

## 物联网应用无线连接技术对比

据预测，到 2020 年将会有大约 500 亿个采用无线通信方式的装置。据来自 GSM 联盟的数据，其中移动手持和个人计算机仅占 1/4，其余的是采用非用户交互方式与其他机器通信的自主互连装置。当前我们的互联网正在快速发展成为无线装置互连的万维网 - 物联网 (IoT)。

无线连接装置的可选方式有很多，最流行的包括 Wi-Fi、Bluetooth、ZigBee 和基于 sub-GHz 技术的解决方案。每种解决方案都有优缺点，在这个互连的世界里，以上无线技术将会共存(如图 1 所示)。然而，物联网的重要驱动力之一是低功耗无线传感器的出现，从智能电表到传输系统、从安全系统到楼宇自动化，传感器越来越广泛的用于各类应用中。对于无线传感器来说，可扩展性、范围、休眠电流和可靠性等属性至关重要。虽然某些终端节点所需数据传输速率相对较低，但是大规模网络中的实时报告汇聚意味着“大数据 (big data)”。



图 1 物联网中多种无线技术共存

为了更好的服务最终用户，公共事业公司和市政局开始扩展智能计量系统，以解决实时数据不断增长的问题。公共事业公司通过智能电表，能够更频繁和更有效的查看客户的能源消耗信息，同时也能快速识别、隔离，以及解决电力失效等问题。消费者也能通过互连来获取相关信息。室内网络设备均能实时报告其状态和能耗，并且还能响应公共事业公司发出的信息。采用智能能源和智能家居系统，消费者将更加方便和高效，例如，在电费最低的时候控制激活洗碗机，或是适时提醒用户需要添加洗涤剂。

同样的，在铁路运输网络中，无线传感器能可用于远程监视广阔的轨道网络，技术人员能提前识别维护需求，以降低人工轨道巡视的成本和迟延。

## 无线传感器网络的核心需求

可扩展性对于无线传感器网络环境至关重要。某些传感器仅每秒进行一次状态更新，并且每次仅传输几个字节信息，但单个建筑物可能有数万个节点。举个例子，美国拉斯维加斯的 Aria 酒店，部署 7 万多个采用 ZigBee 网状网络通信的节点，以便控制照明、空调和建筑物周围的许多其他服务。在多数应用中，传感器需要安装在无法连接主电源或只能电池供电的位置。因此，可靠的网络架构要求有能力处理大量汇聚的数据，但传感器节点自身必须低功耗。

可靠性、可扩展性和电源效率的组合，明确界定无线传感器节点能够采用的通信技术需求。系统集成商不仅要考虑所选拓扑结构和无线协议的优缺点，也要考虑无线技术本身固有的物理属性。混凝土墙和多径衰落对于任何无线系统来说都是不利的，但也有办法减轻影响。为了解决这个问题，不同国家有不同的法规来管理无线电频谱和可用的频率范围。

其中 2.4GHz 已成为无需授权的全球频段，因此无线系统的设计能够服务于全球所有主要市场。例如 Wi-Fi 是基于 2.4GHz 频段的通信技术，其擅长在两节点之间快速传输大量数据，但同时消耗能量高，并且在星型配置中，每个 AP 限制在不超 15-32 个客户端。Bluetooth 是另一种 2.4GHz 技术，其针对便携式设备，主要作为点对点的解决方案，仅支持几个节点。ZigBee 与 Bluetooth 和 Wi-Fi 共享相同的无线频谱，但仅用于满足低功耗无线传感器节点的特殊需求。表 1 汇总目前的无线网络技术核心特性和能力。

表 1 无线网络技术和标准的比较

	ZigBee	Sub-GHz	Wi-Fi	Bluetooth
Physical Layer Standard	802.15.4	Proprietary / 802.15.4g	802.11	802.15.1
Application Focus	Monitoring & control	Monitoring & control	Web, email, video	Cable replacement
Battery Life (days)	100 - 1,000+	1,000+	0.5 - 5	1 - 7
Network Size	100s to 1,000s	10s to 100s	32	7
Bandwidth (Kbits/s)	20 - 250	0.5 - 1,000	11,000+	720
Range (meters)	1 - 100+	1 - 7,000+	1 - 30+	1 - 10+
Network Architecture	Mesh	Point-to-point, star	Star	Star
Optimized For	Reliability, low power, low cost, scalability	Long range, low power, low cost		
Silicon Labs Products	Ember® ZigBee® EM35x Series	EFRadio®, EFRadioPRO®, Si110x wireless MCUs		

## ZigBee: 无线网状网络的优化解决方案

ZigBee 基于全球标准，是一个开放的无线网状网络技术。与传统的网络架构不同，例如星型和点对点，网状网络采用最低成本节点为建筑物内的所有位置提供可靠覆盖(参见图 2 中网络拓扑结构选项对比)。ZigBee 采用动态、自主的路由协议，基于 AODV (Ad Hoc On-demand Distance Vector) 的路由技术。在 AODV 中，当一个节点需要连接时，他将广播一条路由请求报文，其他节点在路由表中查找，如果有到达目标节点的路由，则向源节点反馈，源节点挑选一条可靠、跳

数最小的路线，并存储信息到本地路由表以便用于未来所需，如果一条路由线路失败，节点能够简单的选择另一条替代路由线路。如果源和目的地之间的最短线路由于墙壁或多径干扰而被阻塞，ZigBee 能够自适应的找到一条更长但可用的路由线路。

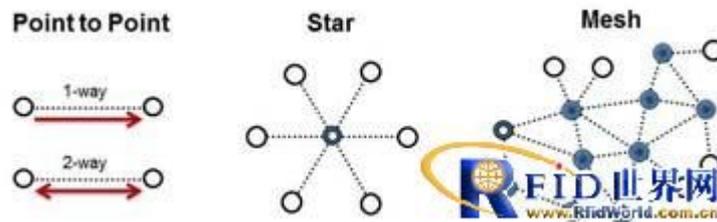


图 2 - 网络拓扑结构比较

例如，基于 Silicon Labs EM35x Ember ZigBee SoC 和 EmberZNet PRO 协议栈的无线传感器网络，可提供自配置和自修复的网状网络连通性，能够扩展连接单一网络中的数百或数千节点。“ZigBee 认证产品”的快速开发得益于 Ember AppBuilder，其隐藏协议栈细节，聚焦 ZAP (ZigBee Application Profiles) 实现的开发工具。通过图形化界面，开发人员能够快速选择应用所需的属性，然后由 AppBuilder 自动生成所需代码。

为发挥 ZigBee 网络灵活性的最大优势，需要高效的调试工具。网状网络的复杂性使传统网络分析工具 (例如 Packet sniffer) 使用起来更加困难。事实上，由于包可能穿越多跳到达目的地，许多中间传输超出分析仪的应用范围。对于这个问题，目前唯一的解决方案是采用 Silicon Labs 桌面网络分析仪 (Desktop Network Analyzer)，此款分析工具功能强大，能够在图形化界面内展示网络中每个包收发的全貌，并且内置协议分析和可视化跟踪引擎，开发人员可以协调网络通信和装置的任务。

在某些情况下，网状网络并不是合适的选择，因为节点密度太低，因此无法提供有效的故障转移支持。例如，公路或铁路网络拓扑结构需要沿着狭长路径宽间距部署节点。同样，校园的外部设施对于采用网状网络来说过于稀疏。在这些环境中，星型拓扑结构结合可跨越更远距离，因而更可靠，更合适。

### Sub-GHz：长距离和低功耗通信的理想选择

无线传播与频率成反比，在低功耗、长距离通信或穿墙能力上，sub-GHz 射频更有优势。对于许多应用，433MHz 成为 2.4GHz 的全球替代品 (但日本不允许其用于无线应用)。基于 868MHz 和 915MHz 的设计可用于美国和欧洲市场。有许多可用的无需授权或需要授权的频段，对于系统集成商来说，既可选择在某些特定区域进行性能优化，或者配合公共事业公司在广阔区域设计系统。在这种多样

化中，与 2.4GHz 频段相比，sub-GHz 频段频谱干扰更少。干扰较少的频段能提高网络的整体性能，减少传输中的重传次数。

第三方和基于标准的网络协议栈可用于 sub-GHz 射频，但许多厂商仍选择专用解决方案来针对其特定需求。许多无线协议面临着一个问题，接口要不断激活“监听”网络中通信。数据发射比数据接收消耗更多的能量，但是发射是短暂的，并且有长时间间隔，因此长期平均能耗通常更低。在许多无线协议中，接收器不知道消息何时到来。因此不得不保持监听以便不丢失任何数据，因此即使没有消息，接收器也不能完全关闭能耗。这种情形将限制节点的电池自主权，需要对电池定期更换或充电。

Sub-GHz 收发器，例如 Silicon Labs Si446x EZRadioPRO IC，支持从 119MHz-1050MHz 的频率范围，最大 146dB 的链路预算，以及休眠模式下仅需 50nA 电流消耗。为了减轻多径衰落的影响，EZRadioPRO 芯片支持双天线，并在芯片内集成天线分集逻辑算法。通过采用跳频和时钟同步技术相结合的方法，系统集成商能够在协调器和终节点之间实现跨越数公里的 sub-GHz 网络，同时终节点采用单电池可运行十年以上。由此系统集成商能够采用少量协调器即能可靠覆盖特定区域，并且把终节点放置在主电源无法连接的地方。

## 无线共存和云

在无线网络世界中，没有一种“万能”的解决方案。在大规模、低功耗网络中，不能仅选择无线网络中的某一种形式。Sub-GHz 和 ZigBee 无线网络可以很好的共存，因为他们采用不同的无线电频谱，并且具有独特的属性。例如，在校园中，2.4GHz ZigBee 适用于室内自动化系统，而 sub-GHz 用于户外灯控。可靠有效的收集数据能力当然是最重要的，但是为了真正激发网络潜能，实现所有实时信息的数据分析、可视化，以及对移动服务的访问，则需要连接到云。

大规模网络通常利用回程系统，把每个子网中收集的信息转换成当前大多数世界信息的中间媒介 - 互联网协议 (IP)。在每个收集点，把接收到的数据转换成适合在标准 IP 帧中传输的格式。大多数情况下，使用在传感器网络中的网络协议头将剥离并进行包分析。然后，回程系统能够把含有源和目的信息的原始数据装配成 IP 包，而无需维护传感器网络的系统开销。接下来，IP 包采用与其他互联网数据包一样的方式进行路由，从而服务提供商可通过云的服务，来分析和可视化信息，并且消费者也可以通过平板电脑、笔记本或手机来管理和操作数据。

这是令人激动的时代！无线技术和低功耗操作的发展带给我们诸多便捷，我们可以测量、监视和控制我们的环境，而以前是无法想象的。现实中无线技术的使用多种多样，污水管理和森林火灾探测一类的应用可能仍然处于起步阶段，而智能电表、安全和楼宇自动化等应用已经为商家和消费者带来效率和便利性。由于不同的技术各有优势，ZigBee 协议和 sub-GHz RF 系统为实现高可扩展和可靠性的低功耗无线传感器网络提供理想的解决方案。发展正在加速，而我们看到的物联网才刚刚开始。

