTP 事件报文实现频偏估算和越界检查。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值）。支持实时查询，支持越限告警，并可设置告警门限值。

d) 基于 PTP 的非相邻节点频偏检测（可选）

— 用于检测非相邻 2 个节点设备之间的频偏。时钟参考点（如时钟源）发送 PTP 检测报文给被检测点设备，使其获取该检测报文的发送时间和接收时间，计算出端到端的频偏估算值。

— 该功能工作在按需检测模式，在需要检测时配置并运行，作为其他频偏检测方法的补充和辅助。建议中间节点对 PTP 检测报文进行 TC 处理。支持实时查询。支持越限告警，并可设置告警门限值。

6.2.4 告警定义

分组承载设备应提供的物理层频率同步相关告警和事件见表 4。

表 4 分组承载设备提供的物理层频率同步告警和事件

分类	告警级别	告警描述
告警	紧急告警	频率输入参考源丢失
		时钟失锁
		同步处理硬件故障
		频率输出模块故障
	重要告警	ESMC 报文丢失
		当前参考源 FREQ 越限
		频率输入参考源 SSM 等级劣化
	次要告警	优先级列表中参考源 FREQ 越限
		PTP 检测频偏越限（可选）
事件	事件	频率参考源倒换
		设备频率同步状态切换

6.3 分组频率同步 OAM（可选）

6.3.1 故障管理要求

分组承载设备可选支持基于 PTP 的分组频率同步，分为端到端 PTP 频率同步方式和逐点 PTP 频率同步方式。分组承载设备分组频率同步故障管理模块包括输入功能告警、时钟处理功能告警及事件、输出功能告警等，如图 6 所示。

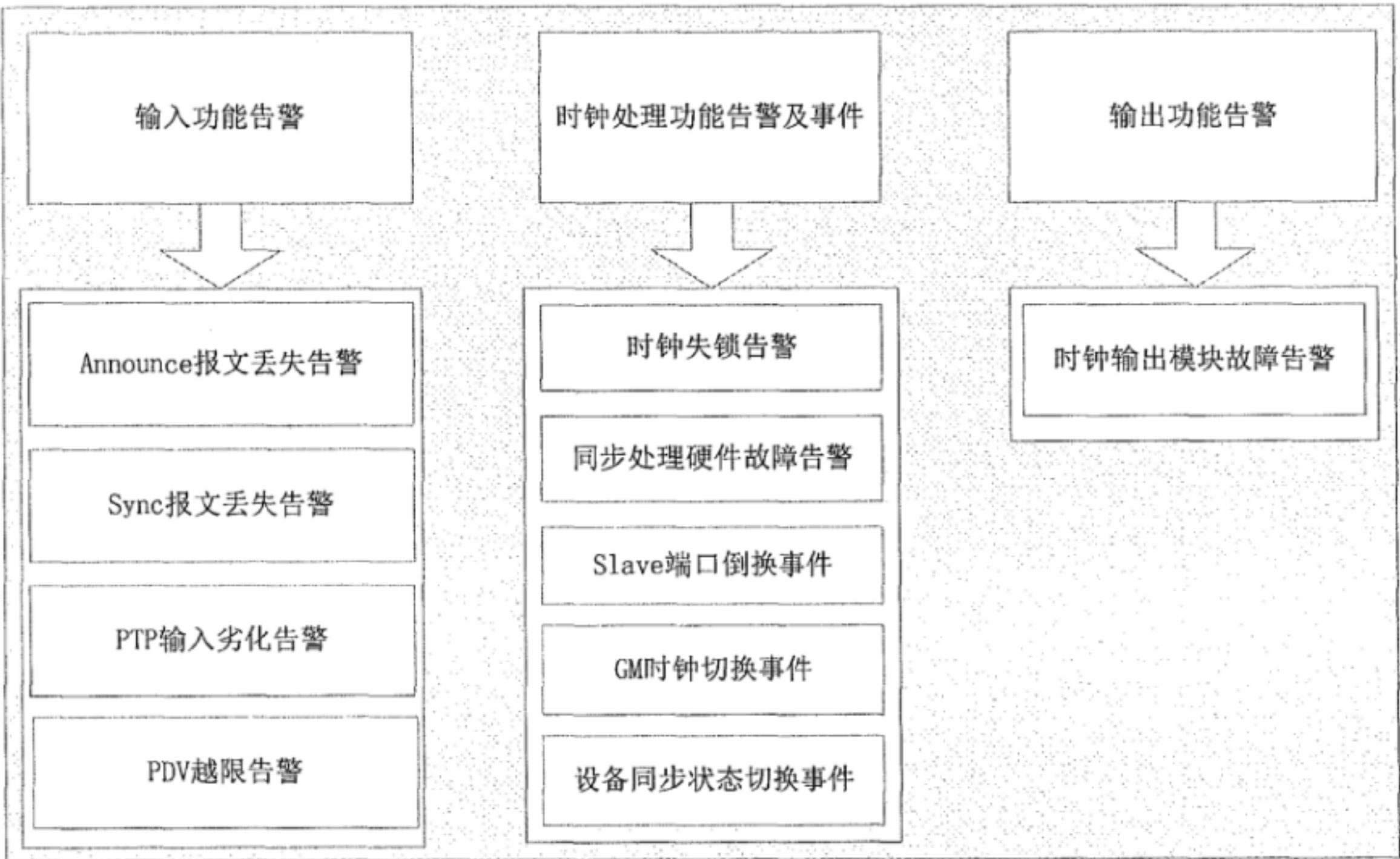


图 6 分组频率同步故障管理模块示意

各功能模块的详细要求如下。

a) 输入功能告警

1) Announce 报文丢失告警：分组承载设备应能在 slave 端口检测 Announce 报文的接收情况，若超过检测时间没有收到报文，则应自动上报该 PTP 端口 Announce 报文丢失告警。检测时间参数

portDS.announceReceiptTimeout 默认值为 3。

2) Sync 报文丢失告警：分组承载设备应能在 slave 端口检测 Sync 报文的接收情况，若超过检测时间没有收到报文，则上报该 PTP 端口 Sync 报文丢失告警。检测时间暂定为 1s~16s，默认值为 3s。

3) PTP 输入劣化告警：当分组承载设备通过 PTP 输入接口中分组报文获取频率参考源时，若选用 PTP 参考源的 clockClass 低于某个特定的质量等级门限，分组承载设备应能自动上报 PTP 输入劣化告警，并发生频率参考源倒换或进入保持工作状态。分组承载设备应支持通过网管设置 PTP 分组频率的质量等级门限。

4) PDV 越限告警：当分组承载设备通过 PTP 输入接口中分组报文获取频率参考源时，若选用 PTP 分组报文的 PDV 超出门限，分组承载设备应能自动上报 PDV 越限告警，并发生频率参考源倒换或进入保持工作状态。PDV 具体越限门限待研究。

b) 时钟处理功能告警及事件

1) 时钟失锁告警：分组承载设备应能检测锁相环所处的工作状态，当其锁相环无法正常工作时，应能自动上报时钟失锁告警。

2) 同步处理硬件故障告警：分组承载设备应对包括内置时钟、关键芯片等在内的所有硬件电路和关键器件进行故障检测，若其中某一部件无法正常工作，应自动上报同步处理硬件故障告警。

3) Slave 端口倒换事件：若分组承载设备检测到作为主用频率参考的分组频率同步 PTP 端口出现失效或劣化的情况，则应触发分组同步源的倒换，并上报 slave 端口倒换事件。

4) GM 时钟切换事件：当分组承载设备的 Slave 网元所跟踪的 GM 发生倒换，则应自动上报 GM 时钟切换事件。

5) 设备频率同步状态切换事件：当时钟状态在正常跟踪、保持、自由振荡状态之间发生切换时，同步设备应自动上报相应的设备频率同步状态切换事件。

c) 输出功能告警

— 频率输出模块故障告警：同步设备应能检测所有频率输出模块的工作状态，当其工作异常时，应能自动上报频率输出模块故障告警。

6.3.2 性能监测要求

分组承载设备应当对 PTP 频率同步性能和参考源的频率性能进行监控和检测，具体要求如下。

a) PTP 报文统计

— 支持指定周期（默认 15min）的 PTP Announce 报文、Sync 报文的接收个数的统计计数。支持人工设置为打开/闭塞方式。

b) 当前 PTP 参考源 FREQ 频偏性能监控

— 支持对当前选用的频率参考源进行频偏性能监控，当 FREQ 超过门限后，上报 FREQ 越限告警。如果频偏过大引起时钟失锁，同时上报时钟失锁告警。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值）。支持实时查询。支持设置告警门限值。

6.3.3 告警定义

分组承载设备应提供的分组频率同步相关告警和事件见表 5。

表 5 分组承载设备分组频率同步告警和事件

分类	告警级别	告警描述
告警	紧急告警	时钟失锁
		同步处理硬件故障
		频率输出模块故障
	重要告警	Announce 报文丢失
		Sync 报文丢失
		当前参考源 FREQ 越限
		PTP 输入劣化
		PDV 越限告警
事件	事件	Slave 端口倒换
		GM 时钟切换
		设备频率同步状态切换

6.4 分组时间同步 OAM

6.4.1 状态及选源机制

6.4.1.1 总则

根据 ITU-T 建议及不同的应用需求, 分组时间同步状态及选源机制分为两个方案: 方案一和方案二。方案一主要用于 PTN 组网场景; 方案二主要用于支持多业务承载的 IP/MPLS 设备组网场景。

6.4.1.2 方案一

为了支持分组时间同步特性, 承载设备需要支持 PTP(见 IEEE 1588-2008)协议, 实现分组时间同步功能。此外, 承载设备支持 1PPS+ToD 时间输入和输出接口。

承载设备本节点同步状态参数配置规则如下。

a) PTP 参数配置

- 1) CLKID: 设备应支持使用 IEEE EUI64 位地址方法产生 CLKID。
- 2) Priority 1: 设备应支持该字段可配置, 取值范围 0~255。设备默认值为 128。
- 3) Priority 2: 设备应支持该字段可配置, 取值范围 0~255。设备默认值为 128。
- 4) clockClass: 设备应支持该字段可配置, 取值范围 0~255。设备默认值为 187。
- 5) Accuracy: 精度, 暂时统一设置为默认值 0xFE, 具体应用待研究。
- 6) OffsetScaledLogVariance: 稳定度, 暂时统一设置为默认值 0xFFFF, 具体应用待研究。
- 7) Timesource: 设备默认值为 0xA0。
- 8) stepsRemoved: 设备默认值为 0。

b) 1PPS+ToD 参数配置

— 设备在保持和自由振荡时 ToD 秒脉冲状态默认输出值为 0x04。

承载设备时间选源机制如下。

a) 设备应支持完整的 BMCA 算法, 通过 BMCA 算法自动决策 PTP 端口状态和选源。设备通过 PTP Announce 报文, 提取时钟源属性, 用 BMCA 算法计算出最佳时钟源, 产生并输出 Announce 报文给下游站点, 通过逐级节点的处理完成整个网络的选源和主从跟踪关系确定。

b) 设备同时具有 1PPS+ToD 和 PTP 输入时, 应支持在多个 PTP 和 1PPS+ToD 输入源中通过 BMCA 算法联合选择当前最佳主时间源。为进行联合选源, 应在本地节点构建 1PPS+ToD 输入参考源对应 PTP

的全部数据集，数据集的构造规则如下：

- 1) 数据集包含的参数：grandmasterIdentity、priority1、priority2、clockClass、portNumber、stepsRemoved、clockAccuracy、offsetScaledLogVariance、timesource、TimeScale。
- 2) priority1、priority2 应能在网管上配置（时间注入设备优先级应优于非时间注入设备优先级），Accuracy 值设置为 0x21，stepsRemoved 值默认为 0。Timesource 值在 ToD 秒脉冲状态为 0x00 时设置为 0x20，其他情况设置为 0xA0。其他参数可以采用本设备默认值。
- 3) clockClass 由 ToD 的秒脉冲状态转换得到，ToD 秒脉冲状态和 PTP clockClass 等级对应关系如表 6 所示。

承载设备频率同步正常溯源到一级基准时钟（PRC）或二级钟（SSU_A）时，输出 PTP 状态规则如下（频率同步异常情况处理参见 6.5 节）：

- a) 设备跟踪 PTP 输入参考源时，输出 PTP 应发送当前选用的 PTP 参考源的状态参数。
- b) 设备跟踪 1PPS+ToD 输入参考源时，根据表 6 进行输入 ToD 的秒脉冲状态到输出 PTP ClockClass 的转换。PTP Announce 报文中 timeTraceable 字段在 ToD 秒脉冲状态为 0x00 时设置为 TRUE，其他情况设置为 FALSE，frequencyTraceable 字段在频率溯源 PRC 时设置为 TRUE，在频率溯源 SSU_A 时设置为 FALSE。其他参数构建规则同以上联合选源时的构建规则。
- c) 设备丢失输入时间源且无其他时间参考信号时，进入非跟踪状态，输出 PTP 参数采用本节点默认值。PTP clockclass 输出值为 187，Timesource 值为 0xA0，stepsRemoved 值为 0。PTP Announce 报文中 timeTraceable 字段设置为 FALSE，frequencyTraceable 字段在频率溯源 PRC 时设置为 TRUE，在频率溯源 SSU_A 时设置为 FALSE。

承载设备频率同步正常溯源到一级基准时钟（PRC）或二级钟（SSU_A）时，输出 1PPS+ToD 状态规则如下（频率同步异常情况处理参见 6.5 节）：

- a) 设备跟踪 PTP 输入参考源时，根据表 6 进行输入 PTP clockClass 到输出 ToD 秒脉冲状态的转换。
- b) 设备跟踪 1PPS+ToD 输入参考源时，输出 ToD 应发送选用的 1PPS+ToD 参考源的状态参数。
- c) 设备丢失输入时间源且无其他时间参考信号时，进入非跟踪状态，输出 ToD 秒脉冲状态采用本节点默认值 0x04，其它参数采用本节点默认值。

表 6 ToD 秒脉冲状态和 PTP clockclass 等级对应关系

ToD 秒脉冲状态编码	PTP clockclass 等级编码	状态描述
0x00	6	时间同步设备频率和时间均跟踪卫星
0x01	7	时间同步设备丢失时间源，频率跟踪 PRC
0x05	8	时间同步设备丢失时间源，频率为二级钟（SSU_A）级别
0x03	52	时间同步设备丢失时间源，频率为三级钟（SSU_B）级别
0x04	187	传输承载设备处于非跟踪状态
0x02	255	不可用

承载设备闰秒处理规则如下：

— 承载设备从输入时间接口（PTP 或 1PPS+ToD）中获取时间参考时，应能正确识别时间参考源中的闰秒信息，并将其在输出时间接口（PTP 或 1PPS+ToD）中转发出去，具体处理要求如下：

- 对于 PTP 输出接口，应支持通过 PTP Announce 报文中 currentUtcOffset 参数携带闰秒信息，其中 currentUtcOffset 的赋值应为 TAI 时减去 UTC 时；

● 对于 1PPS+ToD 输出接口, 应支持通过 ToD 时间信息消息中 Leaps 字节携带闰秒信息, Leaps 的赋值应为 GPS 时减去 UTC 时。

6.4.1.3 方案二

分组承载设备应支持 PTP (见 IEEE 1588-2008) 协议和 ITU-T G.8271.1、G.8273.2、G.8275.1 系列建议, 实现分组时间同步功能。此外, 分组承载设备应支持 1PPS+ToD 时间输入和输出接口。

分组承载设备应支持 ITU-T 的 Alternate BMCA 算法, 通过 Alternate BMCA 算法自动决策 PTP 端口状态和选源。Alternate BMCA 算法应符合 ITU-T G.8275.1-2014 第 6.3.1 节的图 1、图 2 和图 3。

分组承载网络时间层同步采用 PTP 方式。方案二参照 ITU G.8275.1, 对 PTP 域的配置参数、频率层面与 PTP 层面的关联参数、以及 1PPS+ToD 与 PTP 的关联参数等参数的配置与处理规则如下。

a) 承载设备本节点 PTP 参数配置规则:

- 1) CLKID: 设备应支持 IEEE EUI64 方法产生 CLKID。
- 2) Priority 1: 设备应支持该字段可配置, 取值范围 0~255。设备默认值为 128。
- 3) Priority 2: 设备应支持该字段可配置, 取值范围 0~255。设备默认值为 128。
- 4) clockClass: 设备应支持该字段可配置, 取值范围 0~255。设备默认值为 165。
- 5) Accuracy: 精度, 暂时统一设置为默认值 0xFE, 具体应用待研究。
- 6) OffsetScaledLogVariance: 稳定度, 暂时统一设置为默认值 0xFFFF, 具体应用待研究。
- 7) Timesource: 设备默认值为 0xA0。
- 8) stepsRemoved: 设备默认值为 0。
- 9) 闰秒处理规则: 满足 IEEE1588-2008。

b) 输入口 1pps+ToD 的参数配置规则

在某些特定场合, 分组承载设备的时间输入信号也可以是直接来自于直连 PRTC 的 1pps+ToD。分组承载设备将此 1pps+ToD 视为“虚拟 PTP”信号, “虚拟 PTP”信号应满足如下要求:

- 1) 1PPS+ToD 自动携带的参数至少包含等效于 PTP 域的 clockClass 和 clockAccuracy。
- 2) 分组承载设备根据等效的 clockclass 衍生出 TimeSource。衍生规则是, 等效的 clockClass = 6, 则 TimeSource = 0x20, 否则 TimeSource = 0xA0。

3) 分组承载设备对“虚拟 PTP 口”应人工配置三参数, 配置规则:

- offsetScaledLogVariance 和 GrandMasterID 配置成与所直连 PRTC/GM 的 GM 参数一样。
- stepsRemoved = 0。

c) 分组承载设备对“虚拟 PTP”的处理规则:

“虚拟 PTP”与实际 PTP 同等参与 Alternate-BMCA 选源算法。二者存在细微不同:

- 1) 实际 PTP 口是完整的 PTP 格式信号而虚拟 PTP 口是 1pps+ToD 格式。
- 2) 实际 PTP 口的信息是双向的, 而“虚拟 PTP”口是单向的, 其信息源于 PRTC。

d) 分组承载设备输出 1pps+ToD 信号对应于输出 PTP 时间信号。ToD 中至少包含与 PTP 信号对应的 clockClass 和 clockAccuracy。

e) 分组承载设备在频率层面与时间层面的关联处理规则见表 7。

表 7 分组承载设备的时间处理机制及频率关联机制

网元时间层面 逻辑输入信号		本网元操作	网元操作后输出 PTP 对应参数				频率输出
网元入口 时钟等级 (clockclass) ^a	网元物理 层频率 SSM ^b	本网元对入口 PTP 的操作	网元时间输出口 PTP 参数				网元物理 层频率 SSM
时钟等级 (Clockclass)	SSM	时间跟踪	时钟等级 (Clockclass)	频率跟踪信息 (FrequencyTraceble)	时间跟踪信息 (TimeTraceable)	时间源信息 (TimeSource)	SSM
6	PRC	跟踪	6	TRUE	TRUE	0x20	PRC
6	SSU_A	跟踪	6	FALSE	TRUE	0x20	SSU_A
6	SSU_B	跟踪	160	FALSE	TRUE	0x20	SSU_B
6	EEC	跟踪	165	FALSE	TRUE	0x20	EEC
140	PRC	跟踪	140	TRUE	FALSE	0xa0	PRC
140	SSU_A	跟踪	140	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_A
140	SSU_B	跟踪	160	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_B
140	EEC	跟踪	165	FALSE	FALSE	0xa0	EEC
150	PRC	频率守时	140	TRUE	FALSE	0xa0	PRC
150	SSU_A	跟踪	150	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_A
150	SSU_B	跟踪	160	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_B
150	EEC	跟踪	165	FALSE	FALSE	0xa0	EEC
160	PRC	频率守时	140	TRUE	FALSE	0xa0	PRC
160	SSU_A	频率守时	150	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_A
160	SSU_B	跟踪	160	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_B
160	EEC	跟踪	165	FALSE	FALSE	0xa0	EEC
165	PRC	频率守时	140	TRUE	FALSE	0xa0	PRC
165	SSU_A	频率守时	150	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_A
165	SSU_B	频率守时	160	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_B
165	EEC	跟踪	165	FALSE	FALSE	0xa0	EEC
信号中断	PRC	频率守时	140	TRUE	FALSE	0xa0	PRC
信号中断	SSU_A	频率守时	150	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_A
信号中断	SSU_B	频率守时	160	FALSE	FALSE	0xa0	SSU_B
信号中断	EEC	频率守时	165	FALSE	FALSE	0xa0	EEC

表中的时间表达和操作适用于 PTP 端口也适用于虚拟 PTP 端口。

表中不涉及网元频率层面的选源规则，频率层面的选源按原有同步网的 SSM 规则进行。表中所列网元时间层面逻辑输入信号的“网元物理层频率 SSM”是指频率层面选源完成后送到时间层面逻辑口的频率 SSM

^a 本表未定义的有关 clockclass，设备按“信号中断”处理。

^b 表中的网元物理层频率 SSM，既包括了物理层各种频率（例如，SDH/syncE、SSU 直接供给），也包括设备网元内部的时钟频率。因此其“频率守时”操作既包括网元跟踪物理层频率信号下的“频率守时”，也包括网元设备频率层面进入保持状态下的“频率守时”

网络中的分组承载设备在上电重启（或进程重启）运行过程中，只要时间还没有与 UTC 时间关联并达到正常输出水平，设备的 clockclass 输出值为 255。此期间不应发出 Announce 信息，但应在 1pps+ToD 口送出 1pps+ToD 信号用于性能监测。

正常情况下，分组承载设备上电重启后可经过相应渠道获得UTC时间或与UTC关联的时间（包括卫星时间、PTP时间等）。

6.4.2 故障管理要求

分组承载设备应支持对分组层时间同步的输入/输出的时间信号、协议报文以及设备内部时间模块的故障进行实时检测，并通过告警、事件等形式上报管理实体。按图2的功能模型，故障管理模块包括输入功能告警、时钟处理功能告警及事件、输出功能告警等，如图7所示。

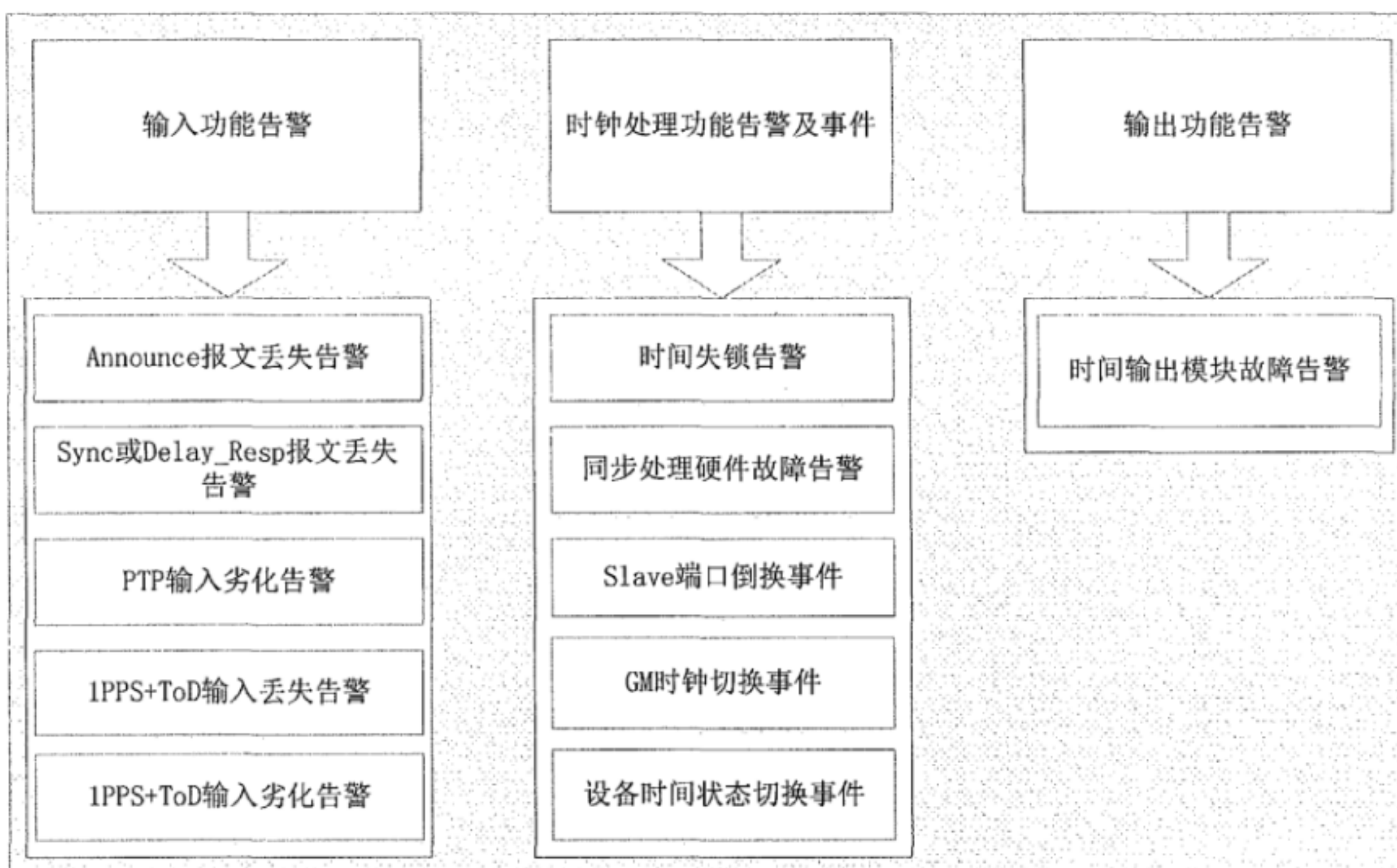


图7 分组时间同步故障管理模块示意

各功能模块的详细要求如下。

a) 输入功能告警

1) PTP 物理链路告警：当分组承载设备的 PTP 物理链路出现 LOS、LINK DOWN 等现象，分组承载设备应能自动上报 PTP 物理链路告警，并关断该链路物理端口的 PTP 功能，告警消失之后恢复该链路的 PTP 功能。

2) Announce 报文丢失告警：当分组承载设备通过 PTP 输入接口中分组报文获取时间参考源时，其应能在 slave 端口检测 Announce 报文的接收情况，若超过检测时间没有收到报文，则分组承载设备应自动上报该 PTP 端口 Announce 报文丢失告警，并发生时间参考源倒换或进入保持工作状态。检测时间参数 portDS.announceReceiptTimeout 默认值为 3。

3) Sync 或 Delay_Resp 报文丢失告警：当分组承载设备通过 PTP 输入接口中分组报文获取时间参考源时，分组承载设备应能在 slave 端口检测 Sync 和 Delay_Resp 报文的接收情况，若超过检测时间没有收到报文，则上报该 PTP 端口 Sync 和 Delay_Resp 报文丢失告警。检测时间常数（报文发送时间间隔的倍数）默认值为 3。

4) PTP 输入劣化告警：当分组承载设备通过 PTP 输入接口中分组报文获取时间参考源时，若当前选用 PTP 参考源的 clockClass 低于某个特定的质量等级门限，且 PTP 参考源的 stepsRemoved 值为 0 时，

分组承载设备应能自动上报 PTP 输入劣化告警。分组承载设备应支持通过网管设置 PTP 时间参考源的质量等级门限，默认值为 6。

5) 1PPS+ToD 输入丢失告警：当分组承载设备通过 1PPS+ToD 输入接口获取时间参考源时，若无法检测到其中 1PPS 信号或者 ToD 信息，则应自动上报 1PPS+ToD 输入丢失告警，并发生时间参考源倒换或进入保持工作状态。

6) 1PPS+ToD 输入劣化告警：当分组承载设备通过 1PPS+ToD 输入接口获取时间参考源时，若 1PPS+ToD 输入信号中的秒脉冲状态低于某个特定的质量等级门限，分组承载设备应能自动上报 1PPS+ToD 输入劣化告警。分组承载设备应支持通过网管设置 1PPS+ToD 时间参考源的质量等级门限，默认值为 0x00。

b) 时间处理功能告警及事件

1) 时间失锁告警：分组承载设备应能检测锁相环所处的工作状态，当其锁相环无法正常工作，应能自动上报时间失锁告警。

2) 同步处理硬件故障告警：分组承载设备应对包括内置时钟、关键芯片、相位滤波器等在内的所有硬件电路和关键器件进行故障检测，若其中某一部件无法正常工作，应自动上报同步处理硬件故障告警。

3) Slave 端口倒换事件：若分组承载设备检测到作为主用时间参考的 PTP 端口出现失效或劣化的情况，则应触发分组同步源的倒换，并上报 slave 端口倒换事件。

4) GM 时钟切换事件：当分组承载设备的 Slave 网元所跟踪的 GM 发生倒换，则应自动上报 GM 时钟切换事件。

5) 设备时间状态切换事件：当时间状态在正常跟踪、非跟踪之间发生切换时，分组承载设备应自动上报相应的设备同步状态切换事件。

c) 输出功能告警

— 时间输出模块故障告警：分组承载设备应能检测时间输出模块的工作状态，当其工作异常时，应能自动上报时间输出模块故障告警。

6.4.3 性能监测要求

分组承载设备应支持对分组层时间同步的输入/输出时间信号，以及设备内部时间模块的性能情况进行实时监测，当发现性能劣化时，需要产生对应的告警信息。各项性能的具体监测要求如下：

a) PTP 报文统计

— 支持指定周期（默认 15min）对当前选用 PTP 参考源的接收报文个数的统计计数。需要统计的报文包括：Announce 报文、Sync 报文、Follow_Up 报文、Delay_Req 报文、Delay_Resp、Pdelay_Req、Pdelay_Resp 报文、Pdelay_Resp_Follow_Up 报文。支持人工设置为打开/闭塞方式。

b) PTP 时间偏差实时监控

— 如果分组承载设备为 BC 或者 OC Slave，支持实时监控设备同步采用的 PTP 时间偏差（Offset）。
— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值），并在网管上提供性能监控曲线。
— 支持对指定节点设备进行实时性能监控，上报周期最短不大于 5s。

c) PTP 延时实时监控

— 如果分组承载设备为 BC 或者 OC Slave，支持实时监控 PTP 链路的 PTP 时戳 T2、T1 相减获得

的单向延时信息、PTP 时戳 T4、T3 相减获得的单向延时信息，以及 Meanpathdelay 平均延时。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值），并在网管上提供性能监控曲线。

d) PTP 时间偏差累加和超限

— 如果分组承载设备为 BC 或者 OC Slave，支持时间偏差（offset）累加和检测。在指定时间周期里用于系统时钟调整的时间偏差补偿值，计算其累加和，累加和值峰峰值超过预定范围，上报时间偏差累加和超限告警。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含峰峰值、平均值、终了值）。支持实时查询。支持设置告警门限值，默认值暂定 500ns。

— 假定上报周期内有 N 个时间偏差补偿值， $1 \leq n \leq N$ ， $offset(n)$ 为第 n 个偏差补偿值；偏差累积和为上报周期内起始偏差补偿值到当前偏差补偿值的累加和， $SUM(n) = \sum_{i=1}^n offset(i)$ ； SUM_{max} 为上报周期内时间偏差累加和中的最大值 $SUM_{max} = \max(SUM(n))$ ； SUM_{min} 为上报周期内时间偏差累加和中的最小值 $SUM_{min} = \min(SUM(n))$ ；峰峰值为上报周期内时间偏差累加和的最大波动值 $SUM_{pp} = SUM_{max} - SUM_{min}$ ；平均值为上报周期内时间偏差累加和的平均值 $SUM_{avr} = \sum_{i=1}^N SUM(n) / N$ ；终了值为上报周期内最后一个时间偏差累加和值， $SUM_{end} = SUM(N)$ 。

e) 绝对时间参考比对

— 如果设备能够直接获取 GPS 时间，或者能够通过 1pps+ToD 外接输入直接获取绝对时间参考源，这时设备支持直接比较外部参考时间和 PTP 时间，并支持上报两者时间差值，当差值超过预定范围时上报外部参考时间和 PTP 时间差值超限告警。

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值）。支持实时查询。支持设置告警门限值，默认值暂定 500ns。

f) Passive 节点时间同步性能监测

— 当同步网建立 PTP 同步拓扑后，BMC（或 Alternate BMCA）算法会在环网中某个节点决策出 Passive 端口来避免环路。节点设备支持通过设置使 Passive 端口也进行 PTP 时间偏差计算，通过比较该节点设备在 Passive 端口和从时钟端口分别获得的环网两个方向的时间差值进行性能监测。当 Passive 端口所在节点测得环网两个方向时间差值较大时，设备上报环网 Passive 节点时间差值超限告警，如图 8 所示。

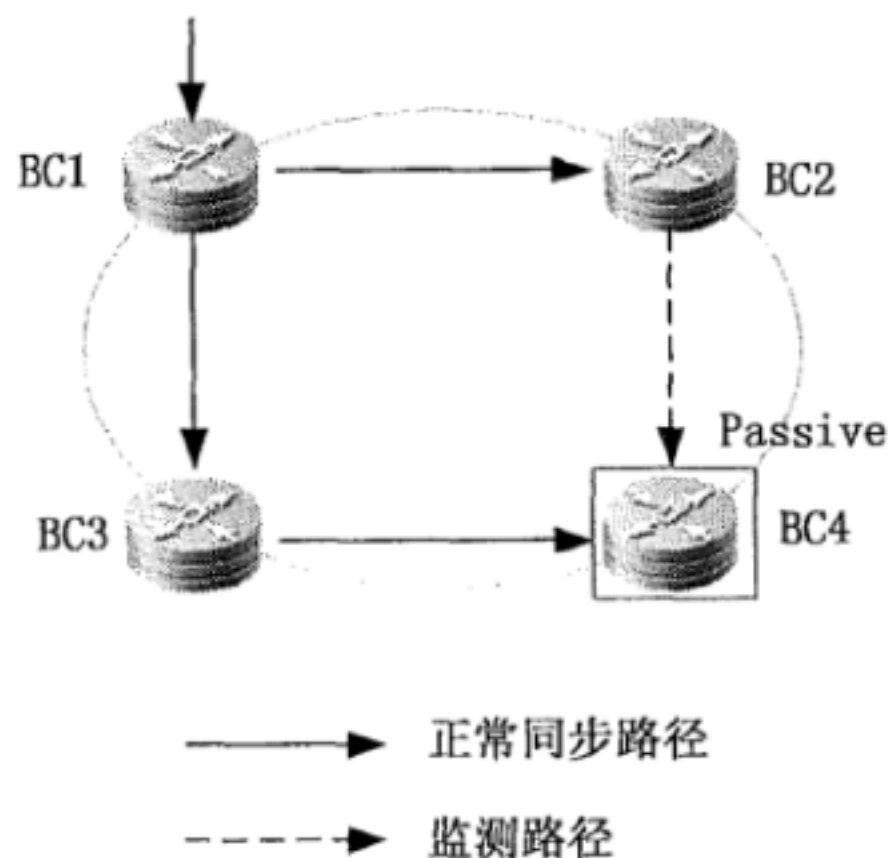


图 8 环网 Passive 节点时间同步性能监测

— 该功能工作在主动检测模式，支持人工设置为打开/闭塞方式。支持向网管上报数据（上报周期默认 15min，包含最大值、最小值、平均值）。支持实时查询。支持设置告警门限值，默认值暂定 200ns。

g) 按需时间同步性能监测（可选）

— 当同步网建立 PTP 同步拓扑后，根据需要对同步链路上的任一段链路进行时间故障检测。需要指定时间同步检测点，并指定对应的时间参考点，在检测点和参考点之间的节点配置 TC 探测通道，探测报文以 TC 方式通过中间网元，在检测点支持通过探测路径获取和参考点之间的时间差值，如图 9 所示。

— 该功能工作在按需检测模式，在需要检测时配置并运行。支持实时查询，支持越限告警，并可设置告警门限值。

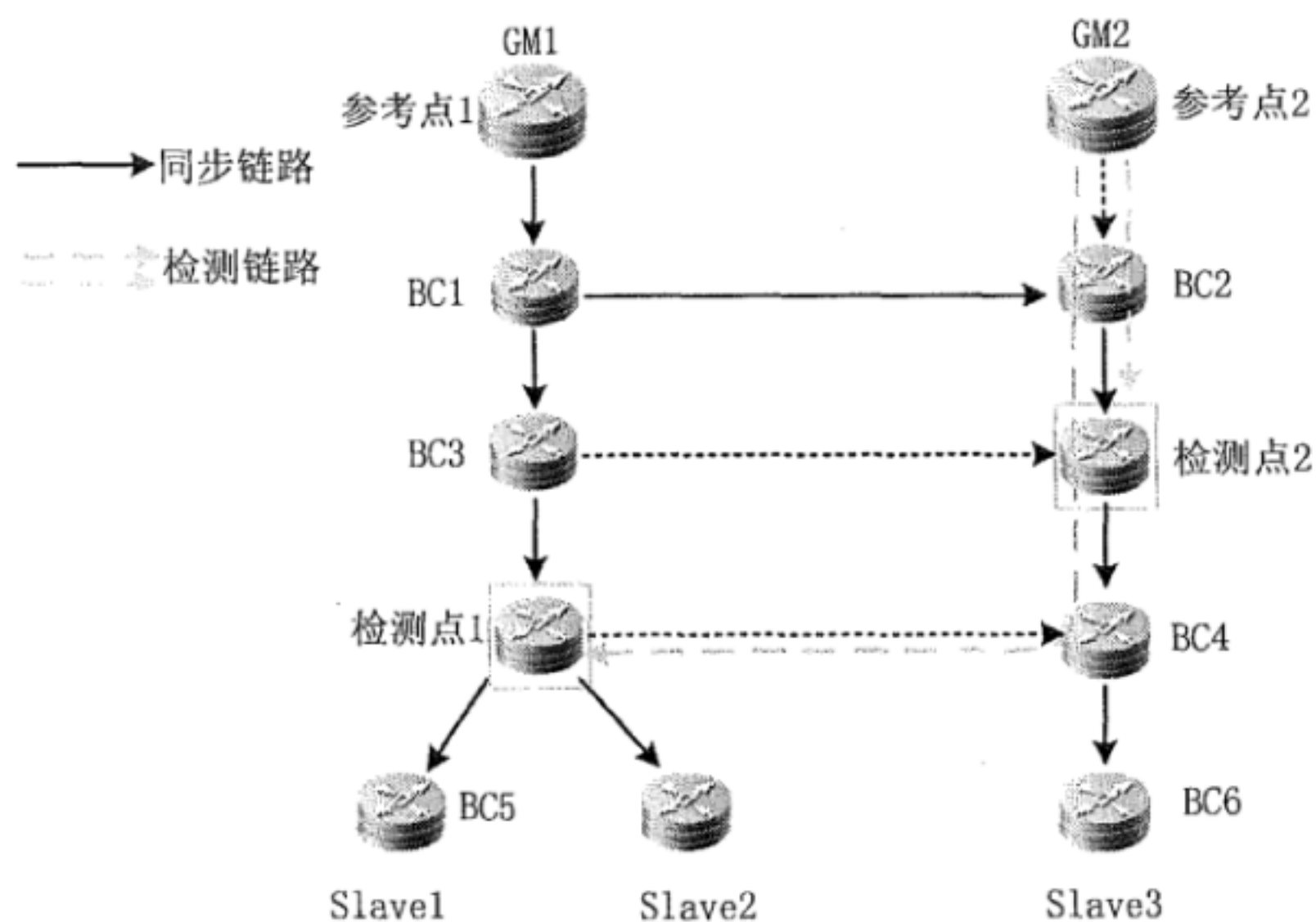


图 9 按需时间同步性能监测

6.4.4 延时补偿功能和监测要求

由于现网光纤可能存在不对称以及 1PPS+ToD 接口存在传输延时，会影响时间同步性能，时间同步设备和分组承载设备应支持以下光纤不对称补偿功能和 1PPS+ToD 链路延时补偿功能，并在网管上提供相应的补偿设置和查询。

a) PTP 非对称补偿功能：每个端口均应独立支持非对称时延补偿，补偿范围 $-100\mu\text{s} \sim 100\mu\text{s}$ ，补偿步长不大于 10ns，补偿的方式为配置非对称延时值，单位为 ns。

b) 1PPS+ToD 延时补偿：每个接收端口应独立支持延时补偿，补偿范围 $0\text{ns} \sim 10\mu\text{s}$ ，补偿步长不大于 10ns，补偿的方式为配置延时值，单位为 ns。

分组承载设备应支持以下光纤不对称自动检测和补偿方法：

a) 环网 Passive 节点不对称检测方法。利用 6.4.3 节 Passive 端口所在节点的性能监测方法，通过在环网 Passive 端口所在节点对比环网两个方向时间差值来分析线路的不对称性。正常情况下，从环网两个方向得到的时间均与上游时间源同步，两者基本一致；如果其中一个方向某段光纤上下行不对称，则此方向存在时间偏差，导致两方向获得时间差值较大。在 Passive 端口所在节点测得环网两个方向时间差值较大时（暂定为 200ns），设备上报告警，提示需要检测该环网是否存在不对称情况，如图 10a) 所示。

b) 主备用路由不对称测量方法。网络已进行光纤不对称补偿情况下，当主用时间路径光缆割接等引起光纤不对称发生变化时，设备倒换至同步于备用路径，当光缆割接完毕恢复后，设备重新同步于主用时间路径。设备通过计算时间路径倒换前后时间差，对光纤不对称变化值进行自动测量，如图 10b) 所示。

c) 交换光纤不对称测量补偿方法（可选）。PTP 主从设备之间首先在正常情况下进行 PTP 报文交互传递时间戳。然后主从设备端口通过手动或自动交换上下行光纤，上下行光纤交换之后再进行 PTP 报文交互传递时间戳。设备综合利用光纤交换之前以及交换之后的 PTP 报文时间戳信息，计算得出上行链路延迟、下行链路延迟以及与主时钟的时间偏差，从而自动得到上下行时延不对称补偿数据，并在设备中记录，如图 10c) 所示。

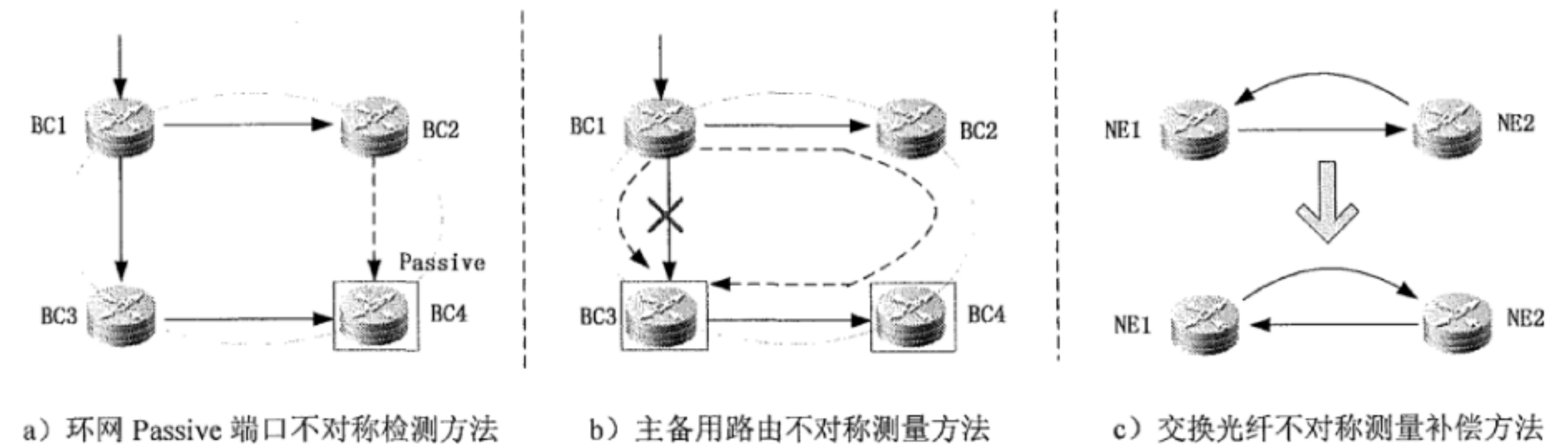


图 10 光纤不对称自动检测和补偿方法示意

6.4.5 告警定义

分组承载设备应提供的分组时间同步相关告警和事件见表 8。

表 8 分组承载设备应提供的分组时间同步告警和事件

分类	告警级别	告警描述
告警	紧急告警	1PPS+ToD 输入丢失
		时间失锁
		同步处理硬件故障
	重要告警	1PPS+ToD 输入劣化
		PTP 输入劣化
		PTP 物理链路告警
		Announce 报文丢失
		Sync 或 Delay_Resp 报文丢失
	次要告警	时间偏差累加和超限
		外部参考时间和 PTP 时间差值超限
		Passive 节点时间差值超限
事件	事件	Slave 端口倒换
		GM 时钟切换
		设备时间状态切换

6.5 频率同步和时间同步 OAM 关联机制

6.5.1 总则

根据 ITU-T 建议及不同的应用需求，频率同步和时间同步 OAM 关联机制分为方案一和方案二。方

案一主要用于 PTN 组网场景；方案二主要用于支持多业务承载的 IP/MPLS 设备组网场景。

6.5.2 方案一

当设备基于频率同步的基础上实现高精度时间同步时，频率同步是时间同步的基础，频率同步的性能可能影响时间同步的性能，但是时间同步的性能不会影响频率同步的性能。

在实际部署中，通常采用同步以太实现频率同步、采用 PTP 实现时间同步。频率层和时间层采用了不同的技术，它们之间是相互独立的。但由于频率同步是时间同步的基础，频率层同步故障或降质将影响时间层同步性能。因此，设备需要将频率层同步状态映射到时间层同步状态消息中，使得时间层能够感知，并通告给时间层的下游节点，使时间层的下游节点根据同步状态消息，决定是否进行保护倒换或跟踪上游时间源。另外，为了降低频率层对时间层网络拓扑的影响，当频率层同步状态发生变化时，需要等待一个延迟时间之后，时间同步状态信息再发生相应的变化通告给时间层的下游节点。

频率层和时间层关联机制示意如图 11 所示。

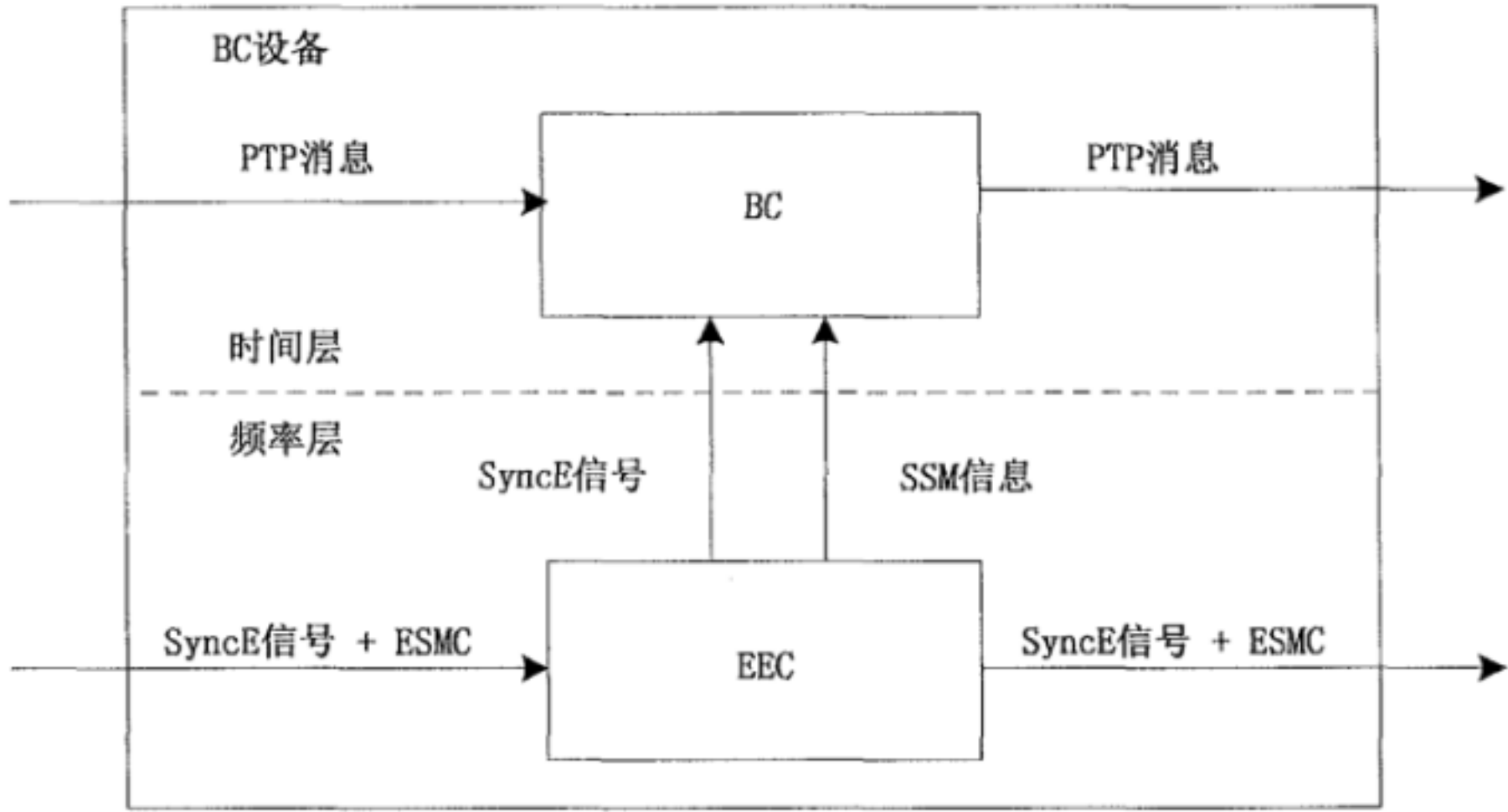


图 11 频率层和时间层关联机制示意

当分组承载设备频率同步出现由于定时输入丢失进入保持、自由振荡、时钟失锁或者 SSM 质量等级降到 SSU_B 及以下时，无论时间参考源是否正常，该设备应在时间同步状态上进行关联体现。此时，该设备不再跟踪上游时间源，发送的 PTP Announce 报文参数与该设备时间进入非跟踪状态时一致，PTP GrandmasterIdentity 发送该设备值，PTP clockclass 发送 187。此外，根据 IEEE 1588-2008 规定，此时设备发送的 PTP Announce 报文中 timeTraceable 和 frequencyTraceable 字段设置为 FALSE。

当分组承载设备跟踪频率源质量等级在 SSU_A 及以上时，在时间正常跟踪情况下（即 clockclass 为 6），输出时间 clockclass 仍为 6。

6.5.3 方案二

方案二的频率和时间关联机制见 6.4.1.2 节相关内容。

网络级同步 OAM 要求

7.1 网络部署和规划的原则

PTP Priority 1 参数用于时间同步网络的分级。对于同级同步网络，网络中的网元 Priority 1 统一设定为一个数值。

PTP Priority 2 参数用于区分主备用，比如同一本地网的主备用时间同步设备。

时间同步网络可使用同一域号（domainNumber），多域号的应用待研究。

为避免 6.4.1 节分组承载设备 1PPS+ToD 与 PTP 状态参数之间的频繁转换和构建，同步网络规划时，建议除同步设备和分组承载设备之间以及分组承载设备和基站之间可采用 1PPS+ToD 时间接口，网络内分组承载设备之间优选采用 PTP 接口进行时间传递。

7.2 同步网络拓扑

网络层面能够通过图形化界面直观地显示频率同步和时间同步的网络拓扑，包括网元主从跟踪路径，网元各个端口的同步状态（如 Master/slave/Passive）。

Grandmaster 节点和具有绝对时间参考源（如 GPS）的节点，在拓扑图形化界面中应予以特殊显示。

通过第 5 章和第 6 章的同步故障管理和性能监测，若同步存在故障或降质的节点，应在拓扑图形化界面中应予以特殊显示。

支持通过对拓扑图形化界面的操作，配置同步跟踪路径和同步检测路径，以及查询某个节点的同步参数和同步状态。

附录 A

(资料性附录)

秒与闰秒的定义以及 TAI 时、UTC 时和 GPS 时之间的关系

古代东西方天文学家及物理学家以日圭、日晷、水钟、单摆,利用观测日影的变化或水位的变化来计时。随着科技的进步,近代科学家发明了单摆钟及石英振荡器,利用单摆或石英晶体的振荡周期来计时。但上述计时方式易受环境、温度、材质、电磁场甚至观测者观测角度等影响,稳定度不佳,须由天体(地球自转、公转、月球公转)周期来校正。

1960 年以前,CIPM(世界度量衡标准会议)以地球自转为基础,秒的定义为平均太阳日的 $1/86400$,其稳定度在 10^{-8} 左右。1960~1967 年,CIPM 改以地球公转为基础,定义公元 1900 年为平均太阳年。秒的定义更改为平均太阳年的 $1/31556925.9747$,其稳定度在 10^{-9} 左右。

20 世纪中叶,由于量子力学的发展,发展了诸如光谱超精细结构、镁射及镭射、光磁共振(Optical Pumping)、分子束磁共振、分离震荡场等实验及研究,使量子频率标准取代以天体运动为标准的天体时而成为计时标准。1967 年,CIPM 更改秒的定义为基态铯 133 原子在两个超精细能阶间过渡所致辐射周期的 $9\,192\,631\,770$ 倍。

秒的定义可以以铯原子频率标准器来实现,其稳定度依据各标准器的制造方法、维护环境的不同而不同。一般商用的铯频率标准器 HP5071A 的稳定度约在 10^{-12} 左右,法国 LPTF 实验室以绝对温标 10^{-6} 度的铯原子喷泉制成的原子钟,稳定度约在 10^{-15} 左右。

由于原子频率标准的稳定度远比天体周期更佳,BIPM(国际度量衡标准局)定义了下列时标,如表 A.1 所示。

表 A.1 各种时标的定义

缩写	定义
UT	Universal Time, 世界时, 主要根据地球自转运动周期计算而得。 UT0——零号世界时, 依据地球自转、公转轨道效应加上月地潮汐扰动的观测结果计算。 UT1——一号世界时, 零号世界时再加上修正地球极轴运动效应。 UT2——二号世界时, 一号世界时加上修正地球季节效应
ET	Ephemeris Time, 天体时, 以地球公转运动周期计算, 即 1960~1967 年的秒定义
TAI	International Atomic Time, 国际原子时。BIPM 会员国之国家标准实验室原子钟组依据秒定义产生, 每月送至 BIPM, BIPM 根据各国实验室的维持能力及研发实力乘以不同的权重, 平均所得即为 TAI
UTC	Coordinated Universal Time, 世界协调时。综合一号世界时与国际原子时所发布的生活使用时时间标准, 亦为世界标准时刻, 1972 年后的定义为: $UTC-TAI = Ns$ (N 为整数), 并且, $ UTC-UT1 < 0.9s$

为了确保 UTC 时刻与 UT1 近似一致,当原子时与世界时的时刻之差达到 0.9s 时,可以对 UTC 时号发播时刻实施一个整秒的阶跃,阶跃的这一秒称为闰秒。加 1s(即推迟 1s)称为正闰秒,减少 1s(即提前 1s)称为负闰秒。

实施闰秒的时间只能在 12 月 31 日和 6 月 30 日 UTC 的最后 1s 上进行。一个正闰秒在 23h59m60s 结束后才是下一月的第一天的 0h0m0s,而一个负闰秒则在 23h59m58s 以后接下来的 1s 就是下月的第一天的 0h0m0s。国家授时中心(陕西天文台)负责我国标准时间和标准频率的产生、保持和发播工作。国际时间局决定并通知闰秒,该通知至少要提前 8 周发出。从 1972 年至 2013 年以来,历年 UTC 闰秒情况

见表 A.2。

表 A.2 历年的闰秒调整值

调整日期	调整值 (s)	UTC 和 TAI 的时间差 (s)
1972.1.1	-0.1077580	-10
1972.7.1	-1	-11
1973.1.1	-1	-12
1974.1.1	-1	-13
1975.1.1	-1	-14
1976.1.1	-1	-15
1977.1.1	-1	-16
1978.1.1	-1	-17
1979.1.1	-1	-18
1980.1.1	-1	-19
1981.7.1	-1	-20
1982.7.1	-1	-21
1983.7.1	-1	-22
1985.7.1	-1	-23
1988.7.1	-1	-24
1990.1.1	-1	-25
1991.1.1	-1	-26
1992.7.1	-1	-27
1993.7.1	-1	-28
1994.7.1	-1	-29
1996.1.1	-1	-30
1997.7.1	-1	-31
1999.1.1	-1	-32
2006.1.1	-1	-33
2009.1.1	-1	-34
2012.7.1	-1	-35

GPS 时间系统采用原子时 TAI 秒长作时间基准，时间原点在 1980 年 1 月 6 日与 UTC 对齐，启动后没有跳秒，保证时间的连续。随着时间积累，GPS 时与 UTC 时之间存在整秒差。

中 华 人 民 共 和 国
通 信 行 业 标 准

基于分组网络的同步网操作管理维护（OAM）技术要求

YD/T 2879-2015

*

人民邮电出版社出版发行

北京市丰台区成寿寺路 11 号邮电出版大厦

邮政编码：100164

北京康利胶印厂印刷

版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16

2016 年 2 月第 1 版

印张：2

2016 年 2 月北京第 1 次印刷

字数：41 千字

15115 • 790

定价：20 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492