

蓝牙Mesh为物联网智能照明铺平了道路

RUSS SHARER

富勒姆有限公司

随着建筑物业主和运营商考虑照明控制网络，SSL 行业已经围绕开放的蓝牙 Mesh 标准建立了支持。本文概述了互操作性和其他功能如何推动基于网格的物联网照明的发展势头。

智能 LED 照明控制的好处已经存在了一段时间，但直到现在，实施全建筑照明控制系统仍然是一个挑战。现在就有多种潜在的整合策略，更不用说改造与新建筑的不同要求和产品。如果没有单一的主导控制技术，由于没有人愿意支持错误的技术，因此采用照明控制的速度很慢。与此同时，全建筑照明控制的好处似乎太大了，不容忽视。随着建筑物所有者和运营商寻求使用强大的照明控制基础设施作为基于物联网（IoT）或其他技术的建筑物管理系统的骨架，许多这些限制正被消除。我们认为，第一步是新的蓝牙 Mesh 通用标准，它是开放式和可扩展的照明控制，而且还有很多优势。

根据美国绿色建筑委员会的报告，建筑物消耗了美国 70% 的电力负荷，占二氧化碳排放量的 39%。百分之七十的电能用于照明。美国能源部估计，建筑物占美国能源消耗的 40%，浪费约占其消耗量的 30%。这相当于每

年约 1000 亿美元的运营成本。这些数据推动了智能照明控制，甚至智能建筑能源管理的采用，以降低正常日常建筑运营中的能耗。

商业建筑管理者已经开始通过改用 LED 照明来降低能源成本。实际上，办公室照明的总体电力消耗从 2003 年到 2012 年的总使用量的 38% 下降到了 17%，这主要得益于 LED 改造（图 1），Gartner 预测增加智能照明最终可以节省的成本高达 90%。

节约能源和资金只是实施智能照明控制的最初好处。通过采用通用标准或语言，供应商可以超越照明控制，从而实现建筑自动化和智慧城市。灯具在物联网的道路上具有很大的前景，特别是在商业建筑中，它们很普遍，具有可靠的电源，并且比任何其他类型的电气设备（包括墙壁插座）更均匀。将传感器放置在这些灯具中可扩展监控和控制信息，提供对 HVAC、安全系统、紧急警报等的控制潜力。城市路灯也是如此，路灯传感器可以用来监控市民的交通、天气和提供其他增值服务。照明控制及其相关通信将基础设施从单一用途（照明）扩展到多种应用和服务的推动者。

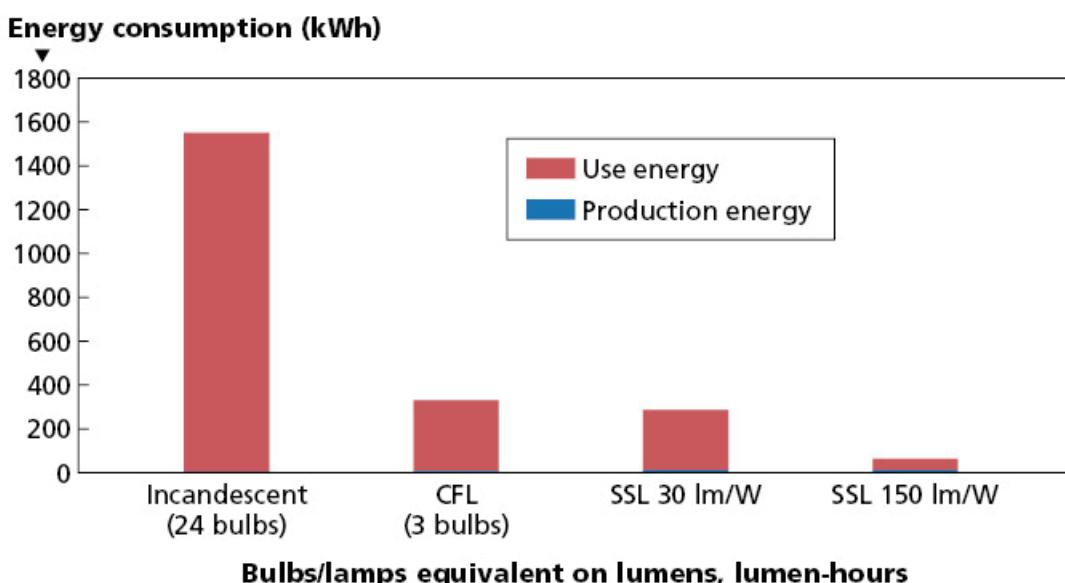


图 1 与白炽灯和紧凑型荧光灯（CFL）相比，采用基于 LED 的固态照明（SSL）灯选项，能耗显著降低。

聪明照明转向智能照明

为 LED 照明设备构建智能是智能照明基础设施的第一步。许多固态照明 (SSL) 灯具已经具有嵌入式可编程功能，可以调节光线特性，如色调、光强度、调光和能耗；富勒姆称之为“聪明”的灯光。借助嵌入式可编程功能，可以在工厂或现场调整灯具的特定输出特性，当您添加无线通信时，您可以创建智能照明框架。而向照明系统提供输入的传感器完善了智能、可控的照明网络。

有不同的方法来处理照明通信。将硬线灯具连接到基于 IP 的中央网络是一种方法。例如，对于新建筑物，用 10BASE-T 以太网电缆代替传统布线使用计算机网络进行直流电源和控制。LED 灯具可以使用以太网供电(PoE) 供电，IEEE 802.3 标准规定电力和数据均通过相同的 6 类网络电缆传输。虽然 PoE 不能为荧光灯提供足够的电力，但它为大多数 LED 灯具提供了足够的电力，并且当您考虑直接网络连接消除了对 AC 到 DC 电源的需求时，它是节能的。

直接联网 LED 灯具可以完全控制；它简化了调试和设备控制。使用建筑物的以太网网络可以对功耗、照明特性和光照水平进行集中控制，甚至可以监控和调节热量，所有这些都可以通过任何配备 Web 浏览器的设备在安全的企业 IT 基础设施进行访问。同样的以太网基础设施——当配备传感器时——为灯具提供方向，以集中监控环境光、温度、湿度和占用情况。传感器收集的数据可以扩展到其他控制系统，包括 HVAC、窗户覆盖物、火灾报警器等——这是物联网控制的完美基础设施。

然而，现有商业建筑的数量大大超过新建筑。新的建筑空间每年仅占商业空间的 7-8%，并且仍在使用的商业建筑中有一半至少有 60 年的历史。更换现有布线以适应以太网供电的智能照明是不切实际的。事实上，分析师估计，到 2025 年，50% 的 LED 灯具市场将用于照明改造。这就是为什么该行业正在积极评估照明控制连接的无线技术。

有许多用于照明的无线标准，例如 ZigBee，其由 Connected Lighting Alliance 支持。还有用于家庭自动化的 Zwave，甚至 Wi-Fi，它已被广泛接受用于商业和住宅 IT 使用。问题是，当应用于照明时，这些标准只能提供专有的单一供应商解决方案。

另一方面，蓝牙 Mesh 正在获得无线照明控制的市场动力，因为它是开放的，可以从多个供应商中进行选择，并且可以扩展到涵盖各种照明设备。蓝牙是一个定义明确

且全面记录的标准，因此符合该标准的供应商可以保证蓝牙互操作性。例如，每个智能手机都内置蓝牙，无论制造商是谁，一个供应商的蓝牙智能手机都可以与其他所有智能手机和支持蓝牙的设备进行通信。采用蓝牙 Mesh 不仅可以保证无线连接灯具传感器，还可以确保与其他蓝牙设备的互操作性。

蓝牙 Mesh 提供强大的控制网络

作为爱立信于 1998 年创建的蓝牙标准的扩展，蓝牙 Mesh 是一种无线电网络架构，旨在扩展以连接数千台设备。蓝牙 Mesh 标准提供与任何蓝牙设备的开箱即用连接。

蓝牙最初是为点对点设备连接而开发的，而蓝牙 Mesh 作为“泛洪网络”运行，在与附近网络相关的所有设备之间提供同步的多对多通信（图 2）。蓝牙 Mesh 通过每个传出连接发送每个传入的数据包，以在蓝牙设备的网格上共享数据。蓝牙 Mesh 可扩展且快速（高达 1 Mbit/s），并且没有单点故障。网状拓扑使蓝牙 Mesh 健壮可靠，并将其建立为可靠的通信框架。

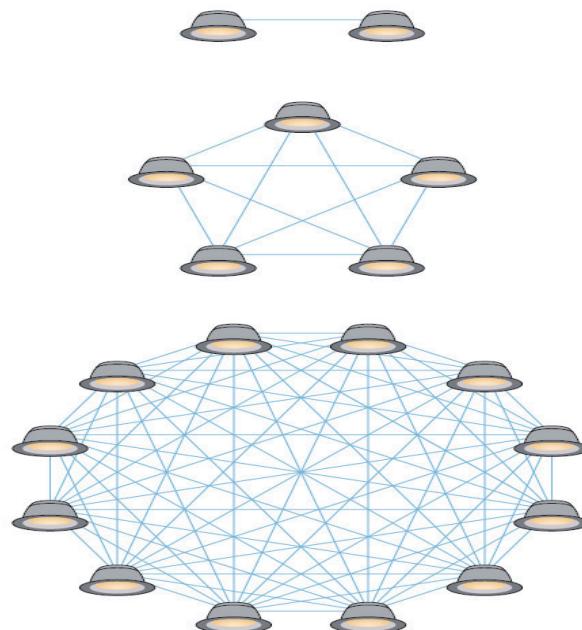


图 2 蓝牙 Mesh 网络的价值在于其扩展范围的可扩展性，连接多点架构中的许多设备以及根据需要重新路由通信。

蓝牙 Mesh 确保了兼容性，因为标准定义明确，产品必须由蓝牙 SIG 认证。由于蓝牙 Mesh 具有自我修复功能，您可以在不需要重新编程的情况下添加或删除设备，也可以根据需要添加或删除设备，而不会中断。如果设备发生

故障或信号被阻止，则网络会通过重新路由数据进行补偿。

蓝牙 Mesh 数据包最多可达 384 个字节，但大多数消息为 11 字节——对于大多数机器到机器或者在灯具到灯具通讯来说已经足够了。消息以一个字节的操作码（对于特殊消息）开始，然后包括 2 个字节用于标准消息或 3 个字节用于特定于供应商的消息。每个蓝牙消息还包括源和目标地址，以及防止重放攻击的序列号。

蓝牙还可以与庞大的无线设备基础兼容。智能手机和平板电脑等手持设备可配备蓝牙应用程序，用于照明控制。此外，在严格的安全框架内，可以将其他蓝牙设备添加到同一网状网络中。

使用蓝牙 Mesh 进行智能照明的一个优点是它可以支持双向通信。这意味着相同的网状基础设施可用于调试智能照明解决方案和监控灯具性能。一旦灯具传感器就位，相同的基础设施可用于监控其他建筑条件，如占用或温度，并将信息发送回控制系统。

通过双向通信，传感器可用于测量环境光，将信息发送回控制系统，然后控制系统发出指令以使灯具更亮或更暗。检测空间中的存在的传感器不仅可以打开灯，还可以发信号通知 HVAC 冷却或加热空间，同时通知安全系统有人在建筑物中，并将办公室电话切换到可用或至少在线。

既安全又稳定

随着世界变得更加紧密，网络安全成为一个更大的问题。提供双向无线照明控制作为建筑物管理基础设施的一部分可能会使黑客能够访问建筑物安全等系统，并为连接的商业网络上的敏感数据提供后门。

蓝牙 Mesh 具有加密和身份验证的安全性。使用两个

解密密钥对所有蓝牙通信进行加密：1) 分配给特定网络的网络密钥和 2) 与特定功能相关的应用密钥，例如打开灯而不是配置灯。加密标准是市场上最先进的标准之一，几乎不可能打入蓝牙 Mesh 照明控制网格。

蓝牙认证使用质询—响应模式，其中认证过程中的每个设备都是验证者或申请者；验证者正在寻求验证设备身份，而求配者需要证明其身份。使用蓝牙链接验证密钥进行验证。

最后，为了提高安全性，蓝牙 Mesh 还可以分为单独的子网或组，每个子网或组都有自己的加密和身份验证模式。该系统旨在防御恶意数据传输重复和延迟等攻击，从而与网格分离的设备中提取密码等等。

蓝牙 Mesh 支持多种标准

蓝牙 Mesh 最令人困惑的部分之一就是它支持的软件。为此，标准有多个选项。蓝牙 Mesh 标准不仅包含无线网络和网格的定义，还包含打开和关闭灯光的上层应用程序，并提供调暗和调整照明特性。但是，开发人员还可以使用蓝牙无线电和 Mesh 网，并使用不同的高级软件——就像 Wi-Fi 网络可以说 IP，或某种专有的机器对机器语言一样。

最初，这对于智能照明部署来说可能很棘手，因为供应商正在推广使用标准、专有和 IPv6 软件的蓝牙 Mesh 网络。重要的是指定者和承包商确保他们使用一致的方式。在查看真正的蓝牙 Mesh 标准时，它将被记录为 SIG 合格或合格。其他任何东西都将具有有限的多供应商互操作性（图 3）——这意味着安装可以部署的灯具，传感器和开关的选择受到更多限制。

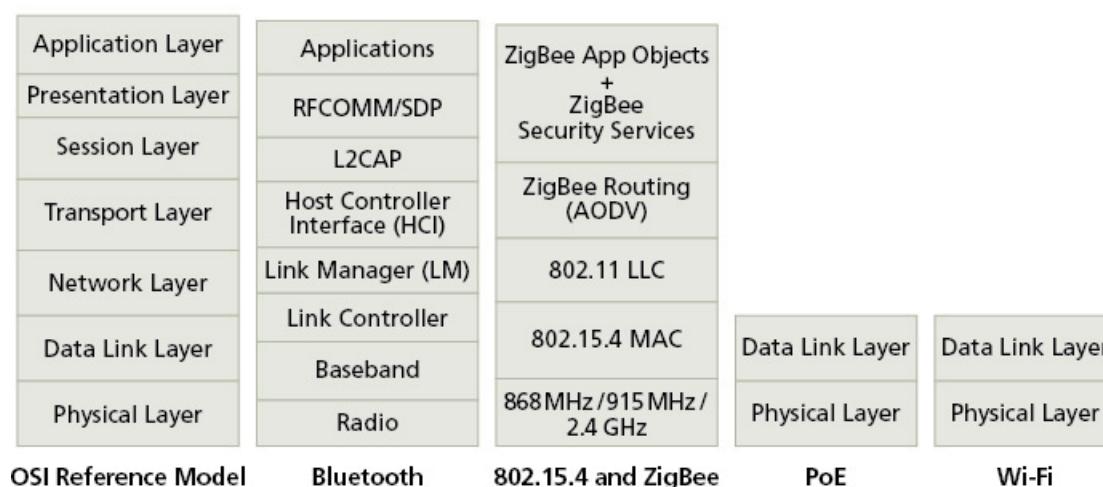


图 3 蓝牙 Mesh 等开放标准的互操作性特征是推动其对物联网应用支持的因素之一

物联网的潜能似乎已经准备好推动对无线照明控制的需求。由于每年的商业建筑有限，建筑管理者将依靠蓝牙 Mesh 来改造照明控制连接。一旦安装完毕，灯具就可以支持各种照明控制系统，然后继续为物联网基础设施提供远远超出照明的能力。

照明控制发展的下一步将是制造商提供安装了传感器的 SIG 合格蓝牙 Mesh 灯具。这些将易于安装并提供相对快速的投资回报。一旦这个蓝牙 Mesh 框架到位，在提供双向的机器对机器通信之后，智能建筑控制提供的可能性是无穷无尽的。

上接33页

Ketra 表示正在开发新的用户界面，并希望能够支持 Alexa 或 Apple HomeKit 和 Siri 等产品。并意识到 Ketra 的平台最初目标是商业空间。在较新的商业领域，照明总是得到全面控制，而 Alexa 等产品并未使用。但随着可调照明成本的下降，我们肯定会看到住宅环境中以人为本的照明需求更多。

自然光体验

虽然控制和调试经验具有挑战性，但房主绝对喜欢整体照明体验。睡眠周期有所改善。厨房等空间的灯光可以在诸如柜台等任务表面上提供更好的照明。照明增强了电视观看等活动。娱乐设置可以成为派对的生命。

尽管如此，这个空间的整体舒适性让房主最为惊讶。这几乎是不可量化的。但是，在以人为本的照明设施生活数月之后，房主发现其他地方的照明——朋友和家人的住所、公共娱乐场所、工作场所等——显然是不舒服的。

回到那个家，自然光线体验提供了一个值得欢迎的喘息机会。

事实上，我们在本文前面提到过，关于什么光配方可以保证更好的睡眠或提高生产力的争论仍然存在。没有人有确切的答案。但是，如家庭改造这样的项目清楚地表明，SSL 行业可以追求以人为本的照明装置，同时不会对暴露在光线下的人造成伤害。事实上，接触这种照明的人可能会有积极的体验。

不幸的是，LED 和 SSL 行业几乎完全专注于能源效率，尤其是在商业环境中。第一个目标是削减电力成本。这是一个有价值的目标，尽管光的质量总是重要的。

我们希望随着照明行业从一些称为 LED 化的能源聚焦阶段，转向寻找可从 LED 光源获得的其他价值和收益的下一阶段，以人为中心的照明是其中一个概念，而且它一定会闪耀。像 Ketra 这样的公司完全专注于这一使命，并证明他们仍然可以提供能源效率和自然光线体验。