

无线传感器网络的挑战和解决方案

Lance Doherty, Jonathan Simon, Thomas Watteyne

(凌力尔特公司, Dust Networks 产品组)

1 背景

尽管低功率传感器和无线网络如今已十分普遍,但是在低功率无线传感器网络市场上的成功案例却仍然乏善可陈。这并非因为人们对其缺乏兴趣,无线传感器有望大幅削减安装成本,并可访问以前不能使用或者由于成本过于昂贵而无法获得的数据。虽然传感器的尺寸不断缩小,同时价格和功率也有所降低,但安装成本却并未同步下降。与在新建大厦里进行布线所需的人工成本相比,传感器本身的成本通常就是“小菜一碟”了。当在一座现有建筑物或某种工业过程控制环境中进行翻新改造时,每个传感器的安装成本就可达数百或数千美元。

面对如此强劲的成本动因,为什么无线传感器网络(WSN)尚未达到主宰市场的地步呢?这是因为,有两个因素——无线功率和网络可靠性,使得WSN在很大程度上成为一种“小众”产品。

2 技术选择

客户希望拥有这样一种技术:它成本低,可不受限制地安放传感器,可靠和快速地完成数据报告,并在不更换电池的情况下连续运行多年。低功率无线电和通信协议近期取得的技术进步使我们能够在许多市场上提供上述特性。

数据收集应用通常需由大量的检测点将数据发送至一个中央主机,该中央主机可利用一个过程设定点或其他配置变更做出响应。为担负这项任务,有多种技术正在展开竞争,包括卫星、蜂窝、Wi-Fi和基于IEEE 802.15.4无线标准的解决方案。

就卫星和蜂窝技术而言,其每个数据包的能源成本是最高的,通常不适合电池供电型应用。此类解决方案仅对那些具有已知良好连通性并以非常低数据速率(例如:每天传送一个数据包)发送信息的应用体现出意义。

Wi-Fi(IEEE 802.11b, g)传感器目前得到了广泛的使用。Wi-Fi数据包的能源成本远低于蜂窝技术,但对于电池供电型操作来说仍然偏高。连通性和覆盖范围仍然是重要的问题,因为利用一个固定传感器来实现可靠通信所需的接入点密度通常是很高的。

IEEE 802.15.4标准定义了一个针对短程、低功率操作的物理层(PHY)和媒体接入控制(MAC)层,非常适用于无线传感器网络(WSN)。IEEE 802.15.4构成了多个专有和基于标准之协议的基础,包括ZigBee异步化单通道网络和WirelessHART^[1]时间同步化多通道网络。当采用凌力尔特公司的LTC5800-IPM802.15.4片内微尘(Mote-on-ChipTM)时,发送几个字节的传感器数据以及路由、加密和其他标头所使用的电荷量低于30 μ C,其中包括接收一个安全链路层确认信号(见图1)。

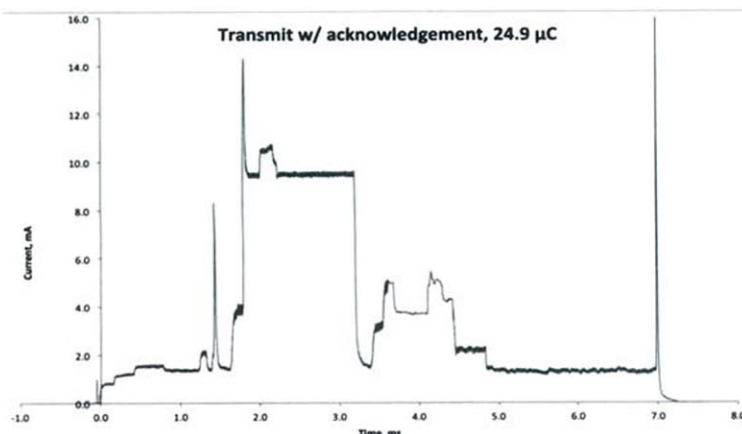


图1 发送一个简短 802.15.4 数据包和接收一个确认信号所需的能量

3 网格网络

当过渡到无线系统时,可靠性是个需要关注的问题。就实质而言,无线通道是不可靠的,而且许多现象都会阻止一个已发送的数据包到达接收器。随着无线功率的降低,这种情况会进一步加剧。

当多个发送器在相同的时间和频率发送信号时,将出现干扰现象。倘若它们相互之间听不到(“隐藏终端问题”),这就特别成问题了。需要后退、重新发送并采用确认机理来解决冲突。干扰可能来自网络的内部、工作于相同无线空间里的另一个相似网络、或者某种使用同一频段的不同无线电技术(Wi-Fi、蓝牙和802.15.4等通常也工作在此频段)。

第二种高度易变的现象被称为多径衰落,即使在预计视线链路裕度十分充足的情况下,其也会阻碍传输的成功完成。当环境中的传输反弹物体(天花板、门、人…等)的多个“拷贝信号”传输距离各不相同,就会发生这种现

象。当产生破坏性的干扰时,20dB~30dB的衰落并不少见。多径衰落取决于发送频率、设备位置以及环境中每个邻近的物体,想要预知实际上是不可能的。

由于环境中的物体是移动的,因此多径的影响随时间而改变,而且,指望设备之间的任何特定连接(即:路径)永远可用是不安全的。图2示出了两个工业传感器之间的单个无线路径上的数据包递交率(时间跨度为26天,且针对系统所采用的全部16个通道)。

在任意给定的时间,一些通道工作状态良好(拥有高递交率),一些则欠佳,而还会有这么一些通道处于高度易变的状态。重要的是:从未有时段可观测到有一条通道在网络任何地方的所有路径处于良好工作状态。^[2]

由于干扰及多径衰落的原因,构建可靠无线系统的关键在于充分利用通道和路径分集。在网格网络中,传感器能够依靠用户群发送无线数据包,从而使网络的覆盖范围远远超过了单个无线链路的作用范围,并为网络提供了针对任何单一无线链路故障的抗干扰能力。采用时分多址(TDMA)方案可缓解

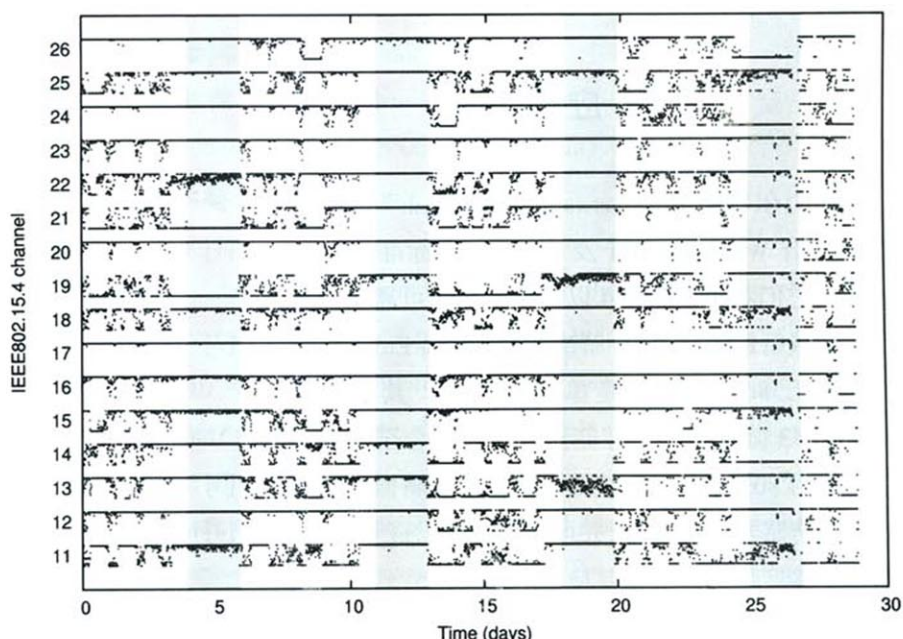


图2 无线链路的数据包递交率随时间而改变

自冲突现象并实现可预知的网络扩展。

可用于传感器网络的网格协议有几种：用于 Wi-Fi 的 802.11、各种特别的路由协议（比如 ZigBee 中使用的那些协议）、以及凌力尔特的时间同步化网格协议（其构成了 WirelessHART 和 802.15.4e 标准的基础）。

4 解决方案

WSN 技术的主要选择标准是拥有成本和灵活性。与有线解决方案相比，无线技术大幅度地降低了安装成本，不过，为实现终身服务目标而需进行电池更换则增加了总的拥有成本。协议的设计必须具备密度和传感器总量的扩展能力，以耐受干扰并在个别设备缺失的情况下继续使用。

WSN 必须以能够在具有宽温度变化范围以及链路层数据包递交率（PDR）低至约 50% 的环境中可靠工作。对于工业应用，可靠性目标通常为接收至少 99.9% 的生成数据，因为丢失的数据会触发代价高昂的告警状况。系统必须支持某一最小的每秒传感器数据包传输数量和有限的延迟，“过期的”数据包通常被舍弃，其不利于可靠性。

5 应用

凌力尔特的 Dust Networks SmartMesh™ 产品线兼有符合 WirelessHART 及 6LoWPAN 标准的 IPv6 产品，它们利用 802.15.4 以提供市面上可靠性最高和功率最低的安全 WSN 解决方案。Dust Eterna™ 微尘（LTC5800 系列）是单芯片器件，其将一个 Cortex-M3 微处理器、存储器和外设耦合至目前功率最低的 802.15.4 无线线路。设计人员将微尘芯片嵌入到传感器组件之中，并可依靠网络形成和优化，并将传感器数据传输至其应用。Dust 的管理器可实

现从几十到几千个设备的平稳调节，并提供用于网络的数据及配置接口。两个产品系列均适合构建高度可靠的多跳网格网络（能按节点配置数据速率）。采用 Dust 微尘和管理器的部分应用实例包括：

泊车 - Streetline 公司^[3] 是一家智能泊车解决方案供应商，其产品可利用安装在泊车位下方的车辆探测器来监视泊车位的实时可用情况，并将相关信息汇总到一个覆盖全城的数据库之中。低功率无线技术对于此类应用是至关重要的，因为用电线将传感器连接至每个车位操作起来是非常困难的，而且，由于不同的车辆停放位置会改变器件对之间的路径质量，因此无线路径分集是必不可少的。

能耗监测 - Vigilant 公司^[4] 可提供用于数据中心的智能型能耗管理系统。由于数据中心里的空调常常以满功率连续运行，因而造成了能源的浪费。Vigilant 部署了不会影响数据中心常规运作的密集、安全无线器件，并且常规性地部署了多个重叠网络以实现所要求的传感器数目。

6 结论

基于 802.15.4 无线标准的多通道时间同步网格，网络可解决构建灵活、可靠、低功率无线传感器网络所涉及的众多难题。CIC

参考文献

- [1] http://www.hartcomm.org/hcf/documents/documents_spec_list.html
- [2] L. Doherty, W. Lindsay, J. Simon, K. Pister, "Channel-Specific Wireless Sensor Network Path Analysis," Proc. ICCCN '07, Honolulu, HI, 2007.
- [3] <http://www.streetline.com/>
- [4] <http://www.vigilant.com/>