家庭数字化：家用电器无线

Saranjit Gupta

摘　要：从远程控制和智能辅助，到帮助节省能源，Wi-Fi和蓝牙相结合，可提供独特的功能和优势。

许多智能家电都不算智能。它们以有限的方式使用连接来远程控制设备。但物联网（IoT）使我们能够实现比这更多的功能。

今天的消费者对互联世界的生活有着一种复杂的认识，而智能互联网服务已经变得比第一代联网白色家电更加成熟。消费者的期望给智能家电的制造商和零售商带来了一个有趣的挑战，从而推动他们创新新功能和服务。

所有主要的家电制造商都在准备迎接挑战，并将下一代家庭数字化推向市场。互联网和连接不再仅仅是附加功能；它们现在处于产品定位和品牌延伸的核心，这是人们几年前从未想象过的捆绑服务。

你能期待什么样的智能服务？

远程控制：云连接使您可以从住宅外控制设备。例如，能够查看房屋内有关室温的实时信息，并在您离开办公室时打开空调。图 1 显示了另一个远程控制示例。

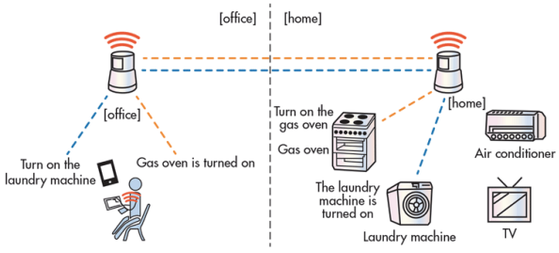

图 1　智能手机通过 Wi-Fi 和互联网启用无线遥控器

智能辅助：智能设备可以通过说明家庭的运作情况，来提供有用的提示，帮助消费者做出明智的决策。例如，在其特殊隔间内具有新鲜度检测传感器的联网冰箱，可以指示存储在其中的原始物品的新鲜度。使用相对新鲜度指数和产品的预期保质期，它可以进一步指导用户首先使用哪些物品。冰箱还可以将来自合作伙伴网站的食谱与食物一起使用，并提供有关晚餐烹饪的建议。

生态系统互操作性：联网设备的内联网可以形成一个有凝聚力的生态系统，以在设备之间建立协同效应。例如，一旦用户从冰箱建议的列表中选择了食谱，冰箱就可以通知烤箱根据即将烹饪的内容将自己设置到适当的预热条件。

语音控制：像 Apple 的 Siri 和亚马逊的 Alexa 这样的语音控制越来越受欢迎和被接受，并且正在厨房中得到广泛应用（图 2）。现在，家用电器可以依靠这些消费电子产品趋势，来实现无缝语音控制。例如，用户可以向洗衣机发出语音指令以开始洗涤或使干燥器开始干燥。

图 2　通过 Amazon Echo、谷歌 Home 等设备进行语音控制正变得越来越普遍

补货：设备可以自动向电子商务门户发出补货订单。亚马逊通过其 Dash 按钮证明了这一功能，从而使得用户能够轻松订购特定的 SKU 洗涤剂。现在洗衣机等设备可以嵌入补货功能。 此外，设备还可以跟踪使用情况统计信息并自动进行排序。

节能：设备可以利用联网的生态系统智能地使用电力，并利用较低的使用率。例如，干衣机可以与 Nest 学习恒温器同步（图 3）。根据您的家庭和离家模式，烘干机可以将

图 3　节能是 Nest 恒温器等设备无线控制和监控的一大优势

洗衣周期自动延迟到电能高峰时间，以优化能源效率和速率。

服务和修复：全天候的机器状态监控是添加云连接的一个更有说服力的理由，它可以访问配置表，从而在问题发生时进行诊断。例如，当设备服务人员收到服务呼叫过来时，他或她已经被告知该问题。这显著改善了修复时间和有效性。它还可以通过无线（OTA）固件升级来远程修复软件问题。

数字抽象：数字化设计的一个重要部分是添加软件抽象层以区分功能和产品，以便在整个产品线中使用相同的底层硬件机箱。Netflix 和亚马逊 Prime 这样的服务改变了电视的观看方式。观众在他们想要的时候观看他们想要的东西。家用电器也可以延伸采用这种“为您使用的付费”服务。

例如，消费者可以从简单的无线控制烤箱升级到语音控制版本，甚至可以升级到能够提供食谱创意的烤箱。根据定价政策，用户甚至可以在度假离开家时降级服务。通过这种方式，消费者将能够动态地选择和定制其设备的功能集。使用无线固件（FW）升级可以实现定制，与蓝牙（链路速度更慢）相比，它可以与 WLAN 无缝协作（图 4）。

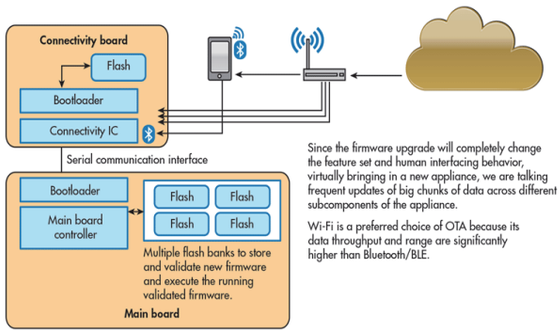

图 4 Wi-Fi 是设备固件(FW)无线(OTA)升级的主要无线选择

开发人员面临的创新挑战有两个方面：显然，使不同的服务成为可能，并迅速将其推向市场是非常重要的。但同样重要的是提供一流的连接性能。这是因为基准消费者将会与智能手机和平板电脑等高端消费设备、BOM 可能远远高于家用电器的设备，进行连接体验比较。

无线协议的选择

许多早期联网的设备使用蓝牙（BT）或蓝牙低功耗（BLE）与智能手机和平板电脑进行通信。但是，随着性能要求的提高，它们很快就会迁移到 WLAN，它通常称为 Wi-Fi。原因很明显：WLAN 无处不在，由于家庭中广泛安装的路由器基础，它构成了物联网基础设施的支柱，并且在智能家庭中实现互联网连接的需求方面，它提供的吞吐量和范围更大。

图 5 和图 6 中的图表显示了传输 10 kB 数据时最新 WLAN 和蓝牙标准的相对比较。请注意，WLAN(802.11ac) 比 BLE 标准快大约 200 至 300 倍。

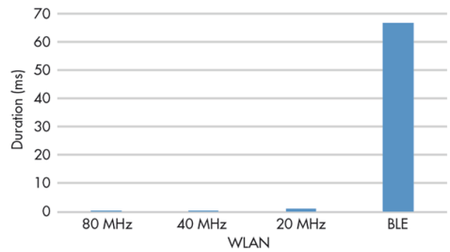

图 5 该图表显示了 Wi-Fi（WLAN）和蓝牙低功耗（BLE）的 10K 数据的传输时间

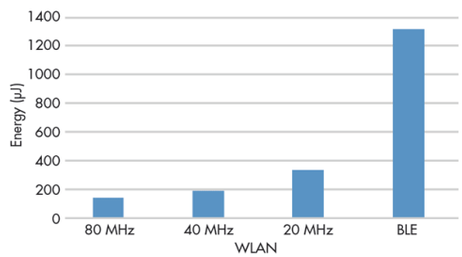

图 6 该图表显示了 Wi-Fi（WLAN）和蓝牙低功耗（BLE）传输 10K 数据的能量

• 减少传输时间：无线电传输速度更快，从而导致 ISM 频段拥塞减少

• 更好的电池寿命：即使 WLAN 占用更多功率 / 比特，但较大数据集的吞吐量 / 平均功耗较高

这并不是说蓝牙与智能家电无关。蓝牙比 WLAN 更好地使用案例有很多，特别是在 BLE 出现之后。因此，为了在多种用例场景中提供无缝性能，WLAN 和 BT / BLE 相互补充的组合对于某些设备来说是更好的选择。

过去，由于使用相同的 2.4-GHz 频段，因此在实施 Wi-Fi 和蓝牙方面存在挑战，因为必须解决潜在的共存问题。然而，今天的无线供应商已经集成了支持蓝牙和 Wi-Fi 并发运行的解决方案。例如，智能手机可以使用 Wi-Fi 从网

络流式传输音乐，并在蓝牙耳机上播放，没有任何可识别的延迟。

虽然在当今高性能通信领域，无线标准和技术比比皆是，但经过验证的 Wi-Fi 和蓝牙在家用电器领域占主导地位。

在家用电器实施中，有几十种短程无线技术可供选择。这些是监视和控制几乎所有物联网（IoT）的更广泛运动的一部分。家电只是一个细分市场。

除了本文第 1 部分中讨论的流行的 Wi-Fi 和蓝牙(BT)标准外，设计人员还可以选择其他标准，如 Zigbee、Z-Wave 和多个 IEEE 802.15.4 版本。尽管如此，设计师已经将 Wi-Fi 和 BT 应用于家用电器。即使在这两个标准中，也可以从多个版本中进行选择。使设计更容易决策的一种方法是在单个芯片上同时提供 Wi-Fi 和 BT 无线电。首先，让我们回顾并比较各个标准。

蓝牙概要

蓝牙（BT）是一种短距离点对点无线技术，使用 2.4 GHz ISM 频段，用于构建个人局域网（PAN）。蓝牙由电信供应商爱立信于 1994 年发明，由蓝牙特别兴趣小组（SIG）管理。有多个版本可供选择：

BT 1.x：这个几乎灭绝的版本允许蓝牙通信达到理论最大值 1 Mb/s，称为基本速率（BR）。

BT 2.x：此版本增加了 3 Mb/s 吞吐量的扩展数据速率（EDR）选项。

BT 3.x：此版本引入了通过备用层发送数据以实现高速（HS）数据速率的选项。

BT 4.x：蓝牙规范的第 4 代进行了彻底的改变，并引入了蓝牙低功耗（BLE），这是为了实现极低的数据速率并以极低的功耗运行。虽然符号速率限制在 1 Mb/s 与 3 Mb/s EDR，但与 BT classic 相比，功耗已降至至少一半甚至更低。BLE 还可以改善从非连接状态到发送数据的延迟。BT classic 的延迟为 100 ms +。而 BLE 将其减少到 <6 ms。支持可选 LE 功能的设备仅与旧版 BT 产品不向后兼容。这些被称为 BLE 或蓝牙智能设备。支持 BTclassic 速率和 BLE 的设备称为蓝牙智能就绪。

BT 5.x：在蓝牙的最新版本中，大部分改进都在 BLE 前端。PHY 速率已扩展到 2 Mb/s,广告（advertisement）功能和通信范围扩展的可能性更大。从历史上看，蓝牙连接距离很短，理论上它可以在 10-100 米之间，但是对于所有实际目的，大多数设备都是 30 米。通过编码 PHY，BT 5.x 可以将范围提高 3-4 倍。

BT MESH：蓝牙技术联盟宣布推出一种新的 BLE MESH 协议，称为网络 V1，它允许不同的 BLE 节点形成一个自我修复的网状网络，从而扩展了连接设备的范围和可靠性。

Wi-Fi 概要

Wi-Fi 是一种用于无线局域网（原始名称为 WLAN）的技术，其设备基于 IEEE 802.11 标准。 Wi-Fi 兼容设备（称为站点）可以通过无线接入点连接到互联网。为了相互通信，设备必须通过路由器或接入点（AP）。现在，一个名为 Wi-Fi Direct 的新版本允许两个没有 AP 的 WLAN 设备进行点对点连接。

802.11：这是第一个 WLAN 标准，吞吐量最高为 2 Mb/s。它今天几乎不存在。

802.11b：IEEE 扩展了原始的 802.11 标准，以创建 802.11b 规范。它支持 11 Mb/s 的带宽，可与传统以太网相媲美。802.11b 使用与原始 802.11 标准相同的未经调节的无线电信令频率（2.4 GHz）。

802.11a：几乎与 802.11b 并行，IEEE 也开发了 802.11a 标准。然而，它没有像 802.11b 那样受欢迎和被广泛采用。802.11a 支持高达 54 Mb/s 的带宽，并在 5 GHz 左右的稳定频谱中提供信号。5 GHz 频段的干扰比 2.4 GHz 频段低得多，但与 802.11b 相比，其频率更高，从而缩短了 802.11a 网络的范围。它还降低了通过墙壁等障碍物的穿透力。

802.11g：该版本试图结合 802.11a 和 802.11b 的优点。802.11g 支持高达 54 Mb/s 的带宽，并使用 2.4 GHz 频率以获得更大的范围。802.11g 向后兼容 802.11b，这意味着 802.11g 接入点将与 802.11b 无线网络适配器配合使用，反之亦然。

802.11n:使用此版本，IEEE 提高了数据速率和范围。凭借新的调制技术以及多个无线信号和天线（多输入多输出 MIMO 技术）的使用，802.11n 可以实现高达 300 Mb/s 的网络带宽。它与 802.11b/g 具有双频和后向兼容性。

802.11ac：这是最新的 WLAN 标准，具有广泛的接入点安装基础。802.11ac 采用双频无线技术，支持 2.4 GHz 和 5 GHz Wi-Fi 频段的同时连接。802.11ac 提供与 802.11b/g/n 的向后兼容性，在 5 GHz 频段上的带宽额定速率高达 1300 Mb/s，在 2.4 GHz 频率下高达 450

Mb/s。

802.11ax：更新版本的 Wi-Fi 比 11ac 更快。使用 MIMO 和更宽带宽信道，数据速率可以达到接近 7 Gb/s 的峰值。对于大多数家用电器应用来说，这太过分了。

COMPARING BLUETOOTH AND WI-FI

	Bluetooth	WiFi
Frequency	2.4 GHz	2.4 GHz, 5 GHz
Bandwidth	LE 800 kb/s / EDR 3 Mb/s	AC 1300 Mb/s / N 300 Mb/s
Range	5-30 m	~100 m
Power consumption	Low	High
Hardware requirement	Bluetooth adapter on all devices connecting to each other	Wireless adapter on all devices, wireless router/access point

联网白电：采用蓝牙或 Wi-Fi，还是两者兼而有之？

从表中所示的比较来看，与 BLE 相比，Wi-Fi 是获得更高数据吞吐量和范围的明显赢家，BLE 的数据速率因较低功率而有所折衷。由于家用电器通常采用墙上插座，因此 WLAN 是首选的通信方式。

现在让我们仔细看看蓝牙或 BLE 最佳选择的用例，从而在与 WLAN 结合使用时提升价值。

提供新设备

供应（Provisioning ）是能够连接的设备的第一次加载（即电器第一次连接到互联网网关）。如果电器仅具有 Wi-Fi，则连接到网关的常规过程如图 1 所示，并解释如下：

图 1　仅配置 Wi-Fi 的电器

1. 通常智能手机是 Onboarder 或 Provisioner，它连接到家庭 Wi-Fi 接入点或网关。此设备控制一个充当 WLAN 设备的应用程序。Onboardee 则为电器。

2. 新解压缩的电器将作为软访问点（SoftAP）启动。

3. 智能手机应用程序连接到电器 SoftAP。在此过程中，智能手机会中断与主接入点（AP）的连接。

4. 一旦智能手机连接到设备 SoftAP，它就会共享其 W-Fi 用户凭据以连接到主要接入点。

5. 一旦收到凭据，电器 SoftAP 就会向智能手机发送确认。

6. 电器从 SoftAP 模式更改为 WLAN 站，并作为标准站连接到主接入点。随着电器从 SoftAP 过渡到设备，智能手机和电器之间的连接中断。

7. 智能手机连接回主接入点。这可能不会在所有可用的智能手机中自动发生。这取决于智能手机中的硬件和操作系统或 WLAN 驱动程序。这超出了家电制造商的控制范围。因此，此步骤可能需要手动干预。

8. 如果安装成功，电器此次通过云端向移动应用程序发送另一个确认（即电器通过接入点将确认发送到云端，并且如果移动电话已连接回主接入点，它也可以从云端获取确认消息）。

这种仅限 Wi-Fi 的入门方法具有多个风险 / 中断点；即有许多“岛状态”，其中 Onboarder（智能手机）、主接入点路由器（云端网关）和 Onboardee（电器）彼此不连接。

第 3 步是一个这样的例子。考虑智能手机应用程序何时从主要访问点断开连接，并与作为 SoftAP 启动的设备连接。如果连接到 SoftAP 时出现任何问题，则当手机中断与主 AP 的连接，并且无法连接到 SoftAP 时，可能会出现孤岛状态。

步骤 6 是另一个这样的实例，其中电器从 SoftAP 转换到站设备。它既不与智能手机连接，也不与主接入点连接。在步骤 4 中提供 Wi-Fi 凭据时，请考虑一个简单的输入错误的情况。电器将继续尝试使用无效凭据连接到接入点，并将一直发生故障，直到发生超时错误，这可能会持续很长时间，有可能是 10-15 分钟。然后，用户将在 10-15 分钟后收到移动应用程序的超时通知，但没有正确解释可能出现的问题根源。

除此之外，只有与最新操作系统版本兼容的最新智能手机和驱动程序，才有可能在 SoftAP 设备中断连接后，自动将智能手机重新连接到主 AP。因此，移动应用程序处理启动连接回主接入点路由器将变得极其复杂。由于它将取

决于智能手机的 WLAN 实现、OS 版本和相应的驱动程序，因此难以实现提供一致的用户体验。

智能设备的安装体验是用户如何感知和评价产品的主要标准之一。在 Apple 或 Android Play 商店中搜索此类手机应用的用户评论，可以看出由于糟糕的加载体验而导致的差评和负面评论的常见程度。因此，此处列出的每项风险不仅包括工程风险，还可能导致品牌损害。

另一种方法是 BT / BLE 配置，它更加简单和更有安全防护（图 2）。Onboarder 智能手机始终通过 WLAN 链路连接到 WLAN 接入点路由器，并且 BT 中央链路可用于在步骤 1 中与设备配对。

图 2　使用蓝牙配置设备更快更简单

该电器可以作为 BT 外围设备和 WLAN 站点被启动，从而消除了从 SoftAP 到站点的困难过渡。 Onboarder 智能手机应用程序的初始配对可以通过易于建立的蓝牙链接进行（步骤 2）。并且可以在步骤 3 中传输 WLAN 凭证，然后在确认所有通过 BT 发生的动作。

在步骤 5 中，当电器使用收到的凭据与主接入点建立 WLAN 连接时，智能手机仍然连接到设备，以便在正确建立 WLAN 连接的情况下实时监控。如果遇到错误，智能手机可以立即采取措施，避免出现等待直至超时状态的延迟。此外，由于智能手机通过 WLAN 接入点持续连接到云，因此云服务器可以继续向智能手机发送消息，例如来自错误状态的恢复指令。这使得用户能够完全了解情况，访问相关和及时的信息，并保持对加载进程的控制。

当电器 Wi-Fi 在步骤 6 中启动时，WLAN 链路通过云成为移动应用和设备之间主要使用的通信接口。

服务 - 技术配对

白色家电制造商维持庞大的服务工程师团队以运行现场客户支持。这种服务的质量和响应性无疑是家庭家电品牌的一个差异化因素。尽管在线监控机器状态可能会减少手动服务时间，但是却无法完全消除现场机器安装和维修服务的人为参与。

如果电器仅具有 WLAN 连接，则需要为服务代理提供用户凭据以登录到家庭网络，并连接到设备。但是，物联网安全性至关重要，一个小漏洞可能会危及整个网络安全。有鉴于此，将家庭网络登录凭据提供给未知代理，会被视为严重违反安全性，许多客户会反对这样的请求。

相反，当设备配备 BT / BLE 和 WLAN 时，代理可以通过特殊服务应用程序直接与设备进行点对点配对。由于这不需要 WLAN 连接，因此可确保家庭网关安全性不受影响。

传感器中心

每个智能家用电器都可以看作是机电嵌入式设备，其中多个传感器和执行器放置在整个设备的主体中。通常，主控制板通过各种串行有线通信链路连接到这些传感器和执行器板。然而，随着电器变得更加智能，它增加了这种传感器组件的数量和扩散，从而扩展了设备的认知行为。

在许多情况下，在设计布局和整体材料清单方面，将传感器无线连接到主控制板而不是有线连接是更好的想法。因此，维持与外部世界的无线连接的主通信板（也可以是主板的一部分）也可以用作控制有线或无线传感器的内联网的传感器集线器（即边缘节点）。图 3 显示了蓝牙传感器与构成小型网络的电器的连接。

图 3　电器中的蓝牙连接传感器形成一个小型网络，通过 Wi-Fi 从外部连接到其他设备。

即使通过更快和更长距离的 WLAN 更好地服务于互联网的外部连接，但是使用 BLE 可以更有效地实现轮询不同传感器以收集通常非常小（以位为单位）的数据流。即使主板或相关的连接子板是墙上插入式的，但传感器节点本身也经常在单个电池上运行。BLE 有助于延长电池寿命。因此，在主连接板上同时具有 WLAN 和 BT / BLE 可以提供能够无线地利用远程传感器的灵活性。

网关设备到 MESH

在家庭中扩展相同的概念，电器内的 WLAN-BT/BLE 组合，使其能够作为连接蓝牙 MESH 的 Wi-Fi 网关设备。BLE MESH 是一种基于最新蓝牙标准的新协议，用于连接 MESH 拓扑中的多个 BLE 设备，并扩展了标准蓝牙操作的范围（图 4）。

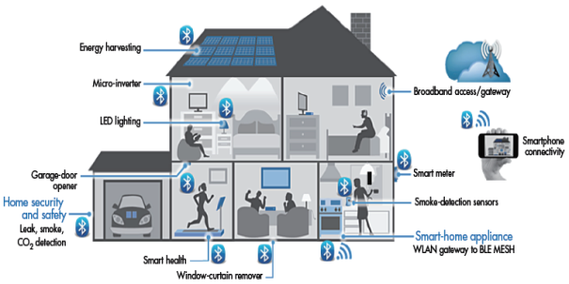

图 4　家内的蓝牙 MESH 网络以及 WLAN 网关，连接多种不同的电器和设备。

请考虑这样一个智能家居，跑步机上的用户（连接到智能手机应用程序）想要检查厨房末端蓝牙智能电表的读数。蓝牙范围有限，因此手机无法使用点对点蓝牙连接到达智能电表。然而，利用 MESH 协议，智能仪表可以将其读数发送到客厅中的幕帘去除器 BLE 节点。反过来，它将读数发送到跑步机中的健康监测器 BLE 节点，从而可以直接送入智能手机。通过这种方式，MESH 协议可以通过简单的跳跃机制扩展 BLE 的范围。

现在，同一个用户在家外，想要控制连接到 BLE MESH 的设备。他或她至少需要一个可以成为 BLE MESH 一部分的节点，但也要开启其 WLAN 站模式，以通过 Wi-Fi 接入点路由器接收云上的用户指令。如果不在家中安装额外的 Wi-Fi-BLE 集线器，用户现在可以在家用电器中部署相同的功能。

接近使用 BLE

能源评级是家用电器市场的一个重要方面。通过互联网访问联网设备并使其智能化，只有在获得的智能和功能也有助于降低功耗的情况下才有效。

WLAN 在设备连接到互联网时非常有用；但是，在不需要时将 WLAN 无线电保持在活动模式将消耗不必要的功率。保持 WLAN 无线电关闭更节能，而是换而使用 BLE 无线电可实现连续连接。当用户在蓝牙范围内接近设备时，设备可以启动 WLAN 以打开云服务。

除了节能之外，可以使用相同的 BLE 接近概念——它可以应用于实现创新的用户交互。例如，可以进一步调低 BLE 无线电的发射输出功率，使得用户仅在他或她非常靠近设备时才接收广告。假设该设备是咖啡机，当用户接近它时，机器会自动打开其 Wi-Fi 连接，并从云中获取使用数据。然后，机器就会酿造用户最喜欢的咖啡，而用户甚至不需要拿出他或她的智能手机。

结论

上述用例展示了 WLAN-BT 的组合如何增强智能家电的功能。类似赛普拉斯 WICED Wi-Fi + 蓝牙组合设备，在单芯片解决方案中集成 IEEE 802.11a / b / g / n / ac WLAN 和蓝牙，以实现小型 IoT 设计。这些解决方案可以与应用处理器上的外部 MCU 或 Linux 配合使用，以实现完整的 Wi-Fi + 蓝牙系统。赛普拉斯的 WICED Studio (SDK) 支持许多 WICED Wi-Fi + 蓝牙组合，它提供代码示例、工具和开发支持。