



湖南新实网络科技有限公司

OpenTSN TSN 解决方案

湖南新实网络科技有限公司

2019 年 12 月 30 日



文档基本信息

| | |
|------|--------------------------|
| 主题 | OpenTSN TSN 解决方案 |
| 文档号 | |
| 创建时间 | 2019-12-30 |
| 发布日期 | 2019-12-30 |
| 版本号 | 1.0 |
| 文件名 | OpenTSN TSN 解决方案.pdf |
| 文件格式 | Portable Document Format |

版本记录信息

| 版本号 | 修改人 | 日期 | 备注 |
|-----|-----|------------|------|
| 1.0 | 张彦龙 | 2019-12-30 | 初始版本 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



目录

| | |
|--------------------------------|---|
| 一、 引言..... | 1 |
| 二、 TSN 解决方案 | 1 |
| 2.1 OpenTSN 时间同步解决方案 | 2 |
| 2.2 OpenTSN 透明传输时间计算解决方案 | 2 |
| 2.3 OpenTSN 流映射及调度解决方案 | 3 |





OpenTSN TSN 解决方案

一、引言

在工业自动化系统控制中，不同的厂商在各自的细分领域中有自己的通信标准和协议，有些虽然是基于传统以太网实现，但其为了支持自动化应用对延时的严格要求在传统以太网的基础上附加了一些其他技术和机制，从而导致各厂家的协议互不兼容。因此面对不同厂家的产品在运行、错误诊断、维护和存储时都会存在诸多不便。

随着工业物联网（IIoT）的兴起和工业 4.0 的提出，目前越来越多的厂家开始关注 TSN（Time Sensitive Networking，时间敏感网络）。TSN 为以太网提供确定性性能，并可以满足不同的数据流在同一网络统一传输，从而可以满足工业自动化严格的延时需求，并最终可以使得工业通信创建一个统一的基础成为可能。

SDN 架构的控制平面与数据平面分离机制便于集中管控工业网络的资源，可以灵活、合理的为不同 QoS 需求的业务分配不同的网络资源集，提高网络利用率。SDN 和 TSN 技术的结合可以提高网络利用率的同时保证时间敏感流的实现实时需求，并且可以实现集中式的网络控制、网络动态规划与调度，因此 SDN 和 TSN 相结合的方式可能会是未来工业网络的发展方向。

二、TSN 解决方案

TSN 协议包含了如 IEEE 802.1AS 时间步同协议、802.1Qbv 计划流量增强协议、802.1Qci 流预留过滤协议以及 802.1Qcc 管理控制协议等。虽然成套的 TSN 协议还在继续扩展，功能不断改进，但现有标准提供了丰富的功能选择。OpenTSN 解决方案支持 802.1AS 协议、802.1Qbv 的 CQF 调度算法、802.1Qci 的流队列映射其具体实现结构如图 1 所示。

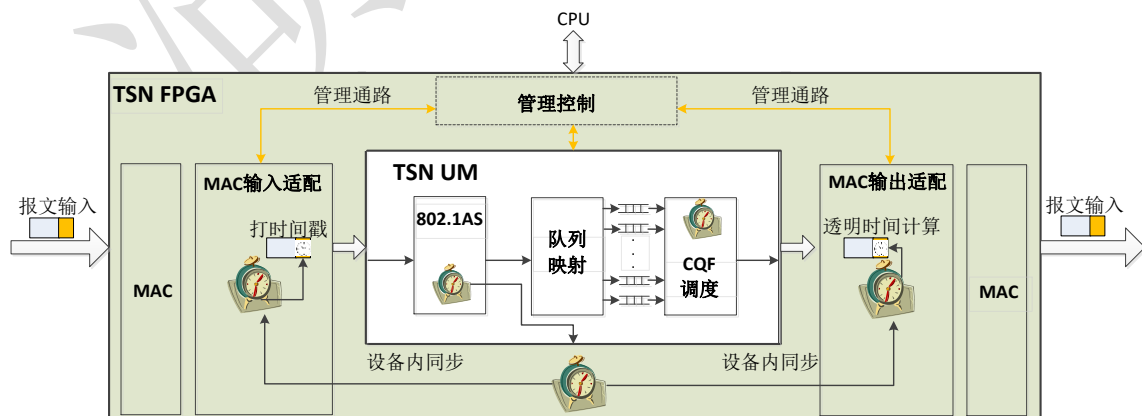


图 1 TSN 整体实现结构图

OpenTSN 支持如下功能：

- 其可以通过配置设置为交换设备/端设备，也可以通过配置选择是时钟同步的



主或从；

- 支持 802.1AS 1588 的时间同步；
- 支持 CQF 的调度、基于令牌桶的资源预留的流量控制；
- 支持设备端口时钟与主时钟的同步；
- 支持分组报文透明时间的计算。

OpenTSN 解决方案为 FPGA 实现，其中模块可以根据用户的需求进行添加或删除即可以实现用户需求的迅速定制。

2.1 OpenTSN 时间同步解决方案

如图 2 所示，OpenTSN 的时间同步解决方案是 FPGA 硬件实现的基于 1588 的端到端的方式实现时间同步，同步精度可以达到 100ns 以内，其中：

- DMAX 模块用于判断接收的报文是否为 PTP 报文。
- Manage_Ctrl 模块配置该时钟作为主时钟或从时钟。
- PTP_Ctrl 模块接收控制信息，并按照控制信息进行相应的处理。
- Rx_proc 模块对接收的 PTP 报文进行解析，提取关键字。
- Tx_proc 模块按照要求构造并发送 PTP 报文。
- Cyc_sync 模块维持时钟计数器，存储 T1、T2、T3、T4 时间值，并且完成时间偏移量的计算。
- MAX 模块用于汇聚 PTP 的报文和 DMAX 输出的报文进行控制转发。

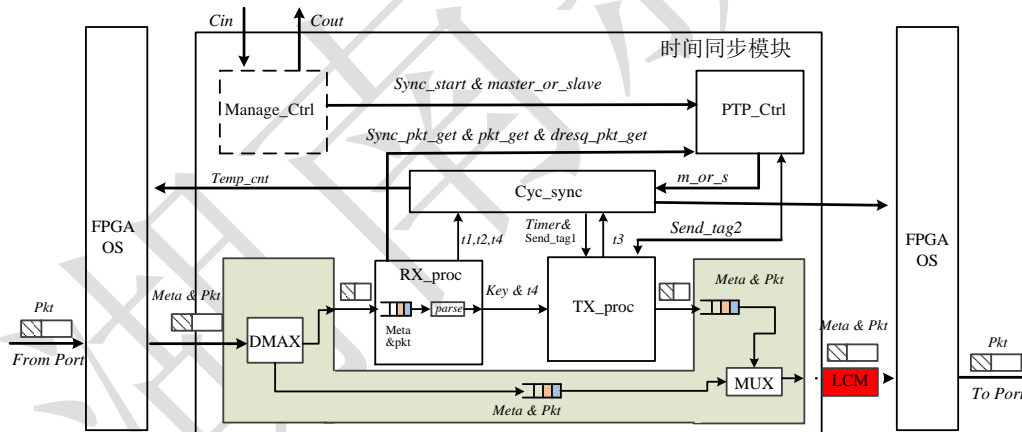


图 2 时间同步实现方案

2.2 OpenTSN 透明传输时间计算解决方案

OpenTSN 的透明传输时间（驻留时间）是通过在 PTP 报文输入时标记时间戳，并在输出时根据输入时标记的时间戳与当前时间进行对比计算，从而计算出 PTP 报文分组从端口输入到端口输出的驻留时间，如图 3 所示。

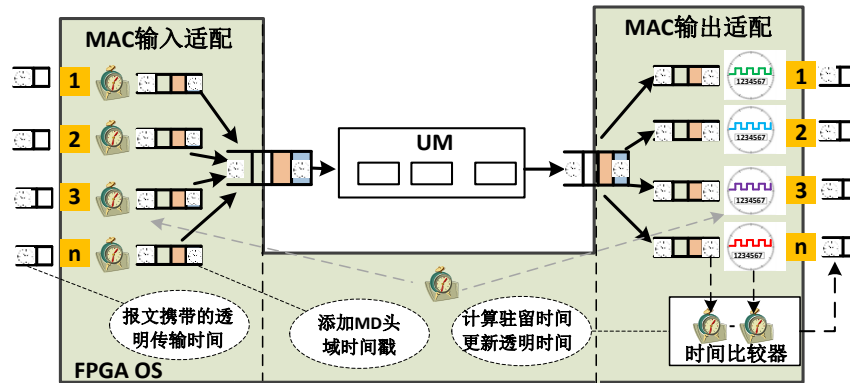


图 3 透明传输时间计算解决方案

2.3 OpenTSN 流映射及调度解决方案

流的映射是根据分组的 Vlan 头的 PCP 域进行队列映射，在 OpenTSN 的实现中，根据其分组 PCP 值的不同将其映射为 3 个不同的等级，即 7、6 优先级最高为 TSN 的时间敏感流，5-3 为预约带宽流、2-0 为尽力转发流，如图 4 所示。

在流分组的处理时，首先是将分组数据缓存到数据缓存内，将流分组的描述信息封装到 Metadata 内进行队列映射转发。在映射时 TSN 流是基于 CQF 的乒乓队列的形式进行输入控制，即在偶时间存入偶队列 Q2，奇时间存入奇队列 Q3。在输出调度时偶时间调度奇队列的数据输出，奇时间调度偶队列数据输出，根据输入时间以及调度时间的控制从而保证了数据分组的转发延时。资源预留分组的输出是基于令牌桶算法实现，从而保证了资源预留流的带宽要求。另外 3 类数据流均以严格优先级的方式进行输出调度，即 TSN 时间敏感流优先级最高，预约带宽流次之，尽力转发流最低。

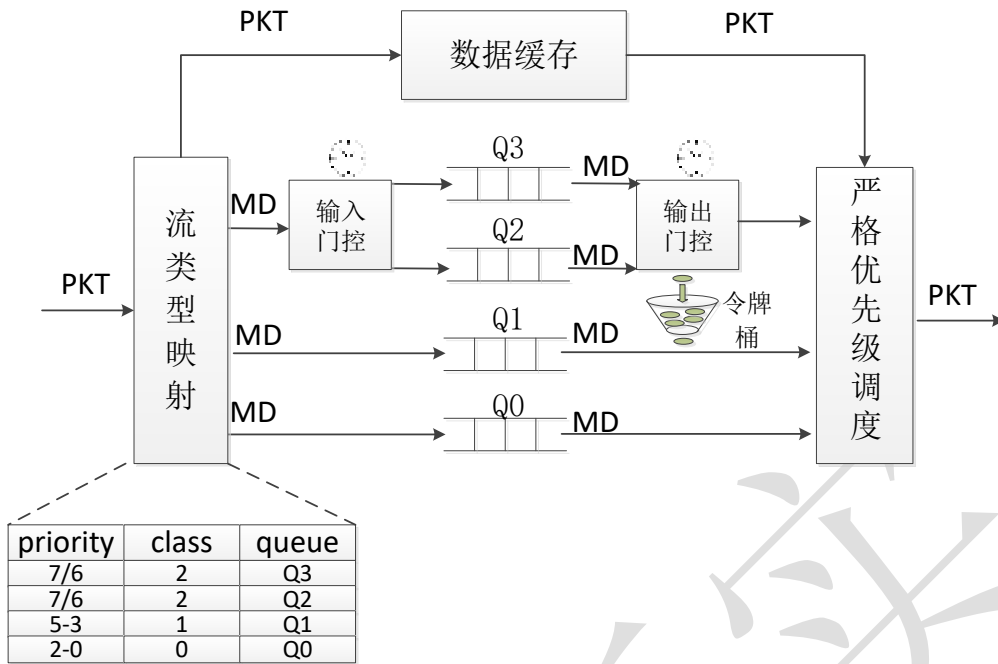


图 4 流映射及调度解决方案

2.4 SDN 与 TSN 相结合的实现方案思考

SDN 和 TSN 相结合的实现中, 在原有 UM 中通过插入报文解析和流表查找模块实现, 控制平面通过 OpenFlow 协议向数据平台下发流表配置。硬件数据平面首先对输入的报文进行解析操作, 并针对解析的结果提取查找 Key, 流表查找模块则根据提取的 Key 值以及控制平面下面的规则进行匹配, 并输出匹配的查找结果。根据流表的配置规则目前支持的 Action 包括: 端口转发、丢弃、转发给 CPU、添加 Vlan 头等操作, 实现结构图如图 5 所示。输出控制中的端口调度实现基于 2.3 方案实现。

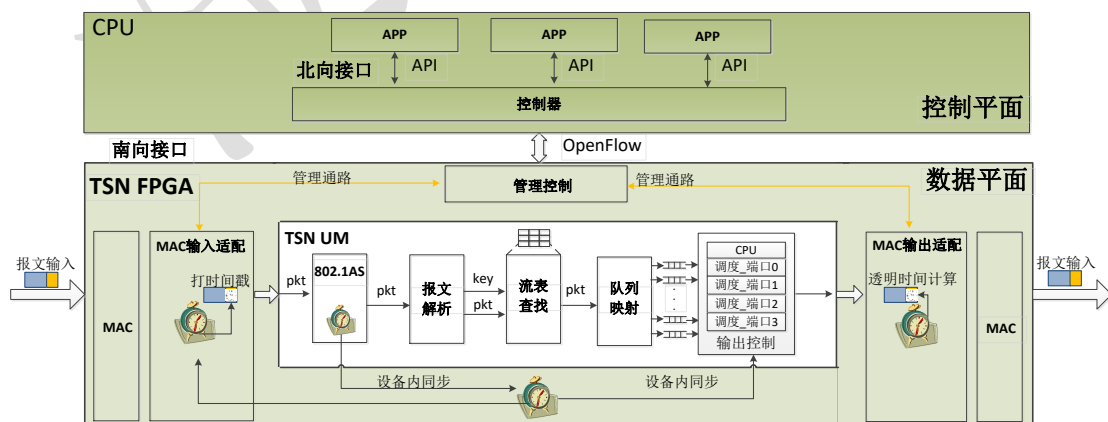


图 5 TSN 和 SDN 结合实现结构图

Vlan 头的添加分两种情况:

- 1) 作为端系统, 此方案为端系统时通过流的区分以及 OpenFlow 对流表



- 规则的配置确定流的优先级，从而实现根据不同优先级的流调度。
- 2) 作为交换，输入的时间敏感流的报文应已经携带 Vlan 头（在端添加，通过规划可以提前了解其优先级以及转发路径），此功能只对资源预留和尽力转发的流添加 Vlan 头，并进行转发处理。即对未进行 Vlan 头添加流报文添加 Vlan 头，已经添加则不进行处理。

