
基于 TSN 与边缘智能的设备监测及管理解决方案

中国联通研究院

网络改造技术篇/前沿技术/工厂内网改造

1 概述

随着我国智能制造和工业互联网建设的推进，传统以太网逐渐无法满足工厂实时性的要求，同时工业现场中设备的控制反馈需求也在增加，而另一方面不同协议的互通对 IT 与 OT 的融合产生了诸多的障碍，企业客户需要更为实时、可靠、安全的现场网络架构和智能边缘设备访问方法。

在传统以太网的网络架构中，带宽通常是由多个设备共享的，而且所有的发送端没有基于时间的流量控制，所以发送端总是选择尽最大可能发送数据帧的策略，这样来自不同设备的数据流就会在时间上产生重叠，所有数据流重叠/冲突的部分会遵循 QoS 优先机制进行转发，就会产生丢包的现象。基于 TSN 的网络架构可以解决精准同步和流量调度的问题，从应用场景来看，需要实时监控或是实时反馈的工业领域都需要 TSN 网络，如机器人工业、深海石油钻井以及银行业等等，TSN 还可以用于支持大数据的服务器之间的数据传输。

本文提出的方案主要应用于工厂内网或园区区域网的部署，旨在提升网络的智能与精准同步性能，可满足低时延和高控制性

能的网络需求，并实现基于现场云/边缘云的远程的设备实时监测、控制与反馈。

1.1 背景

在冶金、稀土材料等工业行业，由于原材料的稀缺性，其原材料管理与原材料处理工艺对耗损及棒材良率要求更加严格，尤其在复合材料热处理、注塑、表面处理、充磁时对环境以及加工设备的状态有严谨的要求，目前这些环节很大程度依赖人工调节和现场监管。另一方面，随着工厂信息化和智能化建设的加速，以太网部署已无法满足目前对网络高可靠、高控制性能的要求，源数据丢失甚至会引起工作人员的误判，更加可靠、并且满足实时反馈的网络成为了智能制造的基础需求。

1.2 实施目标

本文的方案将通过基于 TSN 技术的网络结构支持工厂内多种传感器的实时监测与机械臂或机器人的同步调度，同时可以支持生产应用中的其他普通流量，实现控制信号和数据信号的同网络调度。另一方面，节点网关支持多厂商协议适配并提供深度协议解析。

通过提升工厂网络的同步性能和流量调度能力，以及与边缘云/现场云的对接可满足客户对园区范围内从云端对设备的状态监测与确定性时延的反馈控制。

1.3 适用范围

本文提出的方案主要应用于工厂内网络，园区范围网络，以

及其他需要实时监控或实时反馈的广域工业物联网场景，例如：智能装备制造、能源电力、石油与天然气、轨道交通、车联网等工业行业中从事同步精准控制、测量、设备监测、设备维护及控制应用的需求。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本文提出的方案主要处在工厂内部网络以及相类似的网络（例如车联网的车内部网络等）中的物理层和链路层，并与边缘云/现场云对接，实现网络和边缘计算的双弹性配置，以实现从云端对设备的精准时延控制与状态监测，处于图 1 中的第 1 节，后续的应用扩展也可以覆盖到第 3、5、6、7 节，满足智能工厂内部的通信以及管理需求。

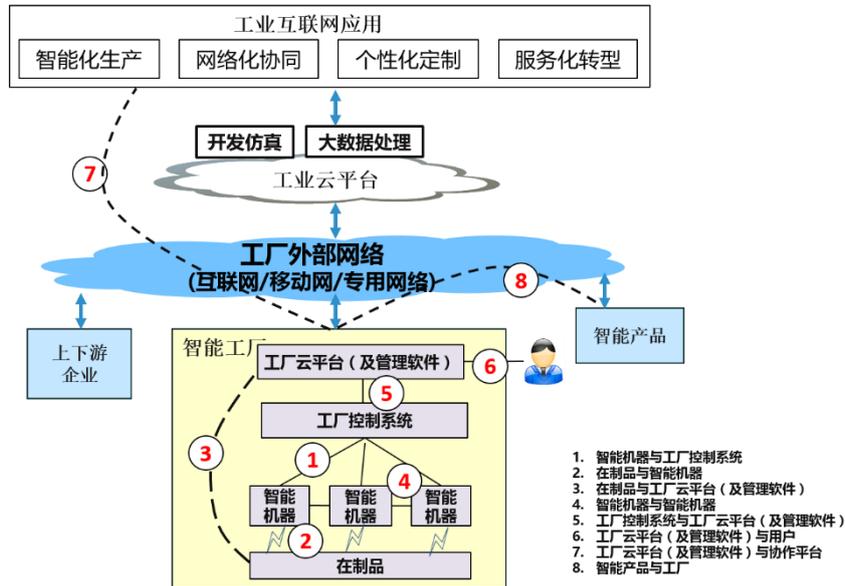


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

本文的方案是江西某企业智慧工厂的网络部分，其制造流程中主要包含的设备有真空炉，铸锭磨粉机床，热处理熔炉，机加

工（含机械臂机器人）以及各类传感器（浓度、温度、热敏、光敏等）。网络部署需满足工业传感器的实时感知，以达到对设备和环境的监测，以及机械臂或机器人的确定性时延的同步调度。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本文的方案主要针对于工业企业所面临的分布式设备的状态监控实时反馈等问题，利用时间敏感网络（TSN）和边缘计算能力对工厂网络性能进行升级，克服了传统以太网同步精度不高，不能满足工厂精准控制场景需求等，同时结合边缘智能设备将海量的设备信息和流程管理等信息进行协议深度解析和汇聚整合，为后续大数据和人工智能分析提供数据基础，充分挖掘潜在数据价值，释放潜能，帮助工业企业提升生产效率，提高产品质量，提供智慧参考决策。

3.2 系统架构

本方案提出的系统架构图如下图所示：



图 2 系统架构图

主要包含以下要素：

1) 边缘节点—智能边缘设备，可从几乎任何传感器和任何类型的资产收集传感数据，主要负责数据采集，原始数据分析，管理触发保存的报警和状况评估，板载文件管理以及仪器健康状况的自我监测。该设备支持 TSN，设备间通过 TSN 技术实现设备的时钟同步及流量管理，可大大提高时间同步的精准度。

2) 系统软件—服务器端：在服务器端完成监控设备的系统管理和通信，同时允许用户指定监视设备的配置，提供在本地理解数据所需的可视化工具，整体管理数据量。

3) IT 基础架构—来自各个服务器的数据汇聚到企业应用程序中，以实现广泛的知识挖掘。可将数据分享或部署到云端，与边缘节点进行配合，边缘处理数据，云端实现模型的优化与重建，实现边缘与云的协同；基于汇聚数据进行大数据与人工智能分析，释放数据价值。

3.3 网络拓扑设计

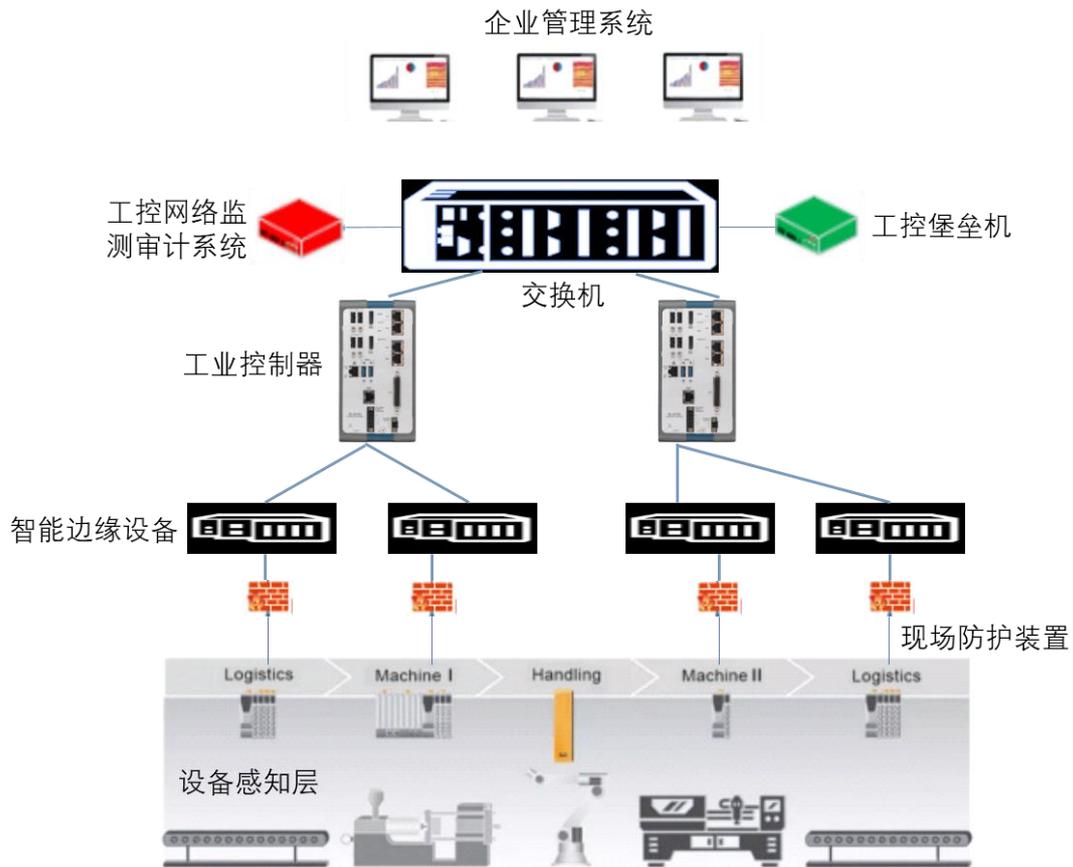


图 3 网络拓扑设计

- 设备感知层：主要包含工厂内所涉及的各种生产设备、传感器、逻辑控制器件等。
- 智能边缘设备：支持 TSN 技术，主要用于底层的数据采集，可以兼容当前的主流工业协议。
- 工业控制器：实现数据的存储，分析等功能，具有一定的边缘计算能力，主要是配合智能边缘设备完成数据的采集分析功能。
- 交换机：完成底层数据的汇聚，同样支持 TSN 技术，可以实现分布式设备间的时间精准同步。
- 交换机壳保护（堡垒机）：基于安全的考量，对交换机进

行流量审计和壳保护，并在应用管理平台中进行身份验证和登陆日志管理。

- 企业管理系统：实现工厂生产经营管理，这部分可以直接对接云平台，在云平台上实现数据的积累和模型的优化。

3.4 功能设计

1) 时间精准同步

所有的设备都支持 TSN，通过 TSN 技术的引入，可以大大提升分布式设备的时间同步精度，提升机器设备间的生产控制协同，降低故障率，提高生产效率。

2) 保证关键数据实时传输

TSN 技术的引入，确保当网络出现拥塞时，优先保证关键数据的按时传输，实现设备机器的实时精准控制，应对未来海量设备的接入。

3) 边缘与云协同

工业控制器具有一定的边缘计算能力，可以实现一些数据的快速本地化处理，同时配合云平台，依靠数据的积累，在云端对数据处理模型进行优化，实现边缘与云的协同。

4) 实现企业上云

云平台将传统的分布式工业设备和生产经营系统进行集中汇聚融合，并有效地整合和管理这些广泛不熟的工业互联网节点，实现企业向云端的迁移，通过大数据的汇聚处理，帮助企业提升效率，做出最优决策。

3.5 安全及可靠性

1) 硬件设备的坚固性，能适应恶劣测试环境。 -40 到 70°C 的工作温度， 50 g 抗冲击、 5 g 抗振动工作

2) 星型总线拓扑结构故障诊断和隔离容易。中央节点对连接线路可以逐一隔离进行故障检测和定位，单个连接点的故障只影响一个设备，不会影响全网。

3) 基于 TSN 的同步方式减少额外冗余的连线，同步精度不受线缆长度影响。

4) 利用白名单技术使用交换机壳保护，对工厂关键区域进行流量审计和监测。

4 成功案例

本文的网络方案可满足智联工厂、设备管理、现场实时排程等场景中企业客户需要更为实时、可靠、安全的现场网络架构和智能边缘设备访问需求，可为企业工业现场网络提供精准同步、流量调度方案，并可对设备进行状态监测，管理等。