

在边缘部署单对以太网

Microchip Technology Inc.
汽车信息系统业务部
资深营销经理
Henry Muyschondt

工业领域的工厂长期以来一直使用数字数据来监视和控制生产设施。工厂、数据中心和商业建筑中的大型网络系统一直在将其数字信息网络的边缘越来越近地推向现实物理世界。温度、压力、接近或光等物理测量值会被转换为数字信息以供系统处理，计算出的结果随后会转化为实际设备（如阀门、风扇、电源和指示器等）的物理动作。信息技术（IT）网络与运营技术（OT）网络正趋向于使用类似的技术来简化整个组织的数据流。

若想使 IT 与 OT 更紧密地结合在一起，其中一种方法是使用单一底层网络在各个系统之间建立通信。当电子技术首次进入自动化领域时，各种分布式子系统都是专业化的，并且由使用的硬件定义。针对这些域特定的硬件架构，分别定义了针对特定应用而优化的通信技术。每个硬件系统都使用专门的总线进行通信，因此需要通过复杂的网关从一个硬件系统的通信协议转换到另一个硬件系统的通信协议。

随着时间的推移，这种过时的架构逐渐被软件定义的集中式架构所取代。在新架构中，不再使用独立分离的域或功能，而是将电子接口分组到企业内的各个区域并与现代的集中式计算平台相连。这些电子接口使用现在无处不在的以太网技术将数据传输到需要的地方。以太网是可扩展的。单个软件协议栈可以使用不同的硬件物理层以不同的速度传递信息，而不改变数据本身。无论给定以太网链路的带宽如何，都使用同一种以太网帧格式。以太网交换机自动调整每个端口的数据传输速度。

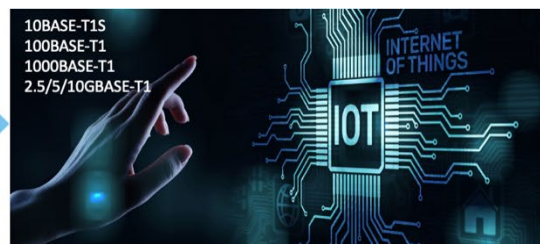
在网络边缘，各种传感器（温度、压力、光和接近等）从物理世界获取数据并将其转换为数字信息。数据信息经过处理后转化为执行器（电机、灯、风扇和阀门等）的物理动作。这些设备通常不需要大量数据，但着重要求布线简单且易于安装。10BASE-T1S 以太网专为这些应用而开发，它将以太网架构引入到了非常简单的设备中。图 1 呈现了这一技术趋势。

硬件定义



- 域特定的硬件
- 多种专用总线
- 分布式网关
- 布线复杂

软件定义



- 各区域连接到集中式进程
- 基于 IP 的以太网，无处不在
- 一种数据包格式
- 在边缘采用单对多分支布线，成本低

图 1：网络趋势

10BASE-T1S 技术

10BASE-T1S 以太网专门针对这些分区架构而开发。它通过一个平衡线对以 10 Mbps 的速度运行。10BASE-T1S 技术基于 40 多年前以太网首次成为标准时使用的简单机制，但对其进行了增强以更有效地利用所有可用带宽。

以太网最初使用单根同轴电缆直接连接多个设备。现今广泛使用的交换机是后来开发的，旨在消除原始方案的多分支特性所导致的缺点。但是，交换机的出现增加了复杂度和成本，而且需要在每个设备与交换机之间建立一条点对点连接。

最初以太网的工作原理是各种设备检测其所连接的线路，然后尝试发送数据。如果只有一个设备开始进行发送，则可以发送完整的数据包信息。如果多个设备同时尝试进行发送，则线路上将发生冲突，并且所有设备都会检测到冲突。这些设备随后将关闭，并在一段随机时间后重试。这项技术被称为带冲突检测的载波侦听多路访问（CSMA/CD）。其主要缺点是随着越来越多的设备连接到单线主干网，将会发生更多的冲突，并且会浪费越来越多的时间进行退出和重试。链路的有效带宽会变得非常有限。

物理层防冲突（PLCA）

10BASE-T1S 以太网通过引入一种名为 PLCA 物理层防冲突（PLCA）的仲裁机制解决了这一问题。PLCA 专门设计用于 10BASE-T1S 等半双工、多分支通信网络，并且消除了多分支混合段中的 CSMA/CD 问题。

PLCA 部署到位后，发送周期从协调器节点（节点 0）发出信标开始，各网络节点使用该信标进行同步。发出信标后，发送机会将传递给节点 1。如果节点 1 没有要发送的数据，则会将发送机会让给节点 2，以此类推，直到每个节点都至少获得一次发送机会。然后，协调器节点会发起一个新周期，并发送另一个信标。

为了防止某个节点一直占用总线，jabber 功能会在该节点的发送时间超出限额时将其中断，让下一个节点进行发送。最终结果是数据吞吐量不会受到影响，总线上也不会发生数据冲突。CSMA/CD 可能会因数据冲突而产生随机延时。PLCA 可保证延时不会超过指定上限并提供其他相关特性，从而克服上述限制。图 2 说明了 PLCA 的工作原理。

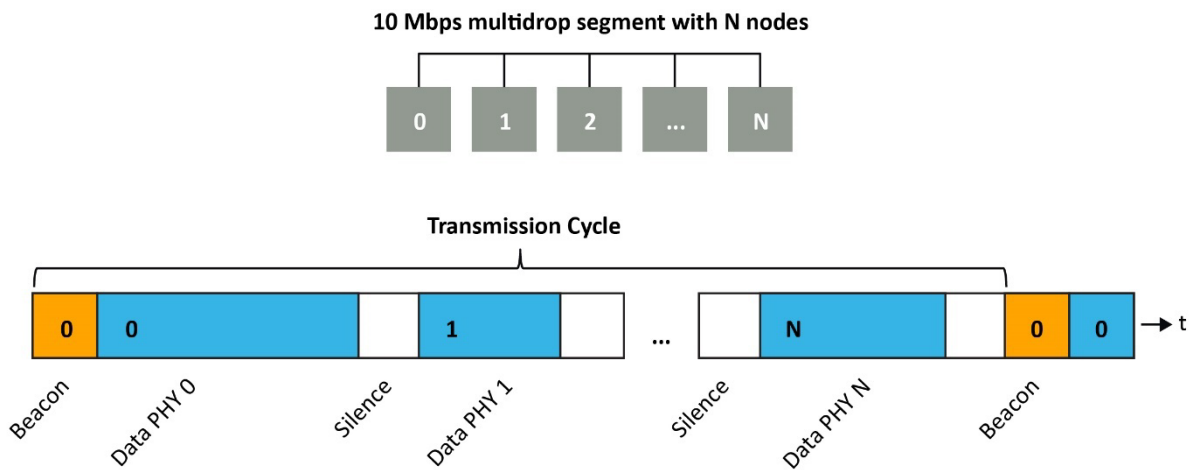


图 2：物理层防冲突——PLCA

安全

当数据位和字节在线路中从一个设备传输到另一个设备并恢复后，会以标准以太网数据包格式提供给更高的软件层。该格式包含目标地址、源地址、一些管理位和有效负载。格式不会随着物理层的变化而改变。这意味着即使越来越多的数据聚集等待计算机系统处理，导致网络速度发生变化，软件层也仍然保持不变。图 3 显示了整体概念。

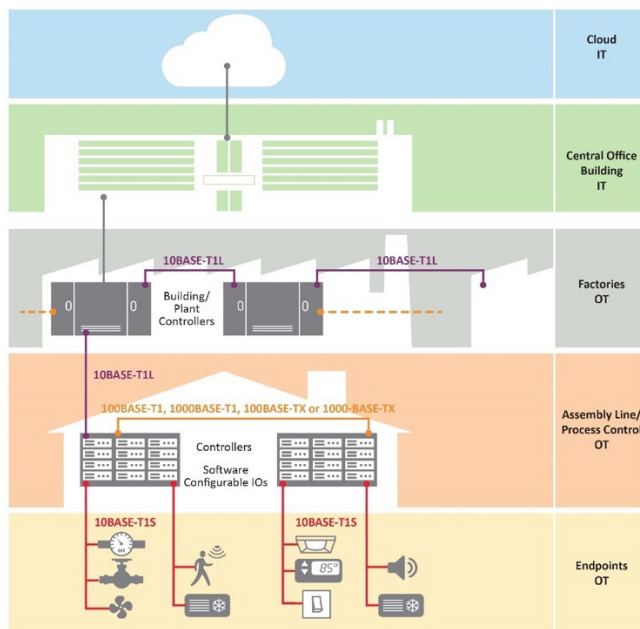


图 3：从边缘到云端的以太网

可以使用以太网机制来连接这些设备，而不必在 OT 网络的端点使用多种现场总线和协议。这些都可以使用易于理解的以太网机制来解决。

这其中包括各种安全机制，用于防止入侵或窥探数据，更糟糕的还有干扰物理系统使用数据。由于以太网极具弹性，因此可用于银行业等安全性非常高的应用。其他专用通信技术可能很少甚至根本没有网络安全功能，必须从头开发并进行维护。此外，还必须落实提供这些功能的物流保障，这可要比硬件产品的设计和制造复杂得多。不但针对设施的访问需要控制，而且供应链的任何环节都可能发生可信链漏洞。很少有半导体供应商能够承担这项任务。

以太网是数据分析基础设施不可或缺的一部分。大数据用于分析趋势并提供服务。预测性维护、远程诊断和其他监视服务需要访问系统中的所有数据，而以太网可以提供对工业基础设施最远范围的访问。与此同时，软件可以管理各种流程并随着技术的变化实现动态调整，二者相辅相成。

功能安全

使用以太网等标准化技术还可以简化功能安全系统的开发。功能安全是指当系统中的某个组件出现故障时，系统能够以可预测的方式做出反应，从而安全地避免引发更多问

题。不同行业有不同的标准。例如，汽车行业有 ISO26262。工业应用使用 IEC61508。医疗、消费类和其他应用都有自己的标准。但是，基本上都大同小异。功能安全适用于整个系统，但系统设计人员需要确保使用的组件支持功能安全，以便整个系统符合功能安全标准。

例如，半导体元件需要配备功能安全手册，用以分析和诊断失效模式的影响。这被称为 FMEDA（失效模式影响和诊断分析），是一种确定失效原因及其对系统影响的方法。该方法应用于系统开发的早期阶段，以便检测并纠正任何缺陷。

总结

OT 网络和 IT 网络需要实现互操作性和安全性，而 10BASE-T1S 以太网的出现为二者的结合创造了新的商机。数据可以从网络边缘的节点进行访问，并可用于实现新的智能预测服务以及资产跟踪和管理解决方案。

通过精简元件、软件设计和布线可以降低系统成本。不再需要网关。由于多个设备通过单对线缆连接到一条总线，因此使用的交换机端口数量有所减少。

通过使用统一的接口和完善的安全机制可以降低风险。10BASE-T1S 以太网是对 IIoT 网络边缘传统解决方案的有力补充。它支持 OT 网络和 IT 网络各个级别的统一设计、软件开发、测试和维护。精简架构和增强安全功能可以帮助设计人员降低风险，轻松打造功能安全系统。