

# 探讨用于家居和楼宇自动化的 Thread 和 Zigbee

---



**Seth Rickard**  
Software Engineer  
Connectivity



# 在万物互联的世界中，智能家居和楼宇是我们日常生活的重要组成部分。Thread 和 Zigbee 等无线连接技术为实现家居和楼宇自动化提供了可能。

## 内容概览

随着无线通信协议和自动化框架的进步，互联的集成式家居和商业楼宇已成为现实。本文将重点介绍无线家居和商业楼宇自动化网状网络技术 Zigbee 和 Thread 的优势。



### 1 互联家居和楼宇的设计注意事项和无线协议

家居和商业楼宇自动化产品及生态系统需满足截然不同的客户需求。



### 2 探讨 Zigbee® 和 Thread 的异同之处

Zigbee 和 Thread 技术为嵌入式、低功耗和低成本设备提供了内置的网状网络安全性和应用基础设施。



### 3 CHIP 项目

基于 IP 的家庭互联项目（CHIP 项目）是 Zigbee 联盟内的一个工作组，其任务是为家居和楼宇自动化开发免专利费的连接标准。

## 引言

在当今万物互联的世界中，得益于无线通信协议和自动化框架，智能家居和商业楼宇日益普遍。本文将介绍现有无线家居和商业楼宇自动化网状网络技术的相对优势。

## 设计注意事项

家居和商业楼宇自动化产品及生态系统需满足截然不同的客户需求。例如，家居客户可能会接受产品偶尔出现不稳定，而商业楼宇运营商则需要订立有关现场支持服务的合同。楼宇运营商可能希望构建定制聚合服务，但对于家居客户而言，即使在业余时间有这方面的爱好，也不会有此类需求。

家居客户和商业楼宇自动化客户之间的相似之处也不应忽视。两者均需要遵循其所在地理区域的法规限制。若要实现所有节点均可达，需关注流量标准和网络拓扑。并且，协议级的互操作性至关重要。这些客户都会对 Zigbee®、Thread®、Wi-Fi® 和低功耗蓝牙® 等现有技术感兴趣。

## 无线协议

表 1 比较了用于家居和楼宇自动化的不同无线技术。

在缺少现有基础设施的情况下，无线网络技术比有线网络技术具备更多优势。

	Zigbee	Thread	低功耗蓝牙	Wi-Fi
频段	2.4GHz 工业科学医疗 (ISM)	2.4GHz ISM	2.4GHz ISM	2.4GHz/5GHz ISM
吞吐量	250kbps	250kbps	高达 2Mbps	高达数百 Mbps
单跳范围	多达数百米；路由器可以通过多跳扩展范围	多达数百米；路由器可以通过多跳扩展范围	最高可达数百米，支持蓝牙 5 远距离模式	几十米；可通过多个接入点进行扩展
电池类型和寿命	纽扣电池使用数年	只需一颗纽扣电池便可运行数年	只需一颗纽扣电池便可运行数年	使用 AAA/AA 电池可运行数年
拓扑	网状	网状	点对点，网状	星型；正在进行标准化的部分网状网络
流量标准	本地设备到设备，多对一和一对多	设备到设备和设备到云	最适合于设备到智能手机的方式	设备到云
协议层级	网络和应用	以互联网协议 (IP) 标准为基础的网络	网络和应用	以 IP 标准为基础的网络
认证计划和互操作性	最终产品认证	栈认证	栈认证	数据链路层和一些上层栈认证
安全性	通过安装代码进行全网加密和身份验证	具有数据报传输层安全性 (DTLS) 的基于密码的身份验证	用于密钥生成和交换的非对称加密，连接成对密钥	基于密码和证书的身份验证，支持所有基于 IP 的安全标准
IP 连接和支持	需要网关来执行 IP 地址转换	原生 IPv6 网络	需要网关来执行 IP 地址转换	原生

表 1. 家居和楼宇自动化无线技术的比较

## Zigbee

Zigbee 协议是基于电气和电子工程师协会 (IEEE) 802.15.4 标准的一种无线个人区域网状网络协议，由 Zigbee 联盟负责维护，以确保各版本 Zigbee Pro 规范之间的连续性并对设备进行认证。

Zigbee 网络首先要具有初始的协调器设备，用来充当网络决策的仲裁器。在网络形成后，可以引入路由器或终端设备来处理网状网络内数据包的转发和路由。终端设备连接到初始协调器或路由器，并不为 Zigbee 网络提供路由功能。可以将终端设备配置为长时间休眠以节省电池电量。

德州仪器 (TI) **SimpleLink™ CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件 (SDK)** 采用经认证的 Zigbee 协议实现方案，即 Z-Stack™ 软件。

## Thread

Thread 协议是基于 IEEE 802.15.4、低功耗无线个人局域网的 IPv6 (6LoWPAN) 和多个互联网工程任务组 (Internet Engineering Task Force) 标准的无线个人区域网状网络协议。Thread 由 Thread Group 负责维护，以确保各版本 Thread 协议规范之间的连续性并对设备互操作性进行认证。

在打开符合路由器要求的设备后但找不到现有网络的情况下，即可开始组建 Thread 网络。在新的 Thread 网络中，该设备可能成为主导者 (leader)，其他设备则可通过标准调试过程作为终端设备连接到该网络。如果终端设备符合路由器要求，则可根据拓扑更改的需要将其提升为 Thread 网络内的路由器。

Thread 网络中的任何路由器都必须具备成为主导者的能力。Thread 网络中的路由器参与网络消息的转发和路由，并从网络中符合路由器要求的已有终端设备池中选出。终端设备连接到路由器，并不为 Thread 网络提供路由功能。这些终端设备可作为休眠设备运行以节省电池电量。

TI SimpleLink™ CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件 (SDK) 采用基于 OpenThread 的 Thread 协议，并已通过认证。OpenThread 是 Thread 协议的开源实现方案，由 Google 创建并负责维护。

## Zigbee 和 Thread 之间的相似之处

Zigbee 和 Thread 技术均为基于标准的协议，在全球范围内主要运行于 2.4GHz ISM 频段。这些技术为嵌入式、低功耗和低成本设备提供了内置的网状网络安全性和应用基础设施。

Zigbee 联盟和 Thread 组都有一个流程，供成员公司更改规范。

这两种协议都利用了由 IEEE 设计和维护的通用底层数据链路层通信层。

图 1 所示为 Zigbee 和 Thread 协议的层次结构。

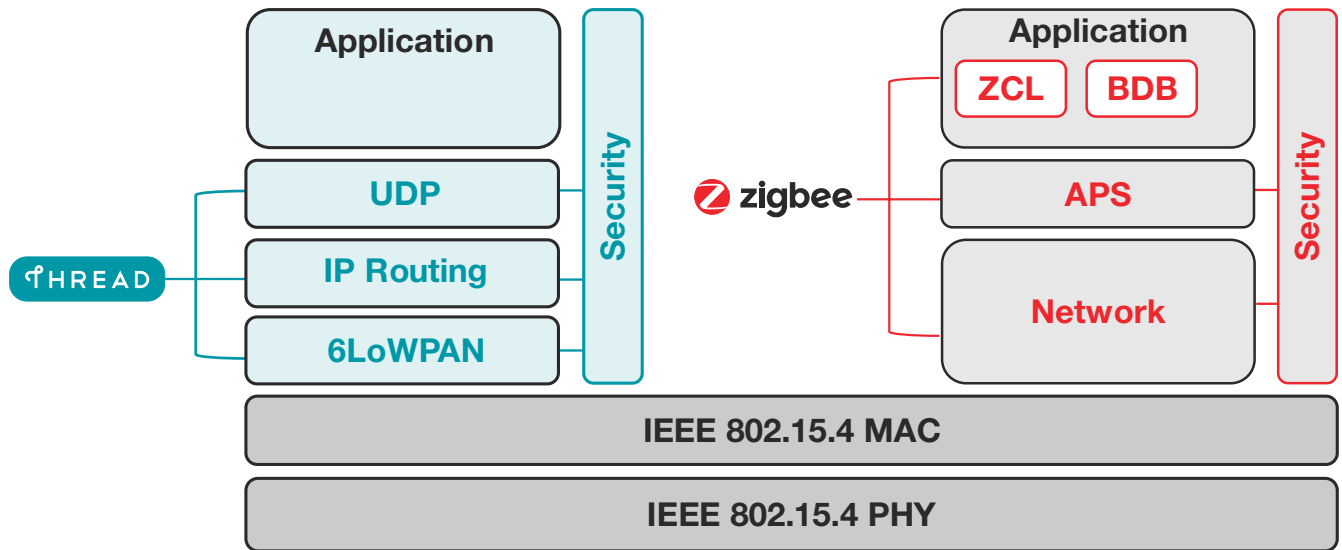


图 1. Zigbee 和 Thread 协议的层次结构

IEEE 802.15.4 标准规定了开放系统互连通信模型的媒体访问控制 (MAC) 层和物理 (PHY) 层。Zigbee 和 Thread 都实现了个人区域网络，能够保证可靠的跳链到跳链路，实现以超低功率传输上层数据帧。

更上层、对时间不敏感的协议层是在软件中实现的，因此可以将 Zigbee 和 Thread 等基于 802.15.4 的标准作为在

同一器件上运行的不同软件变体来实现 (正如 TI SimpleLink 多标准 CC2652R 无线微控制器 [MCU])。凭借独特的单一硬件设计，相应的固件可在工厂加载或现场升级，提供简化且面向未来的解决方案。

Zigbee 和 Thread 都在 IEEE 802.15.4 标准内实现了异步操作模式。这种由发送方发起传输的机制，能够在低功耗无线网络中高效地交换小数据包。不生成数据的设备通常可以唤醒，并以极短的延迟可靠地发送数据包。

无论数据在网络中的目的地为何处（单跳或多跳），电池供电的设备都会从休眠中唤醒，将数据发送到它们的单跳中继节点，然后迅速回到待机状态。在设备处于活动状态和发送或接收数据的间隔期间，可以将无线电关闭并使器件在微安范围内运行。例如，CC2652R 器件在休眠时仅消耗 0.9 $\mu$ A 电流，可保留完整的随机存取存储器内容。

Zigbee 和 Thread 都使用距离向量算法来构建路由器之间的路由表。Zigbee 使用临时按需距离矢量路由，而 Thread 使用修改版的路由信息协议。让每个网络的路由器（而非终端设备）生成和存储路由信息，可以最大限度地减少到终端节点的网络维护流量，从而节省无线电传输时间。

这种高效的方式对于通常生成由偶发警报事件（例如门窗传感器）或用户操作（例如开关/遥控钥匙、警报面板或遮阳系统）触发的数据的设备非常有利。电池供电的设备大部分时间都可以休眠，只是偶尔会被由应用启动的数据或定期数据轮询消息唤醒。对于未经请求的下行链路消息以及保持与终端设备的父路由器的连接，需要定期数据轮询。

Zigbee 和 Thread 的峰值电流约为几个微安，使家居和楼宇自动化领域的设备能够使用纽扣电池运行数年。通过标头压缩和重用的方式来创建更小的无线数据包，使 Zigbee 和 Thread 中的通信保持高效。Thread 对 6LoWPAN 压缩、分段和链路层转发功能加以利用。Zigbee 从头开始设计，在网络协议中对底层 802.15.4 帧进行了二进制数据优化。

维护和建立路由所需的标头和网络管理操作非常简短，在 50 至 80 字节的单个 802.15.4 数据包实例中可靠地启用了 20 字节的应用帧（用于照明控制命令或警报事件），每跳的完成时间为几十毫秒。在大多数系统中，网状分支的最大长度为 4 到 5 跳，这一速度仍然为启动设备到设备通信提供不到 100ms 的延迟。

低功耗运行和网络可扩展性都是住宅系统需满足的重要要求，其中存在数十个互操作节点，例如灯、环境传感器和恒温器。但这些因素在商业和工业楼宇自动化系统中更为重要，其中设备数量可能达到数百甚至数千个节点。

Zigbee 和 Thread 协议都实现了一种有效的路由算法，以最大限度地减少无线传输的流量和广播次数。这些节点中的接收器始终处于开启状态（它们通常由电源供电，如灯泡/固定装置或恒温器）并通过构建一个精简的小型路由表来存储到达最终目标的下一跳。网络不会通过广播进行网络泛洪来中继数据包，这最终会阻碍可扩展性。

路由节点仅交换较小的间歇性广播消息，可最大限度地减少用于维护网状网络的整体内务管理流量。网络中的路由节点还具有缓冲其休眠“子节点”下行链路通信数据的重要作用，可将其配置为根据下行链路要求（在许多情况下对延迟不敏感）有效地提取数据包。

在针对同一个包含数百个节点的网络进行的大型商业部署中，Zigbee 和 Thread 技术均已成功得到验证。TI 已部署 [利用 TI 的 ZigBee SoC 和 Z-Stack 软件突破 ZigBee 网络 400 节点限制](#) 这一技术，因而能够根据节点密度、生成的流量和应用标准实现更大规模的网络。

## Zigbee 和 Thread 之间的区别

虽然 Zigbee 和 Thread 看起来相似，但每种协议在网络的建立和维护方式上略有不同。

Zigbee 支持集中式和分布式 (touchlink) 协同方案。在集中式方案中，Zigbee 使用网络内静态分配的协调器来管理操作。相比之下，在 Thread 网络中，从网络路由器中选出一台主导设备负责处理网络范围内的决策。

静态配置为路由器的设备负责处理 Zigbee 网络内消息的转发和路由。Thread 从符合路由器要求的设备池中选择在其网络内路由的设备。

Zigbee 提供了多种向网络添加新设备的方法。Thread 添加具有标准化调试协议的新设备，该协议需要人工干预才能完成。

Zigbee 支持对网络进行定义和管理，这往往会吸引企业实体和房产爱好者。Thread 面向自主管理的设备生态系统，可实现自生自愈的网状网络。

沿着网络栈上移，差异变得更加明显。Zigbee 定义了一个用于设备到设备通信的应用框架。设备之间的应用交互是通过 Zigbee 事务关系库定义和认证的。Thread 提供了应用层协议的选项，可由最终产品的业务逻辑重用，但并不强制要求使用。包括可用于有效传输消息的用户数据报协议 (User Datagram Protocol) 和用于可靠交互的受限应用协议 (Constrained Application Protocol)。但是，Thread 应用可以使用传输控制协议 (Transmission Control Protocol)、超文本传输协议 (Hypertext Transfer Protocol)、消息队列遥测传输 (Message Queuing Telemetry Transport) 或任何其他协议来传输消息。

Zigbee 提供可靠的网络操作和应用程序交互。尽管 Thread 仅确保可靠的网络运行，但也提供了定义最适合设备要求的应用协议的能力。

互操作性不局限于网状网络边界内。Thread 提供本地 IP 路由和设备到云的连接。Zigbee 需要专门的集线器和转换与云服务进行互操作。

已有超过 1 亿的产品包含了 Zigbee Pro 网络层以及 Zigbee 事务关系库，其核心网状组网功能和应用层的标准已进行了多次修订。Thread 协议相对较新，没有同等的市场渗透率。这两种技术都使用相同的无线电 MAC/PHY 协议，因此使用 SimpleLink 无线 MCU 就能够轻松地在两者之间进行切换。

表 2 列出了两个核心网状网络标准之间的差异并为技术采用者提供参考。

功能	Zigbee	Thread
加入时的身份验证	通过信任中心使用可选的基于设备的带外安装代码实现集中式模式，或通过邻近配对实现分布式模式	基于智能手机，具有特定于设备的快速响应 (QR) 码扫描功能
安全性	高级加密标准 (AES)-128 网络级，密钥从加入者传输到加入设备 可选的应用级密钥	AES-128 MAC 级派生自基于椭圆曲线加密技术的密码 Juggling 方案和 DTLS 会话建立
设备自举和调试	按键式简易模式或基于接近感测 (touchlink)	基于智能手机，具有特定于设备的 QR 码扫描功能
网络和网格管理	集中式协调器；也可以在 touchlink 网络中采用分布式模式	动态主导
自愈能力	路由器和网状网络原生自愈	路由器和主导设备自选举和自愈
云集成	具有专用转换功能的 Zigbee 网关	具有原生 IPv6 的 Thread 边界路由器
应用数据包的功耗性能	卓越	很好
应用数据包的延迟性能	最好	很好
IP 原生集成	否	是
标准长寿命	2005 年首次修订	2015 首次修订
行业参与	约 400 家会员企业	约 270 家会员企业

表 2. Zigbee 和 Thread 比较

## CHIP 项目

通过 Zigbee 联盟集结在一起的多个家居和楼宇自动化生态系统供应商正在联合开发新的应用框架。基于 IP 的家庭互联项目 (CHIP 项目) 是 Zigbee 联盟内的一个工作组，其任务是家居和楼宇自动化开发免专利费的连接标准。该标准将重点放在安全性上，并以广泛采用的基于 IP 标准的自动化技术为基础。该工作组计划提供一个跨 Wi-Fi 和 Thread 的开源参考连接框架。

CHIP 项目将通过基于低功耗蓝牙和 Wi-Fi 的协议来实现设备聚合和配置标准化。标准的 Zigbee Alliance CHIP 电话应用将设备连接到用户的 Wi-Fi 或 Thread 网络。一旦连接到本地 IP 网络，设备将使用标准服务发现功能在本地查找其他 CHIP 节点。应用级交互经过标准化和认证，可确保产品供应商之间的互操作性。而且，完全通过互联网连接的设备将能够与经过 CHIP 认证的云聚合服务进行交互。

CHIP 认证的产品可以依赖于生态系统中具备的所有这些功能。这有利于缩短最终产品的开发时间。同时还保留了使用制造商特定的功能进行扩展的可能性。

## 结论

Zigbee 和 Thread 协议均充分利用异步非信标模式 IEEE 802.15.4。这两种协议具有大致相同的网状节点间流量和电源标准。然而，当被视为一个整体协议时，两者也会表现出一些重要的差异。Zigbee 的事务关系库经过多年的改进，以尽可能更有效的方式正确定义应用的操作。Thread 依赖于基于 IP 的协议，这些协议具有灵活性和可读性。借助这种灵活性还可实现可扩展性，但会增加无线传输时间。

Thread 的灵活性得益于其以 IP 协议为基础。对网络级互操作性的侧重使得其他支持 IPv6 的设备能够通过边界路由器对 Thread 设备进行寻址。这意味着本地网络上的计算机能够与 Thread 设备进行通信，就像云服务器可以与 Thread 设备进行通信一样。Zigbee 网络中则不能即时提供此级别的邻近网络连接能力。

最后，采用一个协议时需要考虑的最重要的问题之一是设备周围的生态系统如何。Zigbee 提供了一个非常明确的自动化产品本地生态系统，在应用互操作性方面已有多年经验。Thread 支持的通信框架已在基于 IP 的网络上经过数十年的行业检验。

设计人员可以使用 **CC26x2r 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件**来评估这两种连接技术。

## 参考文献

1. **SimpleLink™ CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件**
2. 德州仪器 (TI): **利用 TI 的 ZigBee SoC 和 Z-Stack 软件突破 ZigBee 网络 400 节点限制**
3. **CC26x2r 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件**

**重要声明:** 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户的应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不负任何责任。有关任何其它公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的认可、保证或授权。

Z-Stack™ is a trademark of Texas Instruments.

Zigbee® are registered trademarks of ZigBee Alliance.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

蓝牙® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc and used by Motorola, Inc. under license.

所有商标均为其各自所有者的财产。



## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司