



—
数字化未来

OPC UA 和 TSN： 为终端设备实现工业 4.0 升级

PC UA 和 IEEE TSN 是工业 4.0 的颠覆性基本要素，可彻底改变工业自动化能力，将其从现场设备升级到企业层面。在当前自动化领域中普适且有时资源受限的设备如何适应这些新技术呢？



— 标题图片。OPC UA 和 TSN 力求转变工业数据收集和模式，例如图中所示的光伏板制造厂。

ABB 认为工业 4.0 在未来工业自动化中发挥关键作用。而工业 4.0 中的两个要素就是 OPC UA 和 IEEE TSN。

OPC（即面向过程控制的 OLE，其中 OLE 代表对象链接与嵌入）是一项软件接口标准，允许 Windows 程序与任何可兼容的工业硬件设备进行通信。OPC 可以服务器/客户端模式运行。OPC 的优点在于它是一项开放标准，这意味着硬件制造商只需要为他们的设备提供一个 OPC 服务器，即可轻松与任何其他 OPC 客户端通信。接着就可以一举解决供应商特定协议、接口等问题。OPC UA（开放平台互连和统一架构）是 OPC 的下一代。OPC UA 消除了 OPC 的许多缺点，在处理数据方面更灵活、安全、开放且可靠。它可以更好地应对当今数据世界中的海量和复杂数据，这一挑战是 OPC 开发者们之前未能预测到的。

IEEE TSN（时间敏感网络）是一套 IEEE 标准，它为低层级 OPC UA 提供确定性网络。

TSN 和 OPC UA 组合不仅可以代替、而且能够超越 [1] 现有现场总线。目前，据称这两种技术已面市，但成熟度不尽相同。

利用 OPC UA 和 TSN 驱动终端设备可能具有一定的挑战性，尤其是那些资源受限的设备。ABB 最近对传统终端设备采用 OPC UA 和 TSN 的性能进行了调查。在所谓的 IIoT（工业物联网）设备项目中，对多个软件和硬件平台进行了评估，针对不同的 ABB 产品原型制定了三种概念验证实施方式。使用 OPC UA

启用这些设备，然后比较扩展的自动化系统 800xA 和 TSN 系统集成。问题是：“工业 4.0 理念能否通过 TSN 和 OPC UA 利用确定性网络和增强数据访问，以及这些新机制能否被整合到产品中，以提供更多功能和更优性能？”

— **OPC 是一种软件接口标准，允许 Windows 程序与任何相兼容的工业硬件设备进行通信。**

工业自动化中的新理念

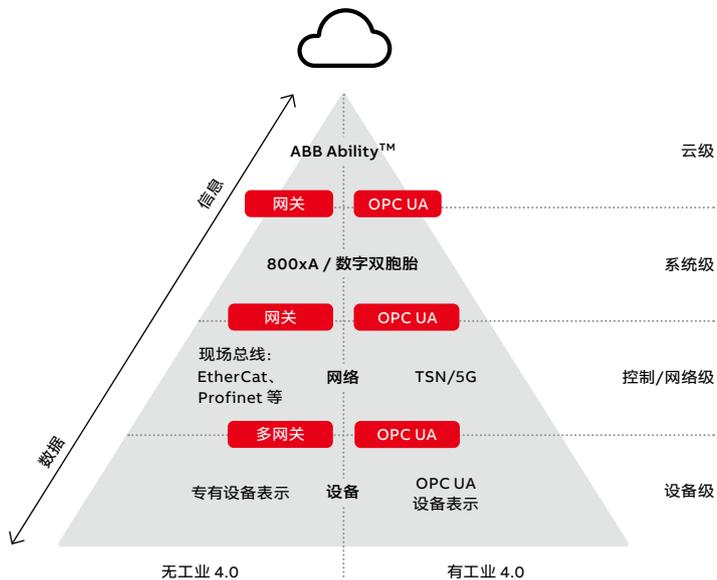
如今，工业自动化领域面临各种全新理念，如数据分析、云访问、边缘计算等。这些理念的核心信息是：采集、检索、展示、处理和分配。

源自设备和工厂生产线的过程相关数据可能需要被预处理、筛选并与云端进行通信，以便管理展示和分析。目前，原始生产数据通常利用现场总线技术检索，这类技术采用同时适用于数据语义和传输的专有规范。要访问过程数据，需要有特定现场总线的网关，以桥接数据和传输格式。而 OPC UA 可以为所有系统设备统一信息模型，使用 TSN 作为传输工具提供增强、透明的数据访问 → 01。这样还可以提供强大的语义，以呈现设备业务逻辑和透明客户端-服务器通信，实现工厂车间与云端互连。



Alexander Gogolev
ABB 集团研究中心
德国拉登堡

alexander.gogolev@
de.abb.com



01

OPC UA 和 TSN 的另一个有利方面是将专有和定制化环境转变为统一标准环境。

除了供应商特定接口和协议外，生产线层级可能面临其他挑战。例如要求苛刻的应用，如运动控制任务，需要确保设备之间高性能和确定性数据传输。现场总线技术是数十年前的设计，在面对今天的各项要求时往往力不从心。TSN 的表现则远超 [1] 现有的现场总线技术，并兼顾了未来高性能数据传输的增长。

概而言之，不仅要求统一增强信息模型，还要求提供确定性数据传输，这对于现有系统架构而言是非常棘手的挑战。工业 4.0 建议通过 OPC UA 和 IEEE TSN 等 IoT 机制来应对此类挑战。TSN 在提供低层级数据传输的同时，OPC UA 可作为高层级应用的 IoT 推动者。这两种技术的组合可以为未来工业自动化提供两项关键功能：快速稳健的数据传输和用于阐述设备语义的客户端-服务器组合 → 02。



图片: oistockphoto.com/AleksandarGeorgiev

02

— 01 有和无工业 4.0 的自动化金字塔。

— 02 OPC UA 和 TSN 可统一信息模型，并提供确定性数据传输。

这两种技术的组合可以提供快速稳健的数据传输和用于阐述设备语义的客户端-服务器组合。

采用 OPC UA 和 TSN 的另一个有利方面是将专有和定制化环境转变为统一标准环境。这带来的一个明显优势是实现整个产品系列的软件、接口和访问模型统一。此外，OPC UA 和 TSN 能够统一企业之间的开发专长数据，这样就可以消除存在于各狭窄领域内的重复或冗余专长数据。

待解决的问题

尽管 OPC UA 和 TSN 可以带来新功能和提高性能，但仍有一些问题待解决：

- 市场是否准备好从专有（但已知）规范转向标准而开放的（新兴）规范？
- 如何确保该技术向新范例的顺畅演变？
- 是否有任何已经通过 TSN 和 OPC UA 实现的试行解决方案？另外，在将 OPC UA 和 TSN 适配到系统中时，需要用到哪些技术和策略？

当确定采用工业 4.0 时，系统构建者应先回答几个问题。例如，“系统是否真的需要 OPC UA 和 TSN 的所有功能和特征？”并非每一种应用都需要确定性网络或低通信延迟。因此，TSN 的应用范围也很有可能各异：云级互动通常不需要 TSN，而且在某些情况下也不需要现场传感器。类似地，并非所有终端设备都需要阐述语义和统一数据可访问性。

上述三个问题中的第二个关乎 OPC UA 和 TSN 与现有系统和管理工具的集成：即应该使用何种机制以及应如何统一它们？考虑到多供应商系统和相应工具的多样性，这些问题不容忽视。

一旦决定支持 OPC UA 和 TSN，那么就可归纳出如下最紧迫问题：

- 系统哪些方面需要新技术，需要程度如何？
- OPC UA 和 TSN 将如何适配系统架构，以及应如何对配置？

还务必要考虑到在终端设备处启动（或停止）各个系统。这些普通设备所拥有的资源通常都是有限的。历史上，在计算能力、储存能力或电源受限的设备中通常不会使用 OPC UA。而且，完整 TSN 支持要求特定硬件提供实时功能。为了支持新技术，终端设备需要多大程度的强化？要使终端设备适应工业 4.0 和 IIoT，需要做好哪些具体准备工作？通过 OPC UA 和 TSN 启用此类资源受限设备可能是最具挑战的执行环节。

ABB 终端设备实现 OPC UA 和 TSN 应用s

ABB 的一支跨职能团队为以下三种终端设备实现 OPC UA 应用：ABB FCB400 Coriolis 质量流量计、ABB LLT100 激光物位变送器和 ABB UMC 通用型电机控制器。OPC UA 应用的详细说明将在之后文章中详述。

在 OPC UA 评估过程中，团队采用第三方基础设施实现了三种原型机的 TSN 应用。测试设置使用了若干 TSN 交换机（来自 TTTech）、两台工业 PC 以及 ABB 终端设备原型机→03。测试设置通过原型机软件配置，将传统命令行工具与 NETCONF（网络配置协议）和 YANG（一种数据建模语言）等新技术相结合。

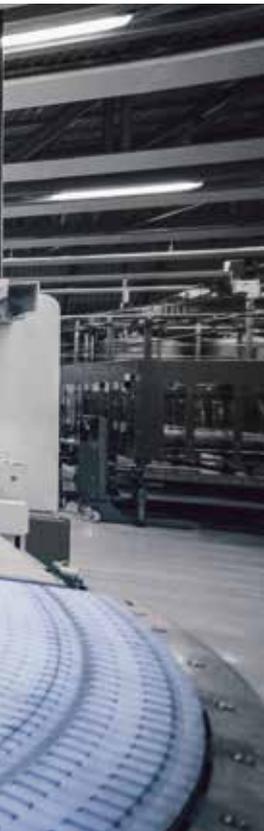
通过对流量的时间感知整形（TAS），TSN 交换基础设施可以提供实时数据交换，最高可以达到毫秒级精度。然而，资源受限终端设备通常无法将数据传输时间与 TSN 交换机上的毫秒级转发窗口相匹配。为了评估此环境下的后果，在 TSN 评估的初期步骤中就处理这种情景。

该评估重点关注应用要求，如控制循环时长（1 至 5 ms）和交换数据量（通常指对多个变量的读写操作）。该项目第一阶段评估了 OPC UA 流量在不同流量负载情景中的延迟和抖动情况。

该项目第二阶段的重点将是 TSN 的应用同步和系统整合，将在之后文章中介绍。

结果和副作用

TSN 应用评估显示，OPC UA 数据交换延迟可大幅缩短，限制在极小范围内。→04 显示了 OPC UA 读取发往以及接收自嵌入式 OPC UA 服务器（本例中为 LLT100）的请求的延迟差，服务器网络中有 95% 的



吞吐量被干扰流量消耗，尤其是就服务质量 (QoS) 而言。这表示即使存在高吞吐量干扰流量，引入 QoS 仍可降低延迟。TSN 交换机中的 QoS 可根据八种优先级区分消息，以确保先发送重要消息。通过诸如时间感知整形等 TSN 机制，OPC UA 延迟得以进一步缩短并更趋稳定。显而易见，即使是终端设备软件上的基本 TSN 支持，也能通过 TSN 就绪基础设施提高数据访问的确定性。

TSN 评估显示，OPC UA 数据交换的延迟可大幅缩短。

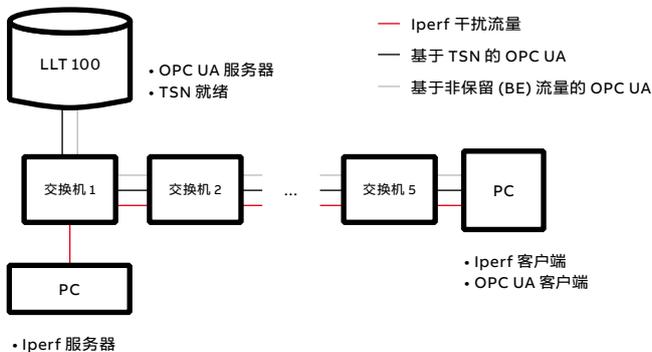
在该项目中开发的软件概念将在 TSN 应用的第二阶段进一步发展，届时将重点关注 TSN 应用系统中的自动化终端设备集成。

IIoT 设备项目为新设备原型机启用了 OPC UA。实际上，已经开始针对一些目标设备进行产品开发。另一个好处是该研究项目为 OPC UA 应用带来了可用工具和最佳实践。例如，一种自动代码生成器将开发构件（如设备说明文件）转译为 C 语言代码，以备编译和加载到设备上，从而与 OPC UA 服务器组合使用。还比如帮助不同领域的开发者以标准、可行的方式展示设备业务逻辑的设备集成 (DI) 模型指南。

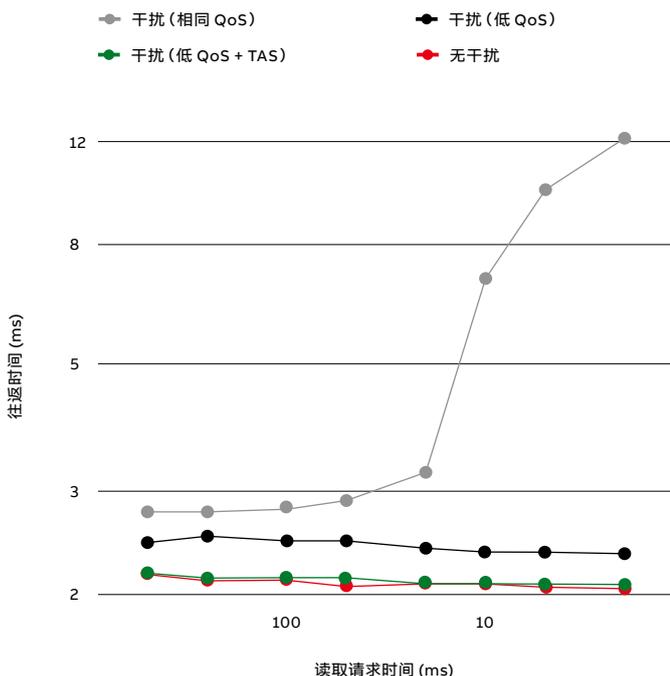
工业自动化的颠覆者

能够提供预期网络连接确定性的 TSN 就绪交换机现已面市。也可提供能够即时集成的 OPC UA 客户端-服务器软件产品。更适用于高性能应用的 OPC UA PubSub 扩展系统也即将面世。根据 OPC 基金会 [2] 报告，“PubSub 实现了 OPC UA 在车间的最深级别应用，该应用环境下的控制器、传感器和嵌入式设备一般要求本地网络上的优化、低功率和低延迟通信。”

目前，ABB 终端设备已经能够通过基本 TSN 支持启用。完整 TSN 支持，包括硬件支持，可在不久的将来实现。TSN 的全面系统集成在很大程度上仍是一个未决问题：交换机供应商的目的并不是提供全面系统集成解决方案，而是为网络配置提供附加模块。自动化供应商和系统集成商（如 ABB）拥有自动化系统方面的专有技术、自有工程工具以及相关专长，从而可决定 TSN 应用和集成规模。→05因此，自动化供应商、网络设备制造商和系统集成商将继续合作创建针对 TSN 的标准集成机制，使其可应用于整个行业。



03



04

ABB 代表正积极推动 OPC UA 和 TSN 的相关标准化工作。

要发展成为广泛适用的技术范式，需要协调和规范工业 4.0 的基本要素。ABB 代表正积极推动 OPC UA 和 TSN 的相关标准化工作。标准化社区正吸引着越来越多的参与者，这些参与者有其新考量，继而带来了需要与之前定义功能相协调的新功能。此规模下的统一需要付出相当大的努力。但是，进展是显而易见的，而且越来越突出。

—
03 TSN 评估测试设置。利用一种广泛应用的网络测试工具 Iperf-2.0.5 生成高吞吐量干扰流量。

—
04 TSN 网络中带有干扰流量的 OPC UA 读取请求延迟。

—
05 工业 4.0 将在未来工业自动化发挥关键作用。ABB 正助力 OPC UA 和 TSN 应用，以协调和规范工业 4.0。

参考文献

[1] D. Bruckner, R. Blair, M-P. Stanica et al "OPC UA TSN A new Solution for Industrial Communication," WEKA Fachmedien, Available: https://cdn.weka-fachmedien.de/whitepaper/files/OPC_UA_TSN_-_A_new_Solution_for_Industrial_Communication.pdf. [于 2019 年 12 月 3 日访问].

[2] OPC Foundation, "OPC Foundation announces OPC UA PubSub release as important extension of OPC UA communication platform." Available: <https://opcfoundation.org/news/press-releases/opc-foundation-announces-opc-ua-pub-sub-release-important-extension-opc-ua-communication-platform> [于 2019 年 12 月 3 日访问].



致谢

本刊的顺利出版离不开整个项目组的奇思妙想和敬业工作，特此感谢 Francisco Mendoza、Roland Braun、Philipp Bauer 和 Thomas Gamer。