

蓝牙网状网意味着什么？

即将到来的蓝牙扩展功能将让该无线技术更适用于智能照明，MAREK WIERZBICKI 解释说，与此同时，网状网功能扩展仍将保持蓝牙技术久经考验的低功耗、易用性和可靠性等优点。

智能照明可能是几十年来照明工业的最大革新，但对那些希望在这个全新而令人激动的市场中有所作为的厂商来说，各种眼花缭乱的无线通信技术着实又让人头疼。蓝牙是我们这个城市（旧金山）的最新话题，今年晚些时候，它将采用具有网状联网（mesh networking）功能的蓝牙技术。作为 Silvair 公司的成员，我们已经全身心投入到智能蓝牙网状网工作组（Bluetooth Smart Mesh Working Group）的工作之中，目标是对基于蓝牙的网状网架构进行标准化，对蓝牙网状网实现方案背后的基本概念进行审查，让你明白所谓的蓝牙网状联网究竟是怎么一回事。

我们多年来所知晓的照明标准正受到新一代照明系统的挑战，它们提供的东西远不止是灯光明亮的场所。向数字照明的转变就在我们的眼前发生，尽管数月以前许多人还疑惑究竟智能照明能否真正走向现实，但现在看来已经是无路可退了。在过去的 12 个月中，我们看到多家重量级的照明厂商剥离了它们大量的传统业务，更多地专注于联网技术 (<http://bit.ly/1KL6g9e>)。智能照明意味着新的业务模式，它从增值特性和服务中获得稳定的收入流，这正是照明企业需要克服的挑战，因为 LED 寿命很长而利润微薄。



图 1：在 2016 消费电子展（CES）上，大量基于蓝牙网状网技术的照明产品被展示，包括来自 Girard Sudron 的灯泡和来自 NodOn 的开关。

走向网络

因此，不足为怪，实际上我们每周都会听到这样的新闻，某照明企业与某公司达成协议，它能比较快速地将智能技术集成到公司的产品中；甚至是直接收购拥有无线连接、云服务或先进数据分析等技术的公司。事情的发展是如此之快，我们看到高盛公司调低了对一家领先照明企业的评级，它引述了对该公司盈利下降的担忧，并强调该公司对联网技术的使用过少。趋势很明确：照明系统正走向数字化，而 2016 年消费电子展（CES）上出现的大量智能照明产品（图 1），进一步证实了这一点 (<http://bit.ly/20t1qRN>)。

即便如此，对于照明应用中下一个会被使用的无线通信协议，人们

仍然存在分歧，更不用说整个物联网（IoT）了。互操作性的缺乏是网络方案不能被广泛采用的主要原因，这已经被提过无数次了。然而，尽管实现了某种标准化，我们看到的却是事情正变得越来越碎片化。新技术不断出现，每种技术都声称恰好能实现无缝、可靠且安全的物联网连接。

与此同时，那些更为成熟的通信标准也在不断演进以应对不断变化的客户需求，它们当初被引入到这个市场时，围绕物联网和互联空间的各种期望和夸大宣传还远不及今天的情况。进一步说，那时候有些产品类别甚至根本就不存在，而仅仅几年的时间，智能照明作为一个完美的例子，就跨越了一个漫长的路程，从零开始，直至成为智能楼宇自动化领域最热门的分支之一。

这些成熟标准中，有一个就是蓝

MAREK WIERZBICKI 是 Silvair (silvair.com) 公司首席营销官。

牙，它是一种看起来永远在我们周围的无线通信协议，具有无可匹敌的品牌认知度。然而，由于一些非常特殊的原因，目前它并没有被看作是先进楼宇自动化方案的一个可行选项。蓝牙特别兴趣组织（SIG）——一个有着 28000 名成员的强大实体，它监督着蓝牙标准的开发——声称，一旦将网状网支持引入到该协议的核心规范，这一点将发生改变。我们距离这一发布的时间只有几个月，所以让我们来看看到底会发生什么。

传统蓝牙与智能蓝牙

对那些不熟悉蓝牙无线通信领域最近发展的人来说，围绕着蓝牙的各种声音可能让人觉得疑惑。毕竟，蓝牙协议最初出现的时候，

还不存在物联网这个概念。但许多人仍然不知道的是，今天的蓝牙与过去的蓝牙已经完全不一样了。

早期的蓝牙又称作传统蓝牙（Bluetooth Classic），其设计的目标是实现短距离通信，取代点对点通信中的连接电缆。最初，其主要用途是在移动电话之间实现数据同步，但很快便发展成在个人通信设备（移动电话、电脑、个人数字助理等）与外围设备（耳机、无线键盘和鼠标、打印机等等）之间进行无线数据交互的默认技术。多个设备可以组成一个微型个人局域网（PAN），因此，就需要一个独立的中央控制设备来协调最多七个活跃外设之间的行为。

快速前进到 2010 年，蓝牙核心规范 4.0 发布，它引入了低功耗蓝牙（BLE）技术，其更普遍的称呼是智能蓝牙（Bluetooth Smart）。这就是蓝牙技术在物联网中的故事真正开始的

地方。智能蓝牙的设计，是为了专门解决新一代智能设备的需求，它们大多使用电池供电，因此需要快速的连接时间和高效的功率管理，以减小不必要的能耗。

新规范将蓝牙的用途扩展到一个全新的产品范畴，使之最终成为各种可穿戴设备的缺省技术。不过，

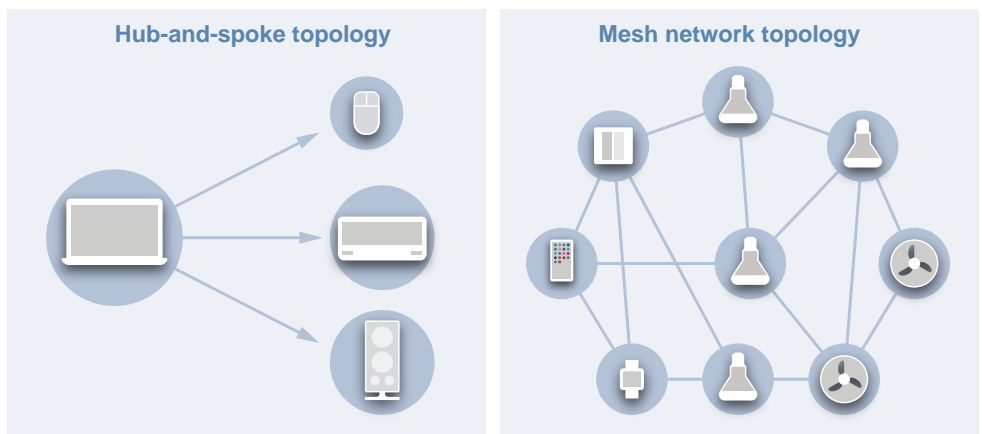


图 2：传统蓝牙依赖于一种中心辐射形拓扑结构，而商用智能照明要求使用网状网来实现通信。

尽管智能蓝牙无线技术有着一些非常突出的特性，该协议并没有在智能楼宇应用中产生实质性的影响。智能家居被其它各种低功耗技术统治着，主要是 ZigBee 和 Z-Wave，无线通信也从没在商用场所取得真正的成功。由于各种现行的低功耗通信标准都有着某种重要缺陷，物业经理们更愿意继续使用有线方案，觉得它们可靠得多。

之所以智能蓝牙从未被认为是楼宇自动化应用的一个重要竞争者，原因在于其最初的设计是为了实现中心辐射形拓扑网络（图 2）。对智能照明来说，其所要求的东西远不止于此。要实现大量智能灯泡之间的可靠联网，就至少要具有点对点以及更大范围的通信能力，而智能蓝牙的核心规范确实不具有这种能力。这种中心辐射模式无法与 ZigBee 或 Z-Wave 网络的网状拓扑结构相比，也正因

此，在其所专注的领域中，蓝牙技术完全不具备与这两种技术进行竞争的能力。

能实现网状组网吗？

尽管智能蓝牙的核心规范中并不包含对网状网的支持，有些公司已经注意到使用这种特别的通信标准来组

建网状网络并非一个坏主意。2014 年，Silvair（当时叫 Seed Labs）公司开始基于智能蓝牙来构造网状网架构。将这个协议的单跳架构转换成一种强壮的（robust）多跳、点对点网络，是非常有挑战性的，但潜在的回报也非常高。

基于智能蓝牙的网状网也能提供卓越的性能，而蓝牙无线技术的核心特性让我们克服了其他通信协议很难处理的各种挑战。显然，尽管我们确实努力维持了与智能蓝牙核心规范的兼容性，但是 Silvair 开发的技术还是具有自己的知识产权的。

在收到来自 Silvair 和其它致力于网状网解决方案专有技术的公司所提供的反馈之后，蓝牙特别兴趣组织意识到不能浪费这样的机会。2015 年 2 月，它宣布成立“智能蓝牙网状网工作组”。该工作组的目标是对网状网功能进行标准化，并将它纳入到蓝

牙协议的核心规范之中。原本相互竞争的公司坐在一起分享它们的经验，并寻找实现智能蓝牙网状网架构的最佳方法。在接近 2015 年年底的时候，SIG 正式确认，蓝牙网状网的开发走上了正轨，该标准将在 2016 年的某个时候被采纳。此外，新标准将包含与数据速率和智能蓝牙的通信距离相关的一些主要改进。

基于智能蓝牙的标准化网状网架构进展顺利，将成为一种强有力的框架，在一些最富挑战性的应用中得到稳健而富于扩展性的实施。参与到开发的过程并见证我们的许多概念被集成到这个全球性标准之中，那是一种非常特别的感受。现在，我们是智能蓝牙网状网工作组的主要贡献者之一。在 SIG 自己正式宣布之前，有关这个即将到来的网状网标准的细节仍然是严格保密的，但我们可以就 Silvair 网状网技术背后的基本概念让你先睹为快，让你对基于蓝牙的网状网到底是一个什么情况有一个良好的了解。

相遇网状网

Silvair 网状网的开发，就是让用户能构建他们自己的智能网状网，其中，一个或多个移动设备（智能电话或平板）可以控制一个或多个支持网状网的外设（比如灯泡、传感器、调光器、开关等）。在安装了网状网软

件协议栈——基本上是一个增强的智能蓝牙栈——之后，这些设备就能使用称作 GATT（通用属性剖面）的蓝牙协议标准机制，通过智能蓝牙无线技术来实现相互通信以及与中央控制器之间的通信。这意味着所有支持网状网的外设可以创建它们自己的自主网状网，而无需任何中央控制（中控）设备的操作。

基于智能蓝牙技术来实现 Silvair 网状网的决策是有意为之的行为，因为它意味着，其生态系统将与所有现存智能蓝牙设备和芯片组兼容。例如，Silvair 网状网中包含了一个高性能的蓝牙控制器和一个新型网络安全管理器，以及安全的无线（OTA）升级功能，它意味着设备可以在任何时候被升级到最新的固件版本。

这种仔细设计的网状网软件栈可以被安装到任何兼容的蓝牙芯片上。Silvair 还开发了一个包含多个模块的参考设计，为大型项目（例如商用楼宇项目）提供最佳的解决方案。这些模块中，有德州仪器的 CC254x 系列标准蓝牙模块（固件经过升级）、一个放大器、以及一个天线模块。系统工作在 +10dBm 的发射（Tx）功率以及 -98dBm 的接收（Rx）灵敏度上，实现了 108dB 的无线链路预算，它意味着开放空间中 1500 英尺（约 500 米）的通信距离。在建筑物内部，这个值显然要小很多，且与多种因素有关，

但它仍然是比较大的。

需要明白的一件重要事情就是，网状网的实现是一个纯粹的软件方案。它意味着今天智能手机中的智能蓝牙芯片组，可以用来控制那些使用了 Silvair 网状网这类专有技术的设备，并且，一旦 SIG 采纳了该标准，它将仍能完美适用于对网状网的控制和管理。前述的软件栈被用于标准智能蓝牙协议栈的网络层和应用层，如图 3 所示。

网状网如何工作

现在，让我们来看看网状网扩展功能是如何工作的。在 Silvair 网状网中有两种通信方式：中央控制器（中控）到外设，以及外设到外设。在网状网组建完成之后，就不再需要后续的中控 - 外设通信了。

中控设备通常是智能手机和平板。此类设备一般会运行某种控制软件。在 Silvair 案例中，我们分别为 iOS 和安卓开发了一款应用。中控设备用来对网络进行配置和管理，同时还能对外设进行软件更新。中控设备使用智能蓝牙的标准 GATT 服务连接到外设。尽管此类连接完全兼容于蓝牙 4.0 协议，它还是采用了独特的专有技术，允许同时使用多个智能手机来控制 8 个以上的外设，而 8 是蓝牙 4.0 标准协议的上限。

外围设备是网状网的组网节点。

一个健壮的网状网的实现，必须允许外设之间的相互通信，并作为中继将消息在网状网中传递。这是与原始智能蓝牙架构的一个根本区别，同时，它还考虑到使用多播（一对多）通信来实现对整个设备组的控制——例如，对门厅的

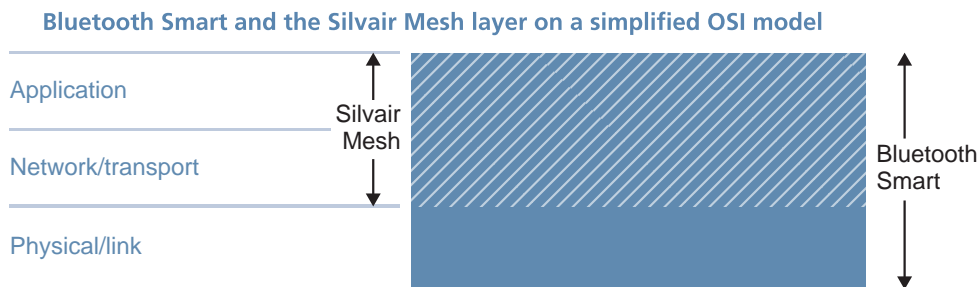


图 3: 智能网状网功能被以软件的形式在网络层、传输层和应用层中添加到蓝牙设备，它不会影响物理层和链路层的工作，后者由无线芯片和模块来实现。

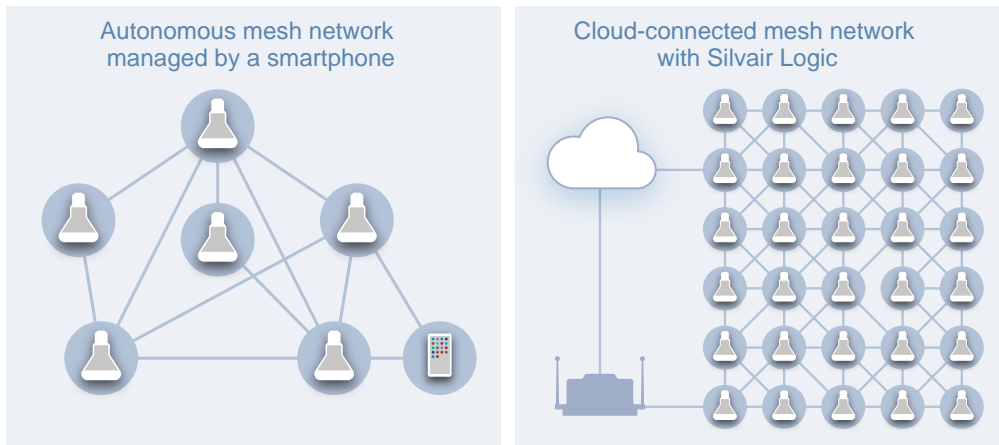


图4：Silvair 网状网方案支持通过单一手机或平板来控制的小型网状组网，以及通过与专有云连接的服务器来实现的复杂网络组网。

一组顶灯进行调光。Silvair 网状网方案允许多达 63 跳的传输，使之能覆盖到非常广泛的外部区域，相较而言，使用其它设备则需要组建更为复杂或昂贵的网络。

Silvair 方案中引入的一个最有意义的概念是无连接（connectionless）通信，它意味着每个外设可以在网络中广播自己的状态。结果，像灯具、风扇、窗帘及其它具备网状组网能力的设备都会被自动显示在中控设备的应用软件之中，它不只是一张简单的可用设备列表，它带有各种可被用户控制的非常具体的参数——比如，开/关、色度、温度、风扇速度或窗帘位置等等。用户做出的每一个状态改变都被立即广播至整个网络，网络中的每个控制设备也被立即更新到最新的状态。

网络建立

恰如商业应用将被要求的，Silvair 网状网软件支持任意大小的网络的组建，只是在大型网络和小型网络中所使用的方法有所区别。包含最多 30 个设备的小型网络，通过智能手机或平板上的应用软件就能进行组建和管理。蓝牙的即插即用特性，以

及市场上所有智能手机和平板都原生支持该协议的事实，使得整个过程极其简单和直观。应用软件检测并显示位于其周围的组网设备。用户选择要添加到网络的设备并给网络命名。一旦添加到网络，设备之间就能如我们所愿地实现关联并建立联系。之后，智能手机可以关机，而设备之间的连接将依然保持原位（图 4）。

对于超过 30 个设备的组网，或者那些要求实现更复杂的关联、场景以及网络监控服务的设备，最好是使用某种服务器或管理设备来建设。在 Silvair 的案例中，使用了一个名叫 Silvair Logic 的嵌入式服务器来实现所有的逻辑功能，通过一个浏览器接口来控制整个网络、检测所有外设的状态并报告各种问题及非正常事件。

其它网状组网需求

在蓝牙网状网方案中还有一些其它的要点我们将在这里简要提及。首先，对控制设备需要有一个权限的概念，它确保对网络中的设备实现正确的管理。Silvair 软件栈实现了四级权限：1) 管理员——可以操作网络中的所有设备，实现对设备的配置并管理其它用户的权限；2) 家庭成员——

可以操作网络中的所有设备，但不能对它们进行配置和管理；3) 客人——对网络中的选定设备进行有限权限的操作；4) 临时用户——只能以一对一的方式对公共设备进行操作（无法访问网络）。

类似地，网络节点或外围设备需要有能够提供有关工作状态和可编程能力的信息。Silvair 软件栈定义了三种外围设备状态：

1) 出厂配置——设备以该状态离开工厂并具备了投入使用的条件；2) 私有状态——所有通信都经过加密，只有拥有匹配密钥的用户能够对状态信息解密并对设备进行控制；3) 公共状态——状态信息和选定的控制功能没有加密且能被任何人访问。

蓝牙的不同之处

在这里，有人也许会问，为何智能蓝牙网状网方案会比市场上其它网状网协议更有优势呢？简单地说，这都是无线技术惹的祸。出于低功耗及低带宽通信标准，没有其它协议具有接近于智能蓝牙那样的高品质性能。这使得该协议能够解决像智能照明这样的苛刻应用中的一些最困难的问题，其中，多播、同步操作和响应速度都是必须拥有的特性。

我们对许多其它技术进行了彻底的测试，我们也确切知道为何既有的网状网协议无法提供智能照明体验来满足对可靠性和可扩展性要求极高的环境的需要。我们坚定地相信，智能蓝牙网状网标准在今年的出台，可能会最终开启让智能照明网络在专业应用领域广泛使用的大门。LEDC

（姜换新 译）