



中华人民共和国通信行业标准

YD/T XXXX—XXXX

工业互联网 时间敏感网络技术要求

Industrial Internet—Technical Requirements for Time-Sensitive Network

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

该文档仅限中国联合网络通信集团有限公司内部使用

目 次

目 次	I
前言	III
工业互联网 时间敏感网络技术要求	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	2
3.1 术语和定义	2
3.1.1 时间敏感网络 time-sensitive network	2
3.1.2 时间源 time base	2
3.1.3 时间同步 time synchronization	2
3.1.4 可靠性 reliability	2
3.1.5 传输时延 transmission delay	2
3.1.6 桥接设备 bridge device	2
3.1.7 终端设备 end device	3
3.2 缩略语	3
4 时间敏感网络概述	3
5 功能要求	3
5.1 时间同步	3
5.1.1 时间源	3
5.1.2 时间同步	3
5.2 混合传输	3
5.2.1 数据流分类	4
5.2.2 设备传输要求	4
5.2.3 传输策略要求	4
5.3 帧控制	4
5.3.1 帧标识	4
5.3.2 帧传输抢占	4
5.3.3 设备要求	4
5.4 流调度技术要求	4
5.4.1 调度器	4
5.4.2 流调度策略	4
5.4.3 设备要求	4
5.5 路径控制技术要求	4
5.5.1 路径计算器	4
5.5.2 路径选择策略	4
5.5.3 设备要求	4

5.6 流速控制技术要求 4

 5.6.1 流速控制器 4

 5.6.2 流速控制策略 5

 5.6.3 设备要求 5

5.7 带宽控制技术要求 5

 5.7.1 带宽控制器 5

 5.7.2 带宽控制策略 5

 5.7.3 设备要求 5

6 性能要求 5

 6.1 时间同步 5

 6.1.1 同步周期 5

 6.1.2 同步误差 5

 6.2 数据传输 5

 6.2.1 响应时延 5

 6.2.2 传输带宽 5

7 可靠性要求 5

 7.1 时间源可靠性 6

 7.2 网络可靠性 6

 7.3 设备可靠性 6

8 互联互通要求 6

 8.1 网络互通要求 6

 8.2 设备互连 6

 8.2.1 时间敏感网络设备 6

 8.2.2 非时间敏感网络设备 6

9 网络管理要求 6

 9.1 管理协议 6

 9.2 告警要求 6

 9.3 配置要求 7

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

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：

增加工业互联网创新中心（上海）有限公司

本标准主要起草人：

该文档仅限中国联合网络通信集团有限公司内部使用

工业互联网 时间敏感网络技术要求

1 范围

本标准规定了时间敏感网络的技术要求，包括功能要求、性能要求、可靠性要求、互联互通要求、网络管理要求等。

本标准适用于工业互联网时间敏感网络的网络规划、设计、优化及设备研发。

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，仅所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 Std 802.1Qbu-2016 | IEEE局域网和城域网标准 网桥和桥接网络 修订26：帧抢占（IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Bridges and Bridged Networks -- Amendment 26: Frame Preemption） |
| IEEE Std 802.1Qbv-2015 | IEEE局域网和城域网标准 网桥和桥接网络 修订25：排定流量增强（IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Bridges and Bridged Networks -- Amendment 25: Enhancements for Scheduled Traffic） |
| IEEE Std 802.1Qca-2015 | IEEE局域网和城域网标准 网桥和桥接网络 修订24：路径控制和预留（IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Bridges and Bridged Networks -- Amendment 24: Path Control and Reservation） |
| IEEE Std 802.1AS-2011 | IEEE局域网和城域网标准 桥接局域网时间敏感应用时间和同步（IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks） |
| IEEE Std 802.1Qat-2010 | IEEE局域网和城域网标准 虚拟桥接局域网 修订14：流预 |

	留协议 (IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Virtual Bridged Local Area Networks - Amendment 14: Stream Reservation Protocol (SRP).)
IEEE Std 802.1Qav-2009	IEEE局域网和城域网标准 虚拟桥接局域网 修订12: 时间敏感数据流转发和排队增强 (IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Virtual Bridged Local Area Networks - Amendment 12: Forwarding and Queueing Enhancements for Time-Sensitive Streams)
IEEE Std 802.1Q-2014	IEEE局域网和城域网标准 网桥和桥接网络 (IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks -- Bridges and Bridged Networks)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

3.1.1 时间敏感网络 time-sensitive network

通过数据传输最大时间来划分的一种弱实时性网络,是在传统以太网基础上,使用精确的时间同步,通过保障带宽来限制传输延迟,提供高级别服务质量以支持各种工业应用。

3.1.2 时间源 time base

在一个时间敏感网络域中提供标准时间的时钟设备。

3.1.3 时间同步 time synchronization

在一个系统内,各个子系统的时钟所指示的时间点在任意时刻都是一致的,时间的变化、更新也是一致的。

3.1.4 可靠性 reliability

系统在一定时间内和一定条件下无故障执行预定功能的能力。一个具有高可靠性的系统,其系统行为应是可控制、可预测的。

3.1.5 传输时延 transmission delay

数据帧在网络中传输时的端到端单程时延。

3.1.6 桥接设备 bridge device

具有MAC桥功能或VLAN桥功能且满足IEEE Std 802.1Q-2014一致性要求的网络设备。

3.1.7 终端设备 end device

可接入一个局域网，作为局域网负载的发送源或（和）目的地的设备。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

TSN	时间敏感网络	Time-Sensitive Network
VLAN	虚拟局域网	Virtual Local Area Network
VPN	虚拟专用网络	Virtual Private Network
MAC	媒体访问控制	Media Access Control

4 时间敏感网络概述

时间敏感网络具有高可靠、低延迟、低抖动、低拥塞丢失率等基本特征。高可靠性要求时间敏感网络数据传输的可靠度较高、传输失败率较低、故障恢复速度较快；低延迟性要求时间敏感网络数据传输的端到端时延较低，满足工业数据传输速率要求；低抖动性要求时间敏感网络数据传输延迟的变化在一定范围内，无论负载大小如何变化，延迟都应以接近平滑的方式变化；低拥塞丢失率要求时间敏感网络通信链路的拥塞率较低，负载传输冲突较少，数据包丢失率极低。

时间敏感网络要求有界低延迟，即具有确定性阈值的数据传输时间。这是时间敏感网络有别于传统以太网的最显著特征。在要求时间敏感数据传输低延迟的基础上，进一步要求数据传输延迟应严格控制在一定范围内，即设定了延迟上限。在时间敏感网络内传输的时间敏感数据流的端到端延迟都不能超过该上限，因此也就保证了工业互联网中工控数据等时间敏感数据的实时同步传输。为了实现时间敏感数据传输的有界低延迟，需要通过流量控制、路径控制等一系列手段对数据流进行整形、调度，在机制和策略上对传统以太网进行改进。

5 功能要求

5.1 时间同步

5.1.1 时间源

一个时间敏感网络域应具备一个时间源，时间源所指示时间作为域内标准时间。

5.1.2 时间同步

应提供时间同步策略，按照策略将时间源时间同步至同一个时间敏感网络域内的终端和交换设备。时间同步应周期性执行。

5.2 混合传输

5.2.1 数据流分类

应提供数据流分类方法，区分非时间敏感数据流和时间敏感数据流。

5.2.2 设备传输要求

应支持时间敏感数据流和非时间敏感数据流的接收、处理和传送。

5.2.3 传输策略要求

应规定时间敏感数据流传输延迟上限，应同时保证非时间敏感数据流的正常传输。

5.3 帧控制

5.3.1 帧标识

应提供数据帧标识，应将时间敏感数据流的数据帧设置为特权帧。

5.3.2 帧传输抢占

应能够根据帧标识选择特权帧优先传输。

5.3.3 设备要求

交换设备应支持帧传输抢占功能。

5.4 流调度技术要求

5.4.1 调度器

应具备执行流调度策略的调度器。

5.4.2 流调度策略

应具备支持数据流调度的调度策略。基于该策略选择下一个被传输的数据流。

5.4.3 设备要求

交换设备应支持流调度策略。

5.5 路径控制技术要求

5.5.1 路径计算器

应具备路径计算器，用于计算数据帧传输的可行路径。

5.5.2 路径选择策略

应提供传输路径选择策略，根据网络状态选择传输路径。

5.5.3 设备要求

交换设备应支持路径控制策略。

5.6 流速控制技术要求

5.6.1 流速控制器

应具备流速控制器，用于执行流速控制策略。

5.6.2 流速控制策略

应提供流速控制策略，动态调整数据流输出速率。

5.6.3 设备要求

交换设备应支持流速控制策略。

5.7 带宽控制技术要求

5.7.1 带宽控制器

应具备带宽控制器，用于执行带宽控制策略。

5.7.2 带宽控制策略

应提供带宽控制策略，确定每个数据流占用的传输路径上的最大带宽。

5.7.3 设备要求

交换设备应支持带宽控制策略。

6 性能要求

6.1 时间同步

6.1.1 同步周期

时间敏感网络内时间同步周期应不高于40ns。

6.1.2 同步误差

时间敏感网络内时间同步误差绝对值应不高于1 μs。

6.2 数据传输

6.2.1 响应时延

时间敏感数据流响应时延应低于1ms。

6.2.2 传输带宽

可规定时间敏感数据流传输带宽下限，时间敏感数据流传输带宽应不低于10Mbps，图像、视频等高吞吐类时间敏感数据流传输带宽应不低于100Mbps。

7 可靠性要求

7.1 时间源可靠性

时间源平均无故障时间应不小于43800h。

7.2 网络可靠性

时间敏感网络丢包率应不高于0.05%。

7.3 设备可靠性

交换设备平均无故障时间应不小于43800h。

8 互联互通要求

8.1 网络互通要求

时间敏感网络应能够同时与时间敏感网络和非时间敏感网络互联互通。

可支持一种或多种工业以太网通信协议，例如EtherNet/IP、ProfiNet、Modbus-TCP、Powerlink等。

8.2 设备互连

8.2.1 时间敏感网络设备

应支持在时间敏感网络部署和运行，支持时间敏感网络的管理功能。

应支持在非时间敏感网络部署和运行，不支持时间敏感网络的管理功能。

8.2.2 非时间敏感网络设备

非时间敏感交换设备不应在时间敏感网络中部署和运行。

9 网络管理要求

9.1 管理协议

可支持多种网络管理方式。

9.2 告警要求

应具备事件告警机制，例如对网络设备、拓扑、数据流的配置和状态改变的告警，事件发生后应触发告警机制。

9.3 配置要求

应具备对时间敏感网络性能指标阈值的配置能力。

该文档仅限中国联合网络通信集团有限公司内部使用