

ICS 33.040.20
M 33



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 3075-2016

高精度时间同步互通技术要求和测试方法

Interconnection technique requirements and test specification for
precision time synchronization

2016-04-05 发布

2016-07-01 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.....1

4 高精度时间同步互通应用场景和接口类型.....3

 4.1 互通应用场景.....3

 4.2 互通接口类型.....5

5 高精度时间同步互通技术要求.....5

 5.1 基于 PTP 以太接口互通要求.....5

 5.2 基于 1PPS+ToD 接口互通要求.....9

 5.3 基于域间 OTUk 接口互通要求.....10

 5.4 互通性能要求.....11

6 高精度时间同步互通测试方法.....12

 6.1 基于 PTP 以太接口互通测试方法.....12

 6.2 基于 1PPS+ToD 接口互通测试方法.....14

 6.3 基于域间 OTUk 接口互通测试方法.....15

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高精度时间同步互通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、中兴通讯股份有限公司、中国信息通信研究院、武汉邮电科学研究院、华为技术有限公司。

本标准主要起草人：韩柳燕、李晗、何力、段呈昕、王磊、胡昌军、陈朝辉、刘颂、程伟强、李允博。

高精度时间同步互通技术要求和测试方法

1 范围

本标准规定了高精度时间同步互通应用场景和模型,基于PTP以太接口、1PPS+ToD接口和域间OTUk接口时间同步互通的技术要求和测试方法。

本标准适用于组建高精度时间同步网的时间同步设备、分组传送网设备、光传送网设备、分组光传送网设备、PON接入网设备、末端应用设备等各类型设备。

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。

YD/T 1462-2011	光传送网(OTN)接口技术要求
YD/T 2375-2011	高精度时间同步技术要求
YD/T 2879-2015	基于分组网络的同步网技术要求
ITU-T G.7041	通用成帧规程 (Generic framing procedure (GFP))
IEEE 802.3	局域网和城域网标准-第三部分: CSMA/CD接入方式和物理层规范 (IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and Physical Layer specifications)
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)

3 缩略语

下列缩略语适用于本文件:

1PPS	1 Pulse per Second	秒脉冲
BC	Boundary Clock	边界时钟
BMC	Best Master Clock	最佳主时钟
BMCA	Best Master Clock Algorithm	最佳主时钟算法
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验码
DA	Destination Address	目的地址
ETH	Ethernet MAC Layer Network	以太网 MAC 层网络
ETY	Ethernet PHY Layer Network	以太网物理层网络
FA	Frame Alignment	帧定位

YD/T 3075-2016

FAS	Frame Alignment Signal	帧定位单元
FCS	Fame Check Sequence	帧校验序列
FE	Fast Ethernet	快速以太网
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
GCCO	General Communication Channel	通用通信通道
GE	Gigabit Ethernet	吉比特以太网
GFP	Generic Framing Procedure	通用成帧规程
HEC	Header Error Check	头差错校验
ID	Identity	识别号码
IP	Internet Protocol	因特网协议
LSP	Label Switched Path	标签交换路径
MAC	Media Access Control	介质访问控制
MFAS	MultiFrame Alignment Signal	复帧定位信号
MTIE	Maximum Time Interval Error	最大时间间隔误差
NNI	Network to Network Interface	网络-网络接口
OH	Overhead	开销
OLT:	Optical Line Terminal	光线路终端
ONU	Optical Network Unit	光网络单元
OPS	Optical Physical Section	光物理段
OSC	Optical Supervisory Channel	光监控信道
OSMC	OTN Synchronization Message Channel	光传送网同步信道
OTM	Optical Transport Module	光传送模块
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OTUk	Optical Channel Transport Unit	光通道传送单元
PLI	Payload Length Indicator	净荷长度指示
PON	Passive Optical Network	无源光网络
POTN	Packet Optical Transport Network	分组光传送网
PTP	Precision Time Protocol	精确时间同步协议
PW	Pseudowire	伪线
RES	Reserved for future international standardization	为将来国际标准预留
SA	Source Address	源地址
SM	Section Monitoring	段监测
SSM	Synchronization Status Message	同步状态信息
TC	Transparence Clock	透明时钟
ToD	Time of Day	当前时刻
TYPE	Type	类型域

UNI	User Networks interface	用户网络侧接口
UPI	User Payload Identifier	客户净荷标识符
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网

4 高精度时间同步互通应用场景和接口类型

4.1 互通应用场景

高精度时间同步网络由作为时间源的时间同步设备、提供时间传送的传送/接入网络、末端应用设备（如基站）等构成。高精度时间同步互通涉及时间同步设备、分组传送网设备、光传送网设备、分组光传送网设备、PON 接入网设备、末端应用设备等不同类型设备之间的互通。本标准主要规范不同类型设备之间、不同管理域之间的域间时间同步互通要求。

不同类型设备之间、不同管理域之间的时间同步互通场景分为以下六种：

a) 时间同步设备和传送设备之间的时间同步互通如图 1 所示（接口 1），通过 PTP 以太接口或者 1PPS+ToD 外同步接口实现时间同步互通。

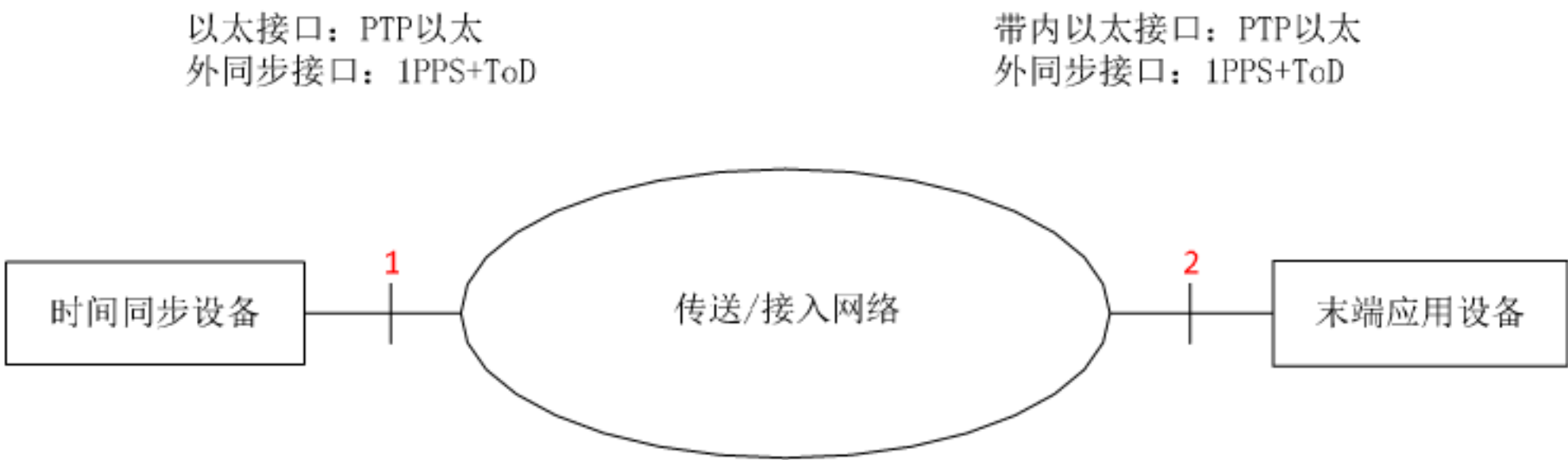


图1 时间同步设备、传送设备、末端应用设备之间的时间同步互通场景

b) 传送设备和末端应用设备之间的时间同步互通如图 1 所示（接口 2），通过带内以太接口传送 PTP 报文或者 1PPS+ToD 外同步接口实现时间同步互通。带内以太接口同时传送业务和时间同步。

c) 分组传送设备不同子网或管理域之间的时间同步互通如图 2 所示，两个域的分组传送设备通过互联的 UNI 或 NNI 带内以太接口传送 PTP 报文实现时间同步互通，或者通过 1PPS+ToD 外同步接口实现时间同步互通。通过 1PPS+ToD 接口互通时，传送设备内部需要进行 1PPS+ToD 与 PTP 状态参数之间的转换和构建，因此该方式不建议采用。

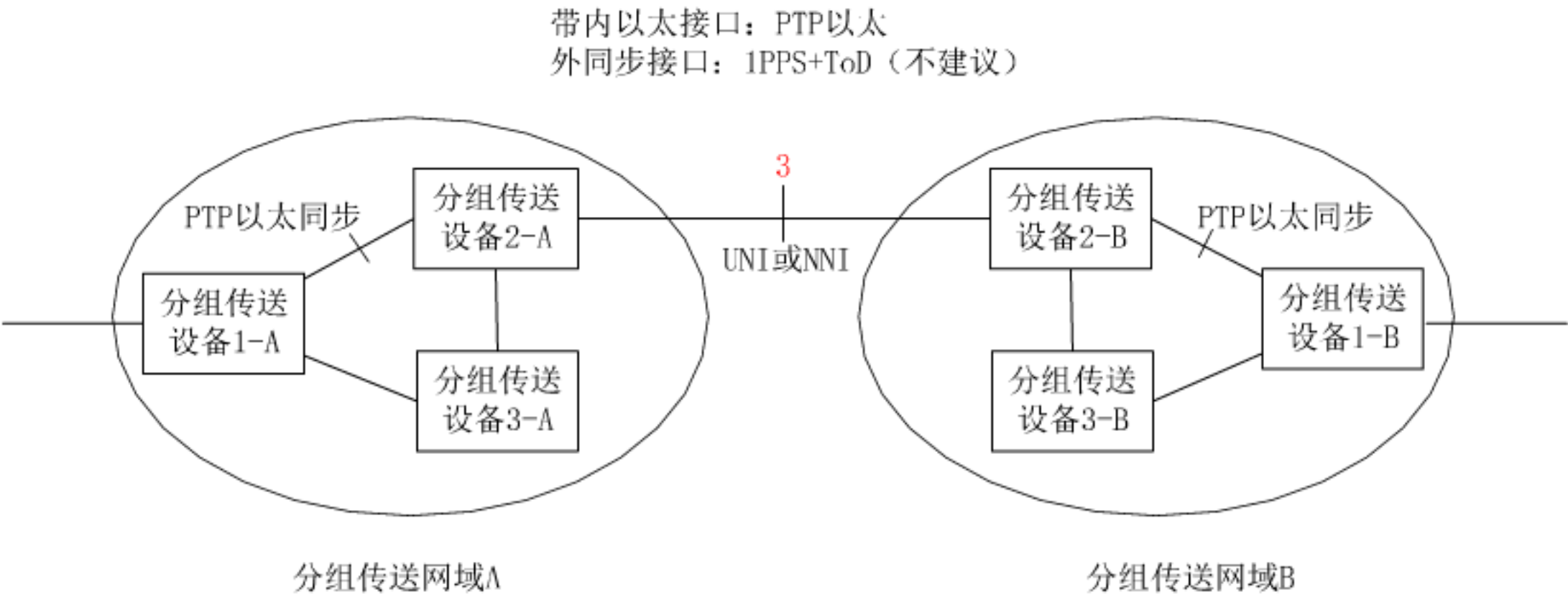


图2 分组传送设备不同子网或管理域之间的时间同步互通场景

YD/T 3075-2016

d) 分组传送设备和 OTN/POTN 设备之间的时间同步互通如图 3 所示。根据 OTN/POTN 域内通过 OSC 或者 OTUk 开销传送时间同步方式的不同，分组传送设备和 OTN/POTN 设备之间的时间同步互通接口分为以下三种：一是通过互联的带内以太接口传送 PTP 报文实现时间同步互通，此种互通方式要求 OTN/POTN 设备的 UNI 以太接口支持 PTP；二是通过 OTN/POTN 设备带外以太接口连接分组传送设备传送 PTP 报文，实现时间同步互通，带外以太接口不传送业务，只传送时间同步；三是通过 1PPS+ToD 外同步接口实现时间同步互通（该方式不建议采用）。

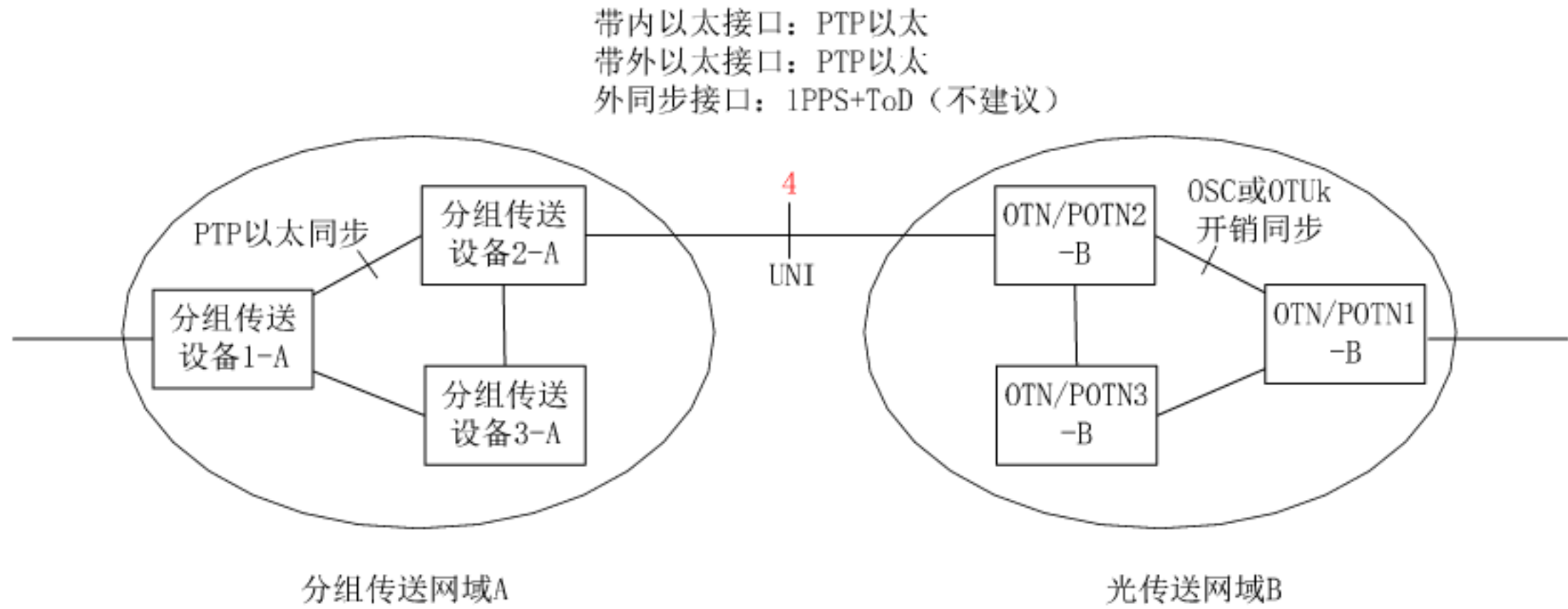


图3 分组传送设备和 OTN/POTN 设备之间的时间同步互通场景

e) OTN/POTN 设备不同子网或管理域之间的时间同步互通如图 4 所示。两个域的 OTN/POTN 设备可通过 UNI 以太接口或者域间 OTUk 接口互联，其中域间 OTUk 接口包括 OTM-0 或 OTM-nr。根据 OTN/POTN 域内传送时间同步方式和 OTN/POTN 域间互联接口的不同，两个域的 OTN/POTN 设备之间的时间同步互通接口分为以下四种：一是通过互联的带内以太接口传送 PTP 报文实现时间同步互通，此种互通方式要求互联的 OTN/POTN 设备的 UNI 以太接口支持 PTP；二是通过互联的域间 OTUk 接口开销传送 PTP 信息实现时间同步互通，此种互通方式要求互联的 OTN/POTN 设备的 OTUk 接口支持通过开销传送 PTP 信息；三是通过 OTN/POTN 设备带外以太接口互联传送 PTP 报文实现时间同步互通；四是通过 1PPS+ToD 外同步接口实现时间同步互通（该方式不建议采用）。

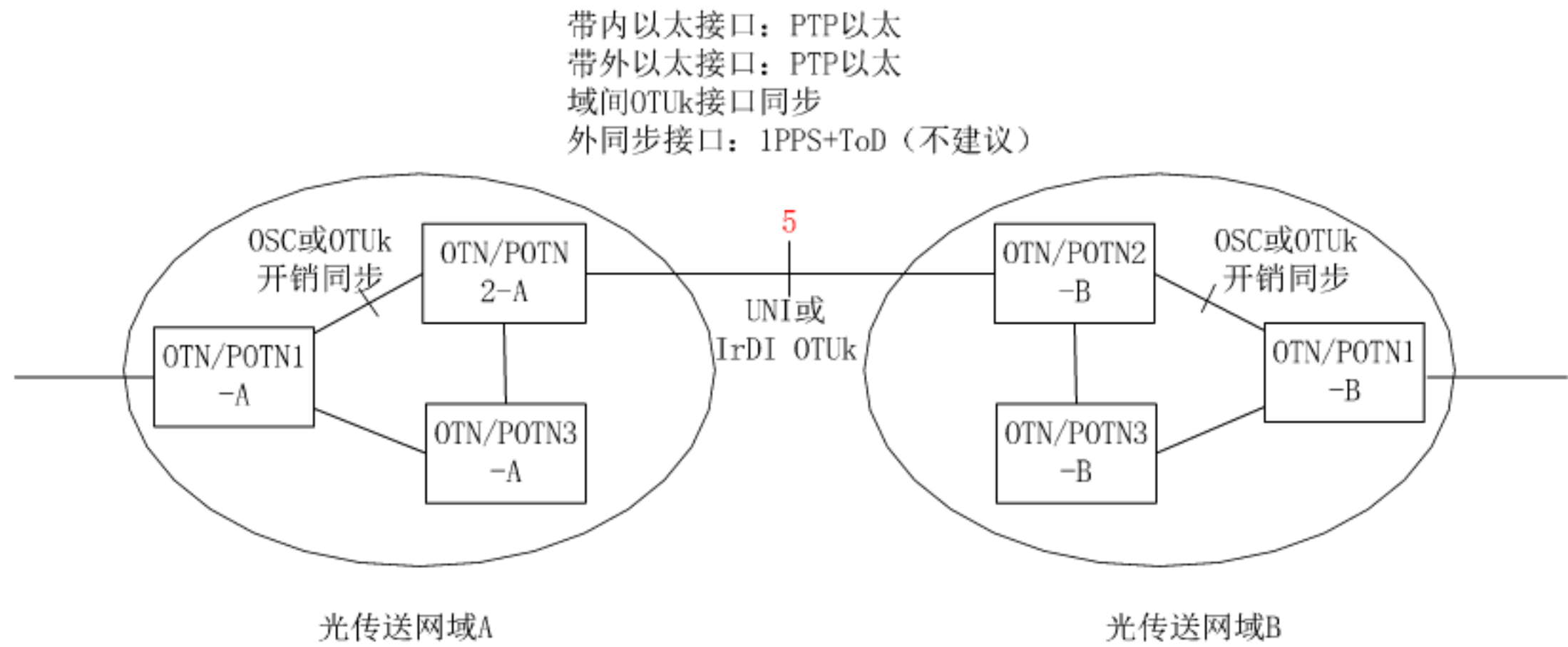


图4 OTN/POTN 设备不同子网或管理域之间的时间同步互通场景

f) 传送设备和 PON 接入网络 OLT 设备之间的时间同步互通如图 5 所示，通过带内以太接口传送

PTP 报文或者 1PPS+ToD 外同步接口实现时间同步互通。

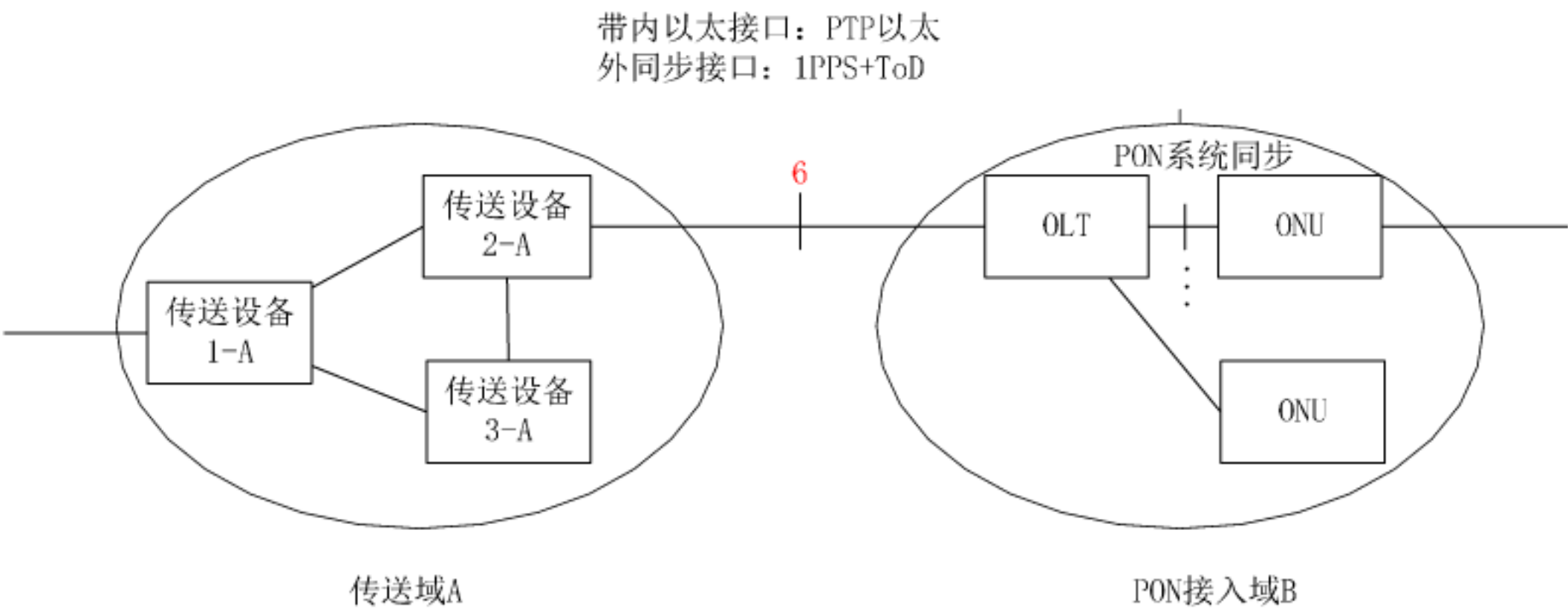


图5 传送设备和 PON 接入网络 OLT 设备之间的时间同步互通场景

4.2 互通接口类型

不同类型设备之间、不同子网或管理域之间的时间同步互通接口根据物理接口类型可划分为三类接口，包括 PTP 以太接口、1PPS+ToD 接口和域间 OTUk 接口。通过 PTP 以太接口和域间 OTUk 接口互通时，本标准主要规范基于 BC（边界时钟）方式的互通要求，TC（透明时钟）方式互通待研究。

5 高精度时间同步互通技术要求

5.1 基于 PTP 以太接口互通要求

5.1.1 互通模型

以太接口 PTP over IEEE 802.3/Ethernet 方式的协议栈如图 6 所示，时间同步互通的主要内容包括以太接口物理层互通、以太封装互通、PTP 协议互通等。

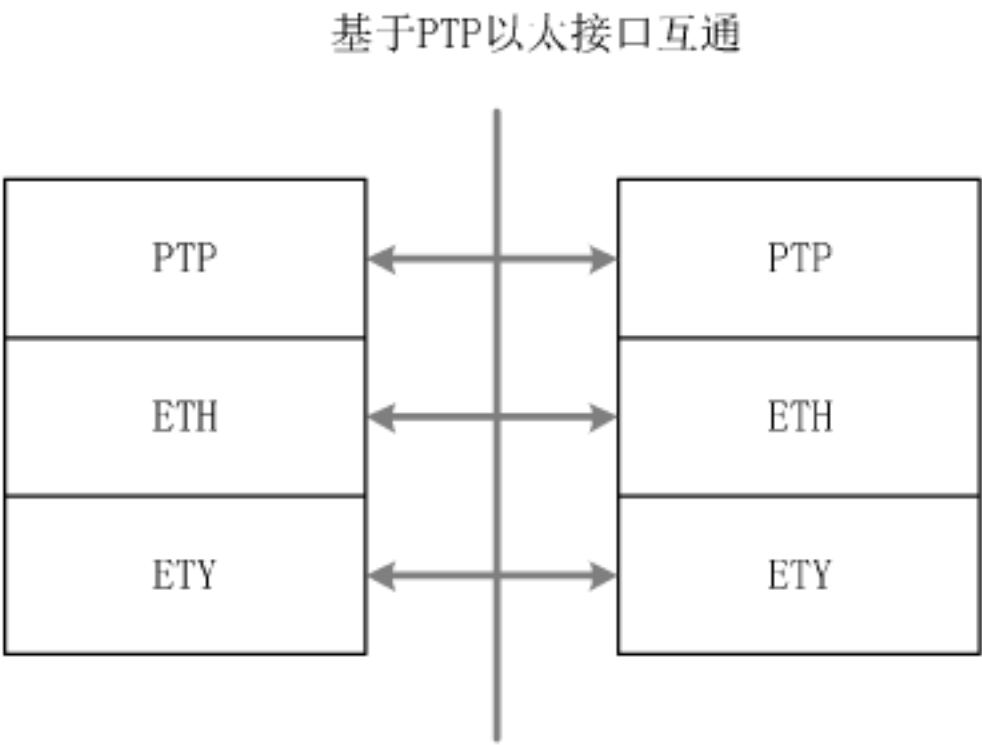


图6 基于 PTP 以太接口互通模型

5.1.2 物理接口互通要求

支持 PTP 的以太接口类型包括 FE 光口、FE 电口、GE 光口、GE 电口、10GE 光口、40GE、100GE 等，设备互通时根据具体场景选择以太接口类型。

PTP 以太接口物理层的前导码字段、帧结构等应符合 IEEE 802.3 规范，以保证物理层互通。

5.1.3 以太封装互通要求

设备通过 PTP 以太接口互通时，应默认配置为组播、不带 VLAN 的 PTP 以太封装格式，如图 7 所

YD/T 3075-2016

示。在以太封装之后应不再经过任何外层封装，包括 PW/LSP 隧道封装等。带 VLAN 的 PTP 以太封装格式的应用场景和互通配置要求待研究。



图7 不带 VLAN 的 PTP 以太网封装方式

不带 VLAN 的 PTP 以太封装中各字段的互通配置要求如下：

- a) 目的 MAC 地址 DA：应默认配置为组播 PTP 方式，组播地址为 01-1B-19-00-00-00。
- b) 源 MAC 地址 SA：应配置为非 0 的合法的 MAC 地址，如设备地址或者端口地址。
- c) Ethertype：应为 0x88F7。
- d) 填充字节：以太网最小帧长要求 64 字节，对于以太封装不满 64 字节的 PTP 报文类型，设备封装时应在 PTP 和 CRC 之间填充 0 字节，填充后总帧长应大于或等于 64 字节。接收端处理 PTP 报文时，应能够适应和识别经过填充后大于等于 64 字节的不同长度的 PTP 报文。
- e) CRC：应符合 IEEE 802.3 规范。发送端应在 PTP 报文中加入时间戳信息之后再对报文进行 CRC 编码。

5.1.4 PTP 功能和协议互通要求

设备通过 PTP 以太接口互通时，应支持和默认配置为 PTP 边界时钟（BC）、one-step、End-to-End 模式，设备 slave 端口接收处理 PTP 报文时，应能够自适应 PTP one-step、two-step 模式，不影响同步性能。

设备应支持 Sync、Delay_Req、Delay_Resp、Announce 四种报文的发送和处理。设备应支持 PTP 报文发包频率可配，默认发包频率和频率配置范围应符合表 1 要求。设备接收到的 PTP 报文频率在表 1 规定的发包频率配置范围内时，设备应能够自适应接收到的 PTP 报文频率并正常处理。Slave 端 Delay_Req 报文的发包频率应按照对应 Master 端发送的 Delay_Resp 报文携带的 logMessageInterval 数值发送。Slave 端进行 Announce 报文丢失检测、Sync 或 Delay_Resp 报文丢失检测时，应根据接收到的 PTP 报文中携带的 logMessageInterval 数值对应的发包频率进行检测，不应根据 Slave 端节点设置的默认发包频率进行检测。

表1 PTP 报文发包频率配置范围和默认发包频率

序号	报文名称	发包频率配置范围(Hz)	默认发包频率(Hz)
1	Sync	1/2~256	16
2	Delay_Req	1/16~16	1
3	Announce	1/16~16	8

PTP 报文包含报文头、报文体、报文扩展字段，互通时发送端报文扩展字段长度应为 0，接收端不对报文扩展字段长度和内容作检测。PTP 报文中保留字节应将所有比特位填充为 0 发送，保留字节在接收端将被忽略。

PTP 报文头格式见表 2。

表2 PTP 报文头格式

Bits								Octets	Offset
7	6	5	4	3	2	1	0		
transportSpecific				messageType				1	0
reserved				versionPTP				1	1
messageLength								2	2
domainNumber								1	4
reserved								1	5
flagField								2	6
correctionField								8	8
reserved								4	16
sourcePortIdentity								10	20
sequenceId								2	30
controlField								1	32
logMessageInterval								1	33

PTP 报文头各字段应符合表 3 的具体要求。

表3 PTP 报文头各字段的要求

字段名	含义	发送端填写要求	接收端处理方式
transportSpecific	下一层传送协议类型	IEEE 802.3以太封装：全部填充0	不作严格检测和匹配
messageType	PTP报文类型	根据具体PTP报文类型填写，符合IEEE 1588-2008要求	严格检测和匹配
versionPTP	PTP协议版本	IEEE PTP协议版本：填写2	不作严格检测和匹配 ^a
messageLength	报文长度	根据各类型PTP报文长度填写，包括报文头、报文主体、报文扩展字段的总长度，如果没有扩展字段以主体最后一个字节为结束，单位是字节	不作严格监测和匹配
domainNumber	时间域号	非特殊场景，默认填写为0	严格检测和匹配
flagField	标识域	见表4	见表4
correctionField	时间修正域	根据节点内部处理方式填写（例如填写节点内部的驻留时间和不对称延时）	作处理，参与时间偏差计算
sourcePortIdentity	源端口ID	发送端应按照实际发送端口ID填写，应为非全0全1的合法ID	检测是否合法，并参与BMC选源
sequenceId	报文序列ID	根据报文顺序发送的当前序列号填写	Delay_Req 和 Delay_Resp 报文序列ID作严格匹配
controlField	IEEE1588V1 版本描述报文类型的字段	根据具体PTP报文类型填写，符合IEEE 1588-2008要求	不作严格检测和匹配
logMessageInterval	报文的发送间隔	除了 Announce，Sync，Follow_up 和 Delay_Resp报文，其他类型报文填写0x7F。Announce，Sync，Delay_Resp应按照设备实际发包频率填写，设备默认发包频率应符合表1要求	作处理，参与报文丢失检测

^a 本标准只针对IEEE PTP 版本 2的应用场景，将来为实现与IEEE PTP 版本3的兼容，可考虑对versionPTP字段进行严格检测和匹配

PTP 报文头中 flagField 字段应符合表 4 的具体要求，没有定义的预留 bit 默认填写为 FALSE。

表4 PTP 报文头 flagField 字段的要求

字节	Bit	报文类型	名称	描述	发送端填写要求	接收端处理方式
0	0	Announce, Sync, Delay_Resp	AlternateMaster Flag	TRUE: 其他情况 FALSE: 报文由 Master 端口发送	Master 端口应填写 FALSE, 其他情况填写 TRUE	严格检测和处理, 接收端对于该项填写为 TRUE 的报文可以丢弃
0	1	Sync	twoStepFlag	TRUE: two-step 时钟设备 FALSE: one-step 时钟设备	默认 one-step 方式, 填写 FALSE	严格检测, 决定 one-step 或 two-step 处理
0	2	ALL	unicastFlag	TRUE: 报文为单播地址 FALSE: 报文为组播地址	默认组播方式, 填写 FALSE	严格检测, 决定单播或组播处理
0	5	ALL	PTP profile Specific 1	TRUE: 支持 PTP 扩展协议定义 FALSE: 其他情况	默认无扩展, 填写 FALSE	不作严格检测和匹配
0	6	ALL	PTP profile Specific 2	TRUE: 支持 PTP 扩展协议定义 FALSE: 其他情况	默认无扩展, 填写 FALSE	不作严格检测和匹配
0	7	ALL	Reserved	预留给安全保护	预留, 填写 FALSE	不作严格检测和匹配
1	0	Announce	leap61	闰秒正值加一描述, 数值等于 timePropertiesDS.leap61	对于时间同步设备, 有闰秒正值调整时应改变该项值, 其他设备该项上游	不作严格检测和处理
1	1	Announce	leap59	闰秒负值减一描述, 数值等于 timePropertiesDS.leap59	对于时间同步设备, 有闰秒负值调整时应改变该项值, 其他设备该项转发上游	不作严格检测和处理
1	2	Announce	currentUtcOffset Valid	数值等于 timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid TRUE: 当前 UTC 与 TAI 的时间偏差已知 FALSE: 当前 UTC 与 TAI 的时间偏差未知	对于配置卫星授时的时间同步设备, 该项填写 TRUE。其他设备该项转发上游, 进入自身保持时填写 FALSE	严格检测, 接收端只有当该项为 TRUE 时, 根据收到报文更新设备的 UtcOffset 值
1	3	Announce	ptpTimescale	数值等于 timePropertiesDS.ptpTimescale TRUE: 当前采用 PTP 时间标尺 FALSE: 当前采用非 PTP 时间标尺 (ARB)	填写 TRUE	不作严格检测和处理
1	4	Announce	timeTraceable	数值等于 timePropertiesDS.timeTraceable TRUE: 时间跟踪 PRC FALSE: 其他情况	应符合 YD/T 2879-2015 5.2 节、6.4.1 小节和 6.5 节的规范	不作严格检测和处理
1	5	Announce	frequencyTraceable	数值等于 timePropertiesDS.frequencyTraceable TRUE: 频率跟踪 PRC FALSE: 其他情况	应符合 YD/T 2879-2015 5.2 节、6.4.1 小节和 6.5 节的规范	不作严格检测和处理

Announce 报文消息体中 originTimestamp 字段填写 0 或者 Announce 报文发送时间（误差小于±1s），currentUtcOffset、grandmasterPriority1、grandmasterClockQuality、grandmasterPriority2、grandmasterIdentity、stepsRemoved、timeSource 字段填写应符合 YD/T 2879-2015 5.2 节、6.4.1 小节和 6.5 节的规定。

设备之间 PTP 协议互通时，设备应支持 PTP 报文统计功能，通过对当前选用 PTP 参考源的接收报文个数的统计计数，实时监测设备之间的 PTP 互通情况。

5.2 基于 1PPS+ToD 接口互通要求

5.2.1 互通模型

基于 1PPS+ToD 接口的互通模型如图 8 所示，时间同步互通的主要内容包括物理接口互通、1PPS 互通、ToD 协议互通等。

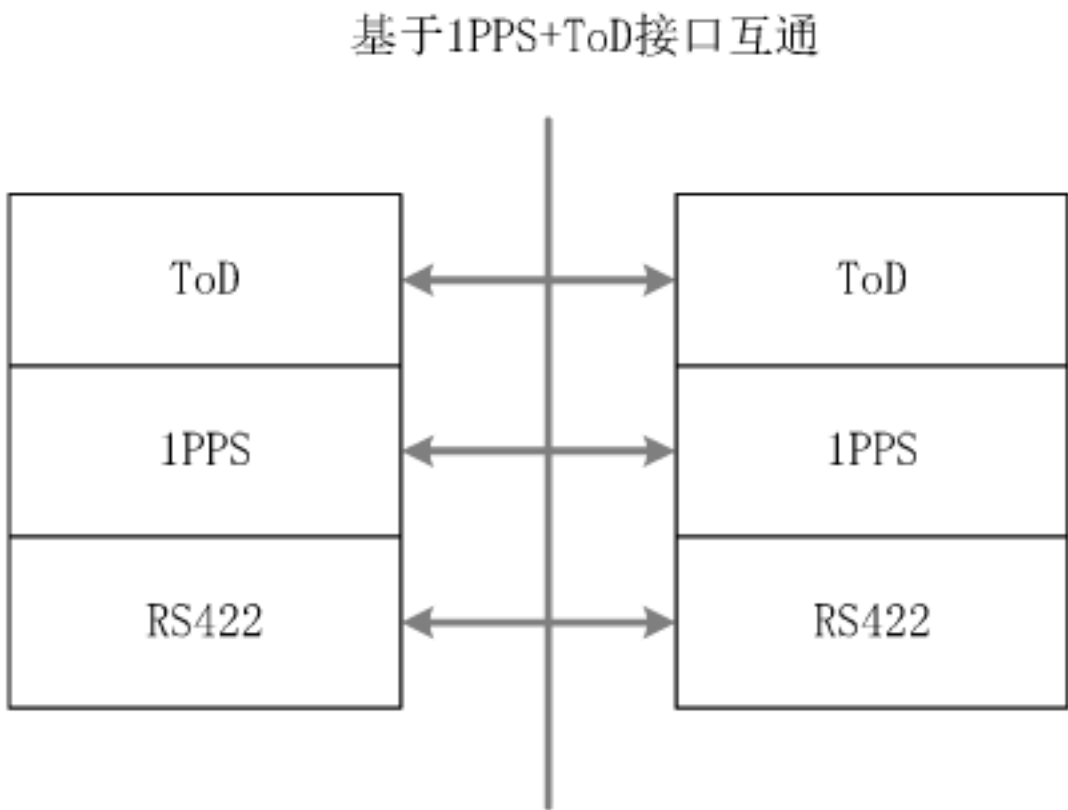


图8 基于 1PPS+ToD 接口互通模型

5.2.2 物理接口互通要求

1PPS+ToD 信息传送采用 422 电平方式，物理接口采用 RJ45，接口线序、波特率、脉冲宽度等均应符合 YD/T 2375-2011 8.3.1 小节的规定。

5.2.3 功能和协议互通要求

ToD 帧结构如图 9 所示，各字段应符合 YD/T 2375-2011 8.3.2 小节的规定。



图9 ToD 帧结构

ToD 消息包括时间信息消息和时间状态消息两种。时间信息消息用于提供时间信息，时间状态消息用于指示本设备配置的外置卫星接收机当前工作状态。时间信息消息格式应符合 YD/T 2375-2011 8.3.3 节的规定。各类型设备对 ToD 消息的接收和处理要求如下：

- a) 时间同步设备：应支持时间信息消息和时间状态消息两种消息的接收和检测，支持时间信息消息的发送；
- b) 传送/接入设备：应支持时间信息消息一种消息的接收、检测和发送。如果接收到时间状态信息，应丢弃处理。

c) 末端应用设备：应支持时间信息消息和时间状态消息两种消息的接收和检测。

5.3 基于域间 OTUk 接口互通要求

5.3.1 互通模型

两个域的 OTN/POTN 设备可通过域间 OTUk 接口 (OTM-0 或 OTM-nr) 互联。域间 OTUk 接口通过 OTUk 开销字节传送 PTP 报文。在 BC 模式下, PTP 应通过 GFP 封装进 OTUk 开销(无以太报文头和 IPv4/v6 报文头)。

通过域间 OTUk 接口的时间同步互通模型如图 10 所示, 时间同步互通的主要内容包括物理接口互通、OTUk 开销互通、GFP 封装互通、PTP 协议互通等。

基于域间OTUk接口互通

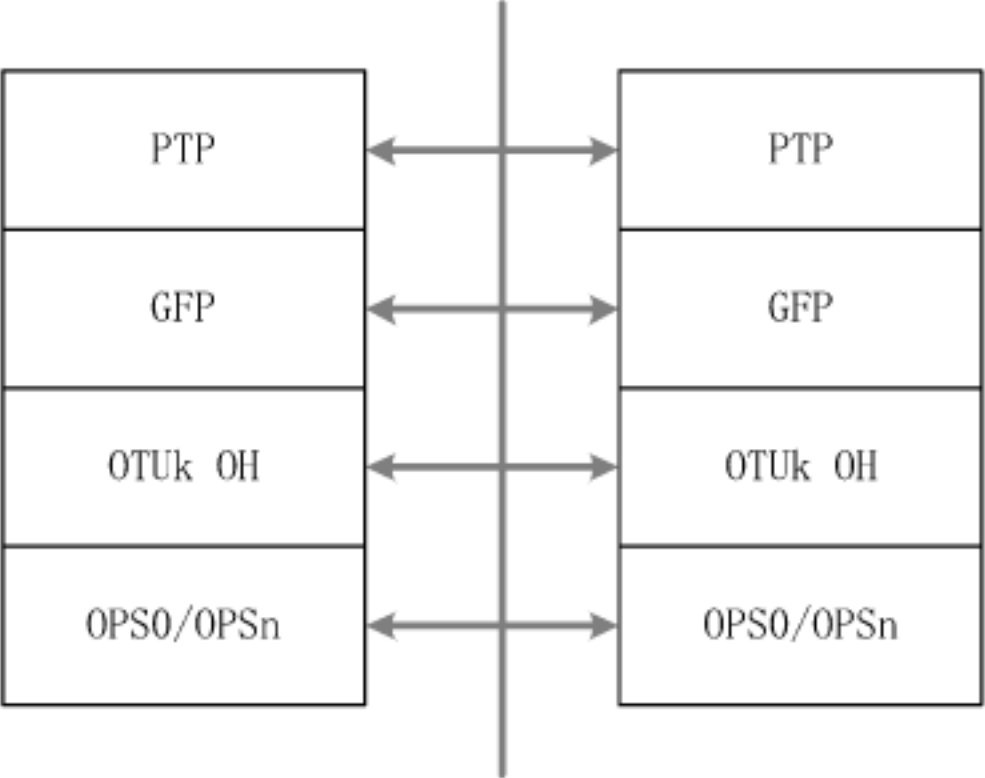


图10 基于域间 OTUk 接口互通模型

5.3.2 物理接口和开销互通要求

支持传送 PTP 报文的域间 OTUk 接口类型应包括 OTU2、OTU2e, OTU3、OTU4 等, 设备互通时根据具体场景选择 OTUk 接口类型。

OTUk 接口物理层应满足 YD/T 1462-2011 第 11~13 章的要求, 以保证物理层互通。

PTP 报文应利用 OTUk 帧结构中 1 行 13 列的一个字节开销位置进行传送, 该字节开销定义为 OSMC (OTN Synchronization Message Channel) 开销, 如图 11 所示, PTP 报文与 SSM 信息共用该字节开销。

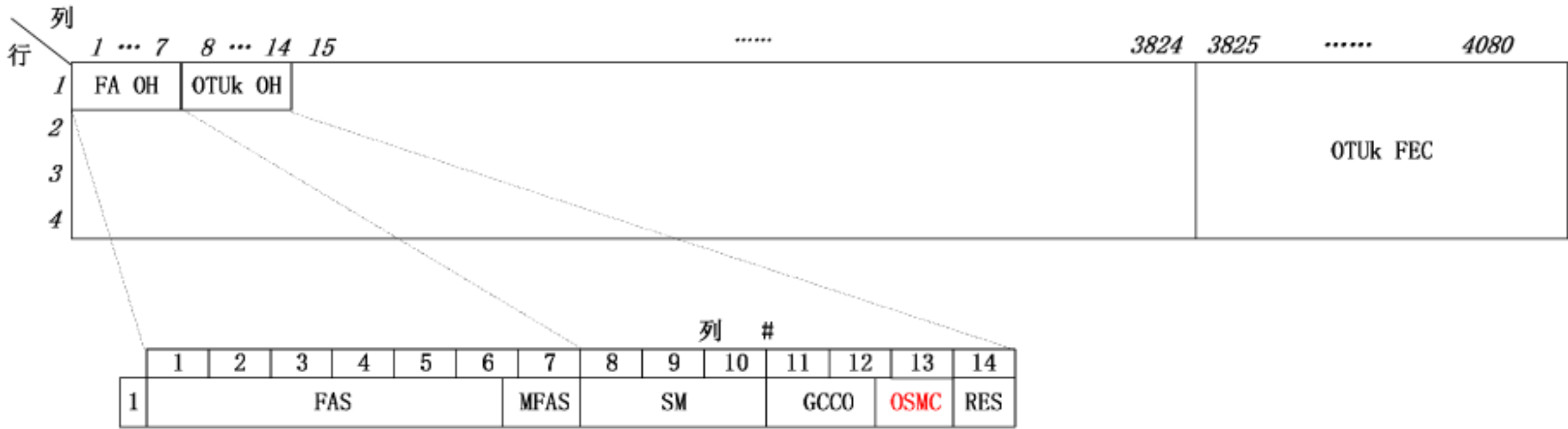


图11 OTUk 帧结构和 PTP 报文所在开销位置

5.3.3 封装和协议互通要求

PTP 报文应采用 ITU-T G.7041/Y1303 定义的 GFP-F 格式插入 OTUk OSMC 开销, 具体封装格式如图 12 所示。PTP 报文采用 GFP 数据帧封装, 没有传递 GFP 数据帧的情况下, GFP 码流中插入 GFP 的空闲帧。GFP 的空闲帧为“B6 AB 31 E0”; GFP 的数据帧格式应使用 2 字节的 PLI、2 字节的 cHEC、2 字节的 TYPE、2 字节的 tHEC 封装 PTP 报文, 可选的 GFP 扩展头 (GFP Extension Header) 不作考虑。TYPE

域中 UPI 代码应使用 16 数值，表示 BC 模式下，GFP-F 帧携带了 PTP 报文。PTP 报文封装时增加 4 字节 pFCS，FCS 生成按 ITU-T G.7041/Y1303 中 6.1.2.2.1.1 的要求计算并插入 pFCS 域。

BC 模式下，PTP 报文封装进 GFP 数据帧时，不带以太报文头和 IPv4/v6 报文头，仅封装 PTP 净荷，即 PTP 报文头和 PTP 报文体。PTP 报文类型、发包频率、协议等均应符合 5.1.4 小节的规定，其中 PTP 报文头 transportSpecific 字段填写和 IEEE 802.3 以太封装时一致，全部填充 0。

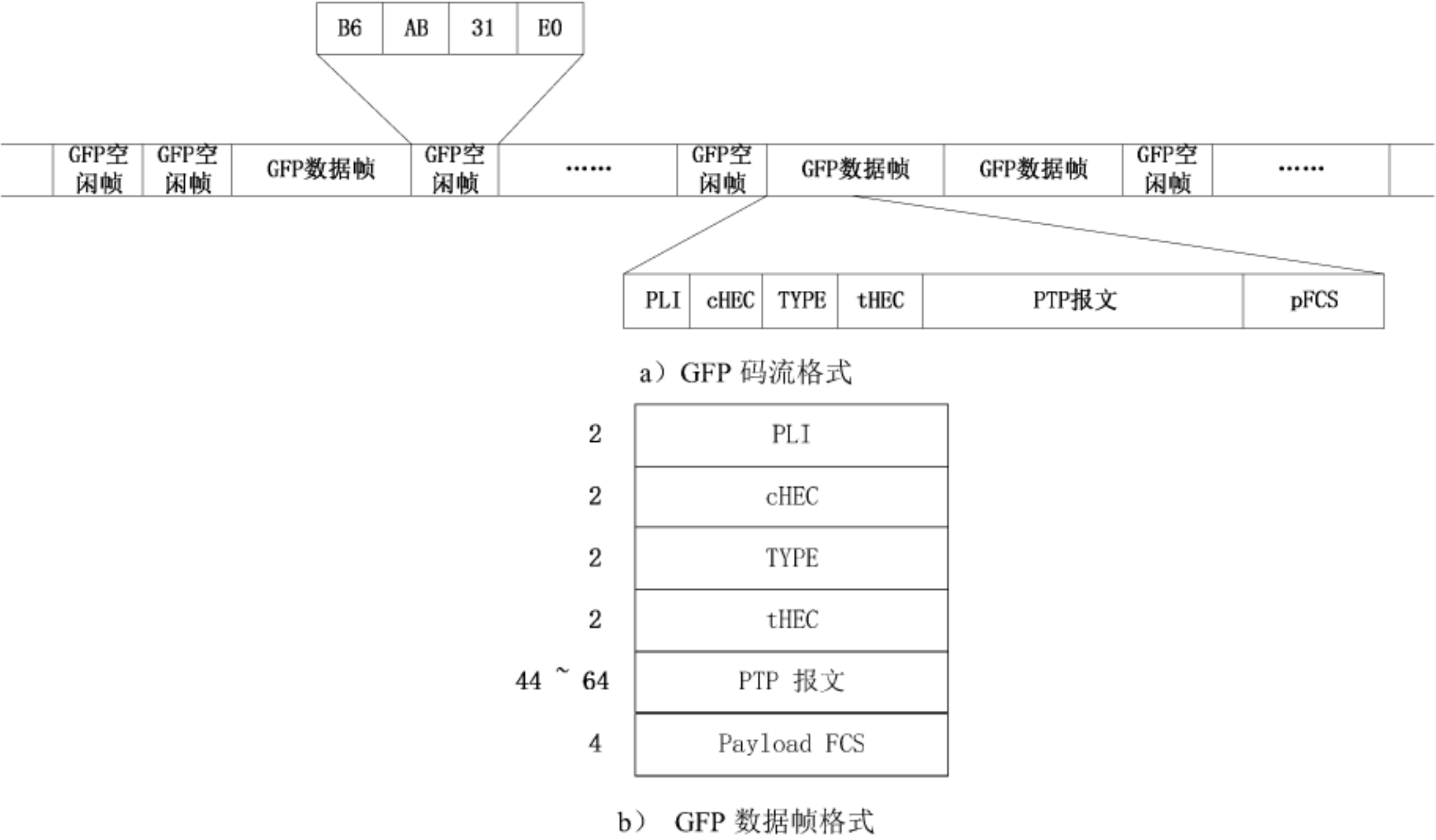


图12 PTP 报文 GFP 封装格式

5.4 互通性能要求

两台设备通过 PTP 以太接口、1PPS+ToD 接口或域间 OTUk 接口互通时，背靠背固定时间偏差应小于±40ns，背靠背时间偏差 MTIE 值（观察时间为 1000s）应小于 56ns。

在不同类型设备、不同管理域混合组网情况下，在各种网络负载条件下，传送网络端到端最大时间偏差应小于±1 μs，包含时间同步设备和末端应用设备的整网端到端最大时间偏差应小于±1.5 μs，在时间源切换或者时间路径倒换时引入的时间偏差应小于±250ns。

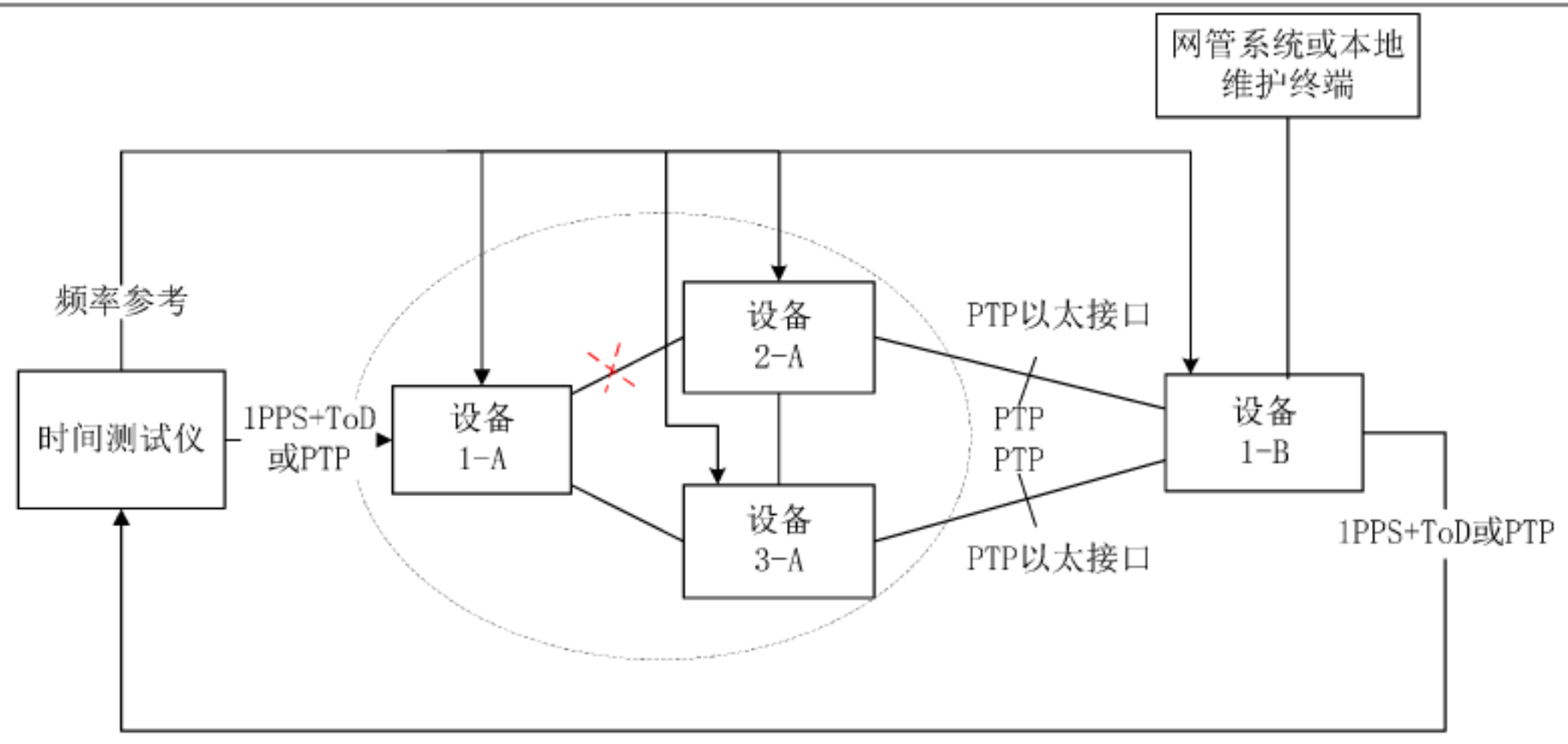
6 高精度时间同步互通测试方法

6.1 基于 PTP 以太接口互通测试方法

6.1.1 互通功能和性能测试

测试目的	验证设备通过PTP以太接口互通功能和性能
测试依据	本标准5.1节、5.4节
测试仪表	时间测试仪
测试配置	<pre> graph LR TTI[时间测试仪] -- "1PPS+ToD 或PTP" --> DA[设备A] DA -- "PTP以太接口" --> DB[设备B] DB -- "1PPS+ToD或PTP" --> TTI TTI -- "频率参考" --> DA TTI -- "频率参考" --> DB NMT[网管系统或本地 维护终端] --- DB </pre>
测试步骤	a) 按测试配置搭建组网图; b) 配置设备A跟踪时间测试仪输出的PTP源; c) 设备A与设备B之间通过PTP以太接口（如10GE/GE/FE等）互通; d) 配置设备A和设备B的频率参考直接或间接来自时间测试仪; e) 通过时间测试仪测试设备B 的1PPS+ToD 或PTP时间输出, 测试时间至少2h; f) 通过网管系统或者本地维护终端查看设备B的时间同步告警和性能监测结果; g) 对调设备A和设备B的配置, 重复步骤a)~f)
备注	如果通过以上测试步骤互通无法成功或者互通性能无法满足5.4节要求时, 建议进一步分别检查测试设备A和设备B PTP以太接口的功能和性能

6.1.2 倒换功能和性能测试

测试目的	验证设备通过PTP以太接口互通时，时间源倒换的功能和性能
测试依据	本标准5.1节、5.4节
测试仪表	时间测试仪
测试配置	
测试步骤	<p>a) 按测试配置搭建组网图；</p> <p>b) 配置设备1-A跟踪时间测试仪输出的PTP源；</p> <p>c) 设备2-A与设备1-B之间，设备3-A与设备1-B之间均通过PTP以太接口（如10GE/GE/FE等）互通，设备1-B依据BMCA选源算法选择跟踪其中一台设备，如设备2-A；</p> <p>d) 配置设备1-A、设备2-A、设备3-A和设备1-B的频率参考直接或间接来自时间测试仪；</p> <p>e) 断掉设备1-A和设备2-A之间的物理链路，通过时间测试仪测试设备1-B 时间源倒换前后的1PPS+ToD 或PTP时间输出，测试时间至少2h；</p> <p>f) 通过网管系统或者本地维护终端查看设备1-B的时间同步告警和性能监测结果；</p> <p>g) 对调设备A和设备B的配置，重复步骤a)~f)</p>
备注	如果通过以上测试步骤倒换无法成功或者倒换性能无法满足5.4节要求时，建议进一步分别检查测试设备A和设备B PTP以太接口的功能和性能

6.2 基于 1PPS+ToD 接口互通测试方法

测试目的	验证设备通过1PPS+ToD接口互通功能和性能
测试依据	本标准5.2节、5.4节
测试仪表	时间测试仪
测试配置	<pre> graph LR TT[时间测试仪] -- "1PPS+ToD 或 PTP" --> DA[设备A] DA -- "1PPS+ToD" --> DB[设备B] DB -- "1PPS+ToD 或 PTP" --> TT NMT[网管系统或本地维护终端] --> DA NMT --> DB TT -- "频率参考" --> NMT </pre>
测试步骤	a) 按测试配置搭建组网图; b) 配置设备A跟踪时间测试仪输出的PTP源; c) 设备A与设备B之间通过1PPS+ToD接口互通; d) 配置设备A和设备B的频率参考直接或间接来自时间测试仪; e) 通过时间测试仪测试设备B 的1PPS+ToD 或PTP时间输出, 测试时间至少2h; f) 通过网管系统或者本地维护终端查看设备B的时间同步告警和性能监测结果; g) 对调设备A和设备B的配置, 重复步骤a) ~f)
备注	如果通过以上测试步骤互通无法成功或者互通性能无法满足5.4节要求时, 建议进一步分别检查测试设备A和设备B 1PPS+ToD接口的功能和性能

6.3 基于域间 OTUk 接口互通测试方法

6.3.1 互通功能和性能测试

测试目的	验证设备通过域间OTUk接口互通功能和性能
测试依据	本标准5.3节、5.4节
测试仪表	时间测试仪
测试配置	<pre>graph LR TT[时间测试仪] -- "频率参考" --> DA[设备A] TT -- "频率参考" --> DB[设备B] TT -- "1PPS+ToD 或 PTP" --> DA DA -- "域间OTUk接口" --> DB DB -- "1PPS+ToD 或 PTP" --> TT NMT[网管系统或本地维护终端] --> DB</pre>
测试步骤	<p>a) 按测试配置搭建组网图；</p> <p>b) 配置设备A跟踪时间测试仪输出的PTP源；</p> <p>c) 设备A与设备B之间通过域间OTUk接口（如OTU2、OTU2e、OTU3、OTU4等）互通；</p> <p>d) 配置设备A和设备B的频率参考直接或间接来自时间测试仪；</p> <p>e) 通过时间测试仪测试设备B 的1PPS+ToD 或PTP时间输出，测试时间至少2h；</p> <p>f) 通过网管系统或者本地维护终端查看设备B的时间同步告警和性能监测结果；</p> <p>g) 对调设备A和设备B的配置，重复步骤a) ~f)</p>
备注	如果通过以上测试步骤互通无法成功或者互通性能无法满足5.4节要求时，建议进一步分别检查测试设备A和设备BOTUk接口时间同步的协议和配置

6.3.2 倒换功能和性能测试

测试目的	验证设备通过域间OTUk接口互通时，时间源倒换的功能和性能
测试依据	本标准5.3节、5.4节
测试仪表	时间测试仪
测试配置	
测试步骤	<p>a) 按测试配置搭建组网图；</p> <p>b) 配置设备1-A跟踪时间测试仪输出的PTP源；</p> <p>c) 设备2-A与设备1-B之间，设备3-A与设备1-B之间均通过域间OTUk接口（如OTU2、OTU2e、OTU3、OTU4等）互通，设备1-B依据BMCA选源算法选择跟踪其中一台设备，如设备2-A；</p> <p>d) 配置设备1-A、设备2-A、设备3-A和设备1-B的频率参考直接或间接来自时间测试仪；</p> <p>e) 断掉设备1-A和设备2-A之间的物理链路，通过时间测试仪测试设备1-B 时间源倒换前后的1PPS+ToD 或PTP时间输出，测试时间至少2h；</p> <p>f) 通过网管系统或者本地维护终端查看设备1-B的时间同步告警和性能监测结果；</p> <p>g) 对调设备A和设备B的配置，重复步骤a)~f)</p>
备注	如果通过以上测试步骤倒换无法成功或者倒换性能无法满足5.4节要求时，建议进一步分别检查测试设备A和设备B OTUk接口时间同步的协议和配置