

实施并集成有线和无线技术以实现电网互操作性



Amit Kumbasi
Systems Manager, Grid Infrastructure
Texas Instruments

TI POWER

如果您想知道一棵树的年龄，可以数它的年轮。如果您想知道配电网的年龄，就去寻找最老的组件，它可能已经使用了几十年。

实际上，许多电网元件的历史已超过 50 年。一些原来的关键元件仍可正常使用，而且秉持“不坏不修”的理念，使电网发展的关键挑战变成了如何实现互操作性。如何结合 RS-232 和 RS-485 有线连接等行之有效的技术，同时继续过渡到最新的以太网技术，并采用 Sub-1GHz、Bluetooth® 和 Wi-Fi® 等无线技术？随着电网中物联网 (IoT) 的发展，创建智能电网所需的大多数基础有线和无线技术已得到完善。现在需要使用一个框架将这些技术融合在一起。

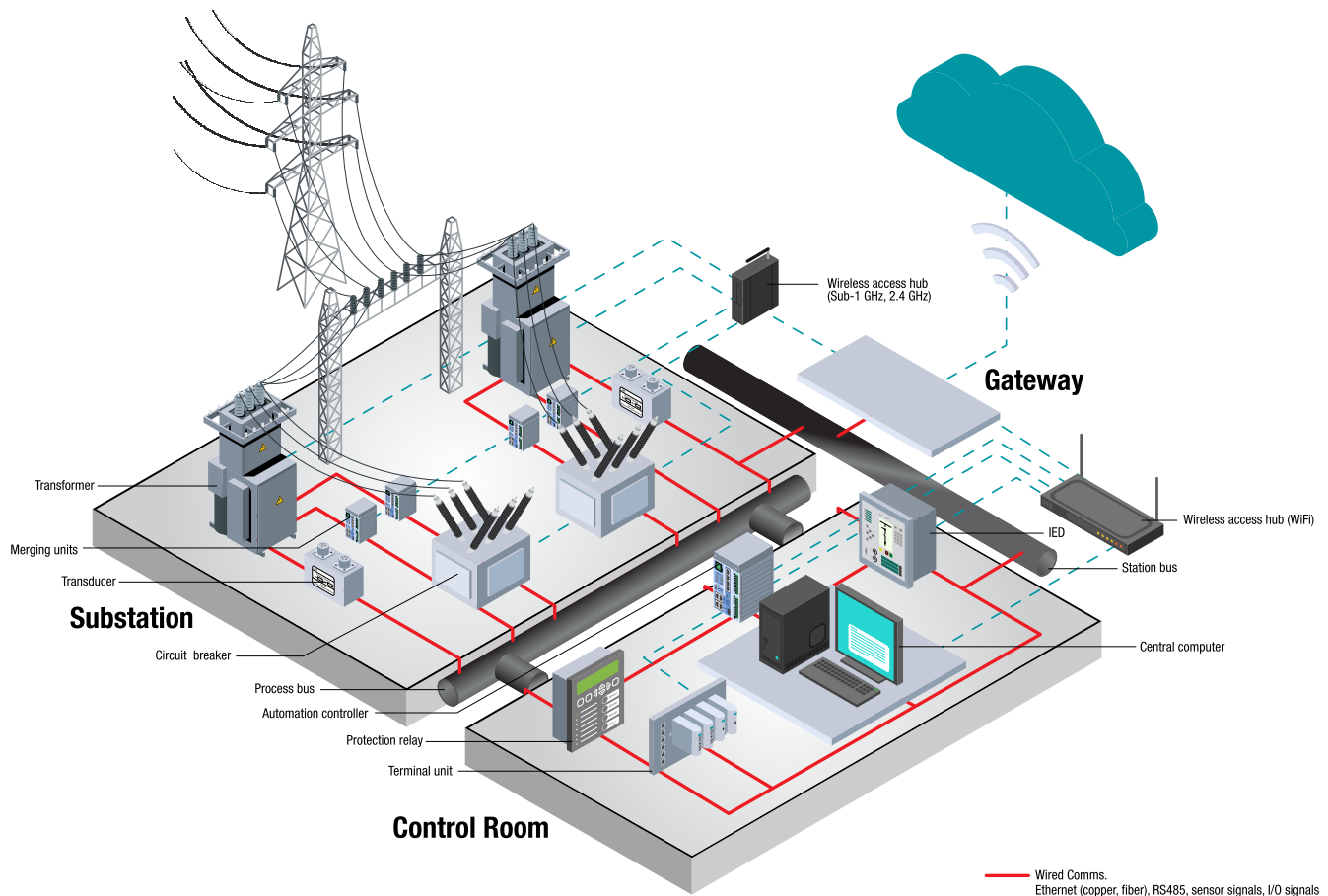
现实与理想之间的差距在哪里

如今的大多数配电网络都拼凑了各种技术，以支持主要电网资产的监视、保护和控制。它们长期以来不断积累、扩展，以期满足需求。即使使用现代的连接技术，它们也必须能够与稳健的传统设备互动。

如今的大型电网是由各地成熟的最佳实践拼凑而成的。国际电工委员会 (IEC) 61850 是一项国际标准，试图将变电站级的智能电子器件通信协议标准化。随着城镇的扩张，

电网基础设施与传输线路、配电线路和变电站也在扩散，将发电厂和消费者联系起来。变电站中的设备需要一种安全可靠的方法彼此通信，以实现信息交换，并对变电站进行保护和控制。几十年来，使用 RS-232 和 RS-485 进行硬接线都是最佳实践，直到二十世纪九十年代，有线以太网以它更高的带宽赢得了更多关注。而无线连接仅限于传输和配电领域的故障监控设备。在配电时使用低功耗射频 (RF) 进行资产监控的过渡才刚刚开始。

电网资产和监控设备的设计寿命都有 20-30 年。如果设备需要互相通信，较早的布线仍能提供可靠连接。虽然无线技术的集成成本更低，但将用了几十年且仍能正常运行的整个网络基础设施替换，在财务方面并不明智。而且安全性始终是无线技术让人担忧的地方。最后，即使是更换为较新的无线技术，但它们仍需要与用了几十年的设备通信。



就像美国的高速公路一样，底层的有线电网也许可以增加几个新的进出匝道，但绝不可能完全更换。即使要增加新的太阳能发电厂，或使用最新无线连接技术的微型电网，仍需要与用了几十年的基础设施互操作。较老的设备只有在无法发挥其主要作用的情况下才会被替换。

由于源自欧洲，IEC 61850 在欧洲制造商销售设备的欧洲国家/地区使用更为普遍。虽然这种全球连接标准影响了变电站的数据收集、管理和迁移设计，但仍有不兼容的问题，因为电网中增加的每个组件都是基于成熟的可用技术而设计的。与为新城区提供服务的较新的变电站相比，在老城区中建设的变电站可能很难从资产中收集到任何数据，因为没有强制标准。这些配电网合并后，互操作性就成为了一项挑战，因为连接每个变电站中设备的底层基础设施的设计是不同的。

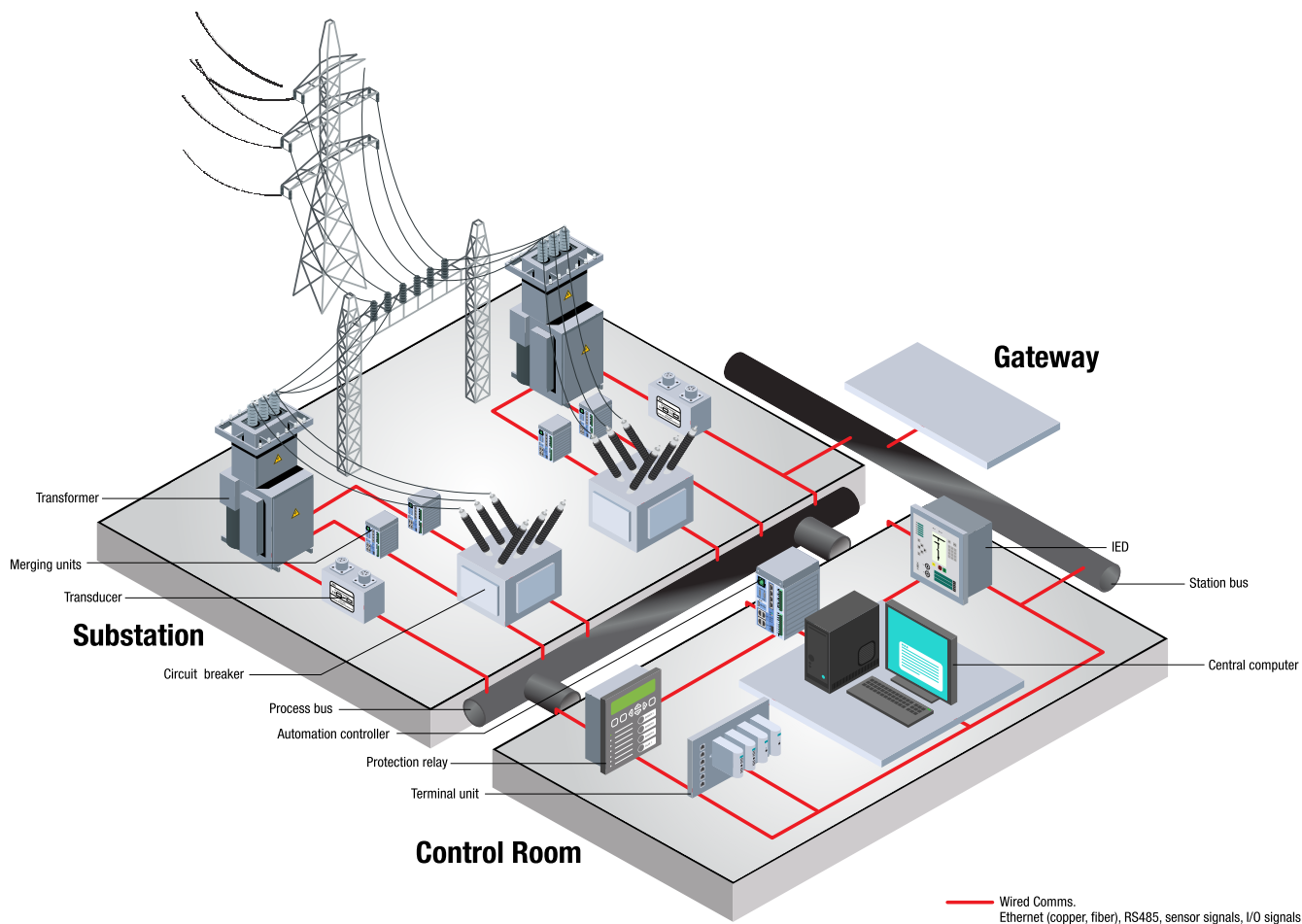
在同一线路中，最老的变电站可能只有几个断路器、变压器、调节器和其他保护及监控设备，并入新线路则意味着添加新的断路器和现代保护继电器，它们需要与 20 年前安装的设备进行通信。一切设备都在运行，但运行方式各

不相同，这既推动了可根据需要扩展和缩减数据的智能电网和 IoT 互联电网的实现，也构成了挑战。

高级配电网是能够在出现故障时自愈的电网。它可实现电网资产和终端设备之间的扩展和互操作。这种电网使用能量的双向流动提供电力，理想情况下应适用于尽可能多的可再生来源。智能电网旨在克服传统电网的挑战，实现监控、分析、控制和通信，这有助于提升效率，减少能源使用和成本，并尽量提升透明度和可靠性。

支持 IoT 的配电网则更进一步，集成了更多超低功率传感器和无线通信节点，可按需提供数据。

虽然有人建议停用仍在发挥作用而且非常可靠的传统技术，但有线技术不会消失，它依然是现代智能电网的骨干。



有线技术的优势和劣势

硬接线电网基础设施已有长达 50 年的历史。它之所以仍在使用，部分原因在于它是有效的，另外还由于将它替换为更好的设备资金成本极高，令人望而却步。

许多早期通信协议、电路和接线仍在如今的电网中发挥作用。稳健的通用异步接收器/发送器 (UART) 仅使用两条线路在器件之间传输数据。RS-232 协议已有 60 年的历史，曾一度成为唯一可用的数据交换标准。RS-232 定义了可抗噪声干扰的电压级别，并减少了数据交换的误差。在如今的大多数计算机中还能找到它。

同时，RS-485 是最多元的通信标准之一，广泛应用于多个节点彼此通信的数据采集和控制应用。与 RS-232 的单端信令不同，RS-485 的差分信令对于信号线路的噪声不敏感，而噪声会限制距离上限和通信速度。

用于现场总线通信的 PROFIBUS 标准于二十世纪八十年代中期制定，至今仍是仪表连接的最常用技术之一。

虽然历史悠久，但这些标准和协议仍可提供优势，部分原因是它们简单可靠，而且安全：与现代以太网或 Wi-Fi 网络不同，它们并不容易遭到攻击。如果只交换有限的数
据，它们还具有较高的成本效益。但如果考虑为电网增加灵活性和功能，这就成为了重要的限制因素。较低的速度和较低的带宽限制为以太网打开了大门，它支持每秒 MB 的数据速率。

以太网 MAC 和 PHY 接口如今支持双端口，实现冗余和更高的带宽和速度，还可以添加更多功能。

TI 的有线技术参考设计

德州仪器 (TI) 开发的参考设计不仅可以具体通信技术纳入电网设备，更大限度地利用其固有优势，还介绍了这些技术如何与其他技术（包括传统协议）通信。

TI 有几种参考设计都涉及 RS-232 和 RS-485 协议。**隔离式 RS-232 与集成信号和电源参考设计**提供了一个紧凑型解决方案，能够生成隔离式直流电源，同时支持隔离式 RS-232 通信。它包含一个带有集成电源的增强型数字隔离器和一个 RS-232 通信收发器。

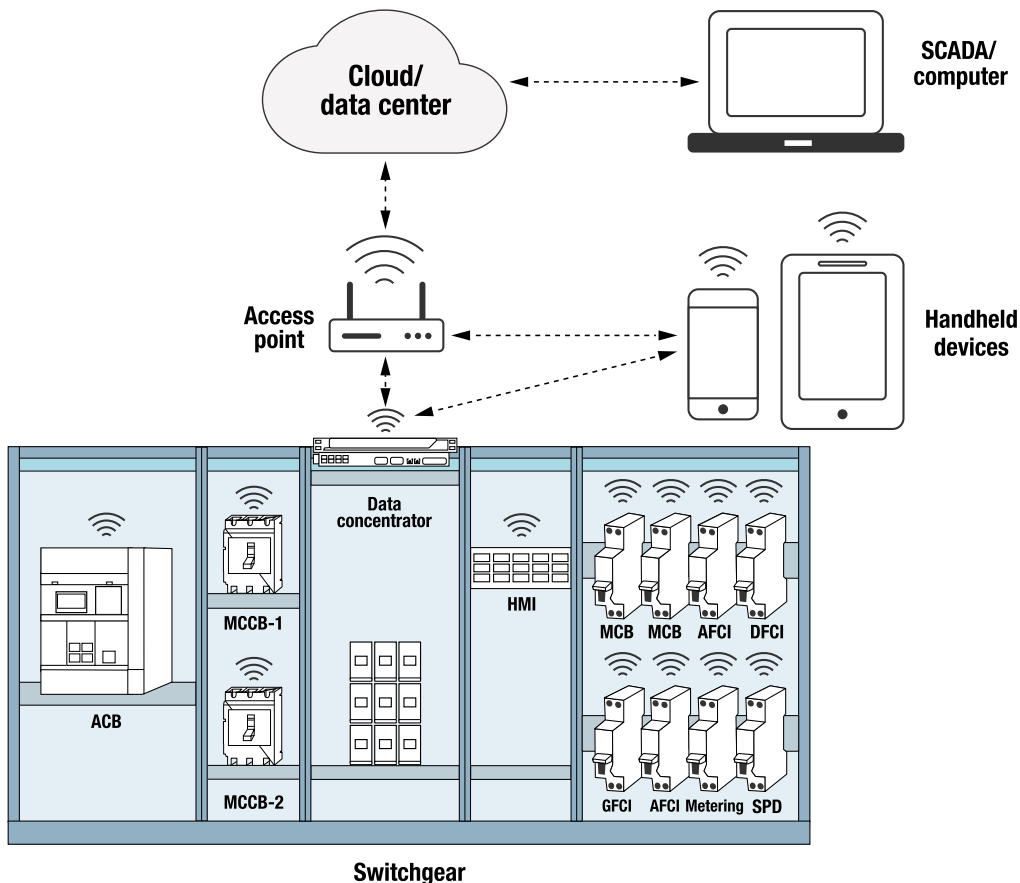
对于 RS-485，TI 有两种参考设计。**用于功能隔离的 RS-485、CAN 和 I2C 数据传输的通信模块参考设计**是一种低成本、高效率通信模块解决方案，适用于各种工业系统（包括需要隔离式通信和隔离式电源的蓄能罐）。此设计适用于电网，部分原因是它经过测试，可在恶劣环境中稳健地传输数据。同时，**隔离式 RS-485 与集成信号和电源参考设计**是一款紧凑型解决方案，能够生成隔离式直流电源，同时支持隔离式 RS-485 通信。它包含一个带有集成电源的增强型数字隔离器和一个 RS-485 通信收发器。

对于以太网，TI 的**适用于变电站自动化的高可用性无缝冗余 (HRS) 以太网 参考设计** 提供了高可靠性、低延迟网络通信框架，适用于智能电网传输和分配网络中的变电站自动化设备。它支持 IEC 62439 标准中的 HSR 规范和电气电子工程师协会 (IEEE) 1588 标准中的精确时间协议规范，可支持常用的 IEC 61850 标准，无需额外元件。

符合 EMI/EMC 标准、具有光纤或双绞线接口的 10/100Mbps 以太网砖型 模块 参考设计 无需多个铜线或光纤接口板。

它采用小尺寸、低功耗的 10/100Mbps 以太网收发器来减小板尺寸，能实现成本优化且可扩展的解决方案，并降低高温环境中的功耗。

当然，以太网也具有一些与传统布线相同的缺陷。您仍需要将光纤埋入地下，就像铜线一样。挖沟并将光纤铺于地下的资金支出并不是个小数目，因此现代智能电网包含了无线技术（例如 Sub-1GHz、Bluetooth® 和 Wi-Fi），用来扩展有线技术。



使用无线的原因和使用方式

无线通信可增加网络的冗余和恢复能力。低功耗蓝牙、Sub-1GHz 和 Wi-Fi 等无线技术可在不同应用中使用，但需要在距离、带宽、功耗和噪声灵敏度之间进行权衡。

TI 的 **电网 IoT 参考设计可使用 Wi-Fi 将断路器和传感器连接至其他设备**，展示了如何设置 Wi-Fi 网络、实现数据传输方案，以及如何尽可能减少功耗。借助具有集成式网络处理器和应用处理器的 TI SimpleLink™ CC3220 无线 MCU，集成 Wi-Fi 功能，从而增强用于监控资产的电网设备的连接。

如果设备之间距离更远，数据传输距离超过数英里或数千米，或没有 Wi-Fi 网络，则可使用无线频谱

探索无线智能电网之路

支持数字化和 IoT 的电网是大势所趋，但此类电网必须兼容传统协议和现代有线技术。

现代技术将对早期资产实现更好的资源管理。无线传感器将能够监控使用了数十年的变压器，并做出主动改变，以管理其运行状况。数据分析正在推动更快地分享更多电网状态信息的需求。

由于传统设备的货架期非常长，因此过渡会是个长期过程，电网的性质也意味着各种功能组件的寿命可达数十年。TI 的参考设计和产品可提供过渡管理的框架。假以时日，更多的无线技术将会代替硬接线的传统基础设施。但如今的**智能电网**仍是新旧技术混合的产物，需要统一和协调。

(Sub-1GHz 和 2.4GHz)。TI 的**电网 IoT 参考设计：使用 Sub-1GHz RF 连接故障指示器、数据收集器、微型 RTU**，可在多个传感器节点和收集器之间形成的星形网络中提供 Sub-1GHz 无线通信。此设计使用高架故障通道指示器和数据收集器，针对低功耗和近距离进行了优化。

这些无线技术为电网互操作性增加了极大的灵活性。它们有助于几乎即时地按需收集电网中的大量数据，以便更好地监控资产的运行状况。Wi-Fi、低功耗蓝牙和 Sub-1GHz 可更快地在智能电网中部署主要和辅助设备，无需以太网等现代有线技术涉及的时间和费用。

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户的应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不负任何责任。有关任何其它公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的认可、保证或授权。

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司