

验证SmartMesh IP对于工业物联网应用的数据可靠性

作者：Ross Yu, 凌力尔特公司产品市场经理

工业物联网(IIoT)展望
及其对自动化系统设计的冲击
<http://www.ednchina.com/2016A0021>.
HTML

工业物联网来袭——
成为未来工厂还需哪些准备?
<http://www.ednchina.com/2016A0022>.
HTML

用于物联网的各种低功耗
广域网技术
<http://www.ednchina.com/2016A0023>.
HTML



用于工业物联网应用的无线传感器网络，必须在很长的使用期限内达到极高的可靠性门槛。

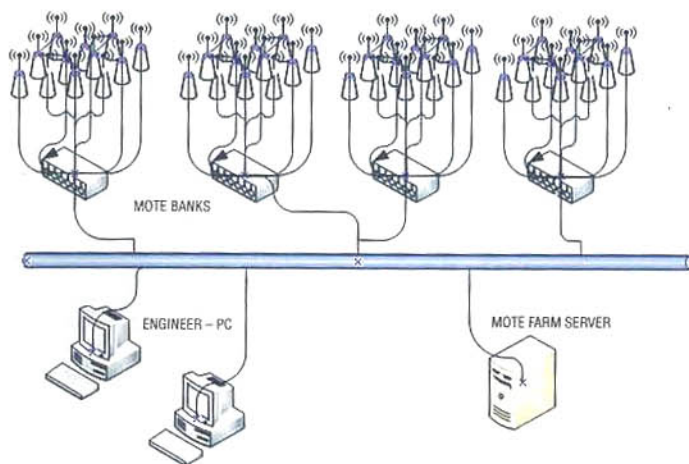
工业物联网(IIoT)需要具有严格可靠性和安全性的工业无线传感器网络(WSN)。由于此类网络必须在无人干预的情况下可靠地工作10年以上，因此工业WSN必须应对随着时间的推移而剧烈变化的环境条件。此外，它们还必须具有可扩展性和灵活性，以便网络能够在相当长的一段时间里支持不断增长的业务需求和数据流量。

由凌力尔特提供的SmartMesh无线网格网络产品专门针对工业IIoT应

图1：在一个高低温试验箱中工作的SmartMesh节点



图2：测试自动化——通过用一个自动化测试夹具给几百个无线节点装备仪表，一项包含几百项测试的测试计划的执行可在几天(而不是数月)的时间里完成



用进行了设计和严格的测试，可在某些极为严酷的环境中提供 >99.999% 的数据可靠性。在每款新型SmartMesh软件产品发布之前，凌力尔特会累计超过100万节点小时的网络工作，并在可靠性最少达“五个9”(>99.999%的数据可靠性)后，才会宣布其具备了生产质量。

本文着重阐述凌力尔特用于通过无线电硬件认证、自动化网络测试方法和系统化网络测试来验证数据可靠性的方法。另外，还对来自一个使用中的生产网络的性能统计数据进行了考察。

无线电硬件认证测试

WSN的性能与主要的无线电硬件及在该芯片上运行的协议相关联。SmartMesh无线电网芯片(例如凌力尔特的LTC5800)

经历了严苛的测试以确认其操作参数。这些测试的结果通过多个生产批次进行确定，然后再公布产品手册(其包括针对硬件的所有相关规格指标)。与凌力尔特专注于工业市场的策略相一致，硬件的设计认证包括运行网络测试，被称为高加速寿命试验(HALT)，其在使一个通电网络运行的同时让硬件遭受极端条件，包括冷热热跃应力、烫热跃应力、电压裕度调节、快速热跃迁、振动跃应力、热和振动的组合应力以及扩展温度测试(见图1)。

自动化网络测试方法

为确保服务期间的可靠性，测试必须全面地涵盖网络在跨越多年的运作中将会遇到的各种情况。凌力尔特大量利用了

表1: 网络试验台结果示例(对于一个100节点网络)

节点数	100
网络网络深度	4次跳频(从最近的节点到网关)
包产生率	每30秒从每个节点产生一个数据包
发送的数据包数目	43,792,812(在27天里)
在最终目的地接收的数据包数目	43,792,756(99.99987%的数据可靠性)

表2: 网络统计数据——部署在凌力尔特晶圆制造厂中的SmartMesh IP网络

节点数	32
网络网络深度	4次跳频(从最近的节点到网关)
包产生率	每30秒从每个节点产生4个数据包
发送的数据包数目	26,137,382(在83天里)
在最终目的地接收的数据包数目	26,137,381 (99.999996%的数据可靠性——“七个9”的可靠性)

测试自动化以简化数百项网络测试,每项测试验证一组独特的测试条件。为做到这一点,可以很容易地把一个由包含几百个无线节点的节点组构成的网络试验台(见图2)配置成任何数目的测试网络(可大可小)。一个集中式测试服务器能够快速启动整个共存网络,运行多项系统测试,并通过利用每个无线节点的应用程序接口(API)进行编程,以重新启动用于下一组测试的节点。利用自动化使全回归测试变得实用,可确保现有的功能和运行方式在后续的软件版本中得以保留。

该试验台具有一种密集的RF噪声环境,因为每个被测网络都“沉浸”在一个由同时运作的其他网络所产生的无线流量的“大海”之中。这种网络流量,再加上邻近的WiFi路由器、蓝牙和蜂窝无线电设备,产生了一个代表着极具挑战性的RF环境的升高RF噪声层。

系统化网络测试

采用该网络试验台在几百种网络拓扑上验证可靠性。例如,建立了下面的网络(表1)以用基准测试一个典型的100节点网络、四跳频网络。每个节点每分钟产生两个数据包,而且网络最少连续运行500小时(在21天里)。此环境模拟的是一种典型的商业或轻工业场景,这里存在着电子设备和金属结构以及穿梭在整幢楼宇之中的人流。尽管是有损耗的RF环境,但是网络通过包重试以及路径和通道分集在发送超过4,300万个数

据包的过程中实现了优于99.999%的数据可靠性。

通过清点在每个节点的API端口注入和在网关节点API成功接收的数据包,网络试验台独立地验证SmartMesh网络软件的内置可靠性度量指标。这些内置统计数据可通过一个位于网关节点的软件API接口提供给用户,并使开发人员 and 用户能够在初始评估过程中以及网络使用期限内在其自己的应用中评定SmartMesh的可靠性。

为了获得>99.999%的数据可靠性,凌力尔特的工程师们在系统测试期间对每个数据包传输错误进行故障排除,而不管出错概率如何之低。为在此类错误确实出现之时进行监视和捕获,每个节点的API端口、CLI端口和SPI闪存编程端口在网络试验台中是连接的,从而使得凌力尔特的工程师能在一条消息通过网络网络传播时监察每个节点并调试低级软件。

此外,还给网络试验台装备了仪表以收集详细的性能度量指标,包括节点的平均电流消耗、数据吞吐量和网络延迟(一条消息穿越网络网络所需的时间)。网络试验台从每个无线节点把传感器数据注入网络,以测量延迟及对网关节点处理流量的能力进行特性分析。利用任意的网络配置(例如一种低延迟模式)或更多的双向网络流量来重复这些测试。

最后,该网络试验台简化了应力测试,以平稳地验证网络处理问题情况的能力。这些测试在被测网络内部的不同

节点上系统地引入搅动,例如停用节点以验证剩余的相邻节点从未丢失一个数据包。其他的应力测试则引起广泛的节点故障,以使网关节点在网络的大部分受损时使流量转向并修复网络的能力经受考验。此类应用测试用于验证工业WSN处置这种意外事件的能力,因为它们常被委以监视和控制业务关键型系统的责任。

凌力尔特晶圆制造厂里的一个生产网络

在凌力尔特位于硅谷的晶圆制造厂里已经部署了SmartMesh IP,以监视在晶圆制造的不同蚀刻和清洗阶段中所使用的几百只特种气体钢瓶的压力。以前,每只钢瓶的压力一天进行三次人工检查,每天的总手工作业时间为4个小时。部署一个SmartMesh IP网络以实现测量的自动化,并把读数直接发送至工厂的控制中心软件。在气体燃料箱中部署了32个无线节点,以测量每个钢瓶的罐体压力和已调压力。每个无线节点连接至一对钢瓶,用于每30秒从每个节点发送的总共4个数据包。

晶圆制造厂中的RF情况是一种有代表性的工业环境,无线节点被金属和混凝土所包围,而且工作机组和设备在该区域中整天不停地移动。该网络已连续处于工作状态超过83天,发送了2,600多万个数据包,而且实现了高于“七个9”(99.99999%)的可靠性。■

图3: 凌力尔特晶圆制造厂里的有毒气体柜处于严密监视之下,以确保正常运行时间

