

# Research on Bluetooth 5.3 Technology

Shuo Jiang Xinyu Ren

The State Radio-monitoring-center Testing Center, Beijing, 100041, China

**【Abstract】** The paper discusses several key technologies of Bluetooth 5.3, and points out the technical advantages of Bluetooth 5.3 and the problems that can be solved in practical application scenarios. In the future, the development of Bluetooth technology will surely make breakthroughs and create more possibilities.

**【Keywords】** Bluetooth; 5.3; technical research

## 蓝牙 5.3 技术研究

江硕 任馨宇

国家无线电监测中心检测中心, 中国·北京 100041

**【摘要】** 论文讨论了蓝牙 5.3 的几个关键技术, 指出了蓝牙 5.3 技术优势和实际应用场景中能够解决的问题。在未来蓝牙技术的发展必将取得突破性进展创造更多的可能。

**【关键词】** 蓝牙; 5.3; 技术研究

DOI: 10.12349/iser.v3i3.753

### 1 引言

蓝牙技术联盟(Bluetooth SIG)于 2021 年 7 月 13 日正式发布了最新蓝牙核心规范-5.3 版本。

低功耗蓝牙广泛应用于所有行业 and 应用的物联网设备。蓝牙技术组织(SIG)发布的 2021 年市场更新估计, 到 2022 年将有 130 亿台蓝牙物联网设备在使用中。是什么让蓝牙成为物联网设备制造商和应用程序开发人员的首选无线技术, 它是对各种类型数字设备的无处不在的支持和全球互操作性, 随着蓝牙物联网增长, 蓝牙技术组织 SIG 估计到 2025 年, 未来几年内, 低功耗蓝牙单模设备的出货量预计将增长三倍以上。蓝牙等技术平台需要不断发展以保持相关性并推动其生态系统的成长<sup>[1]</sup>。

### 2 蓝牙 5.3 版本的更新变化

蓝牙 5.3 版本增加了几项功能增强, 为物联网设备制造商和应用程序开发人员提供了显著的可靠性、能源效率和用户体验改进。以下部分概述了蓝牙 5.3 中的五个主要增强功能: 这些增强功能和新功能为许多支持低功耗蓝牙的产品改善用户体验、卓越可靠性和提高能源效率打开了大门<sup>[2]</sup>。

#### 2.1 连接分级功能

在蓝牙 5.3 之前, 实现连接更新过程的方式需要很长时间才能完成。从高占空比连接切换到低占空比连接可能需要相当长的时间。在实际应用中, 这可能

会对用户体验产生负面影响。蓝牙 5.3 上的连接分级功能使缓慢的连接更新成为过去。它实现了更有效的转换过程以减少转换延迟。以一种新的、更快的方式在低占空比模式和高占空比模式之间切换, 并更有效地处理可变数据包速率和突发流量。

蓝牙设备现在可以在高数据传输后更早地返回节能模式, 从而进一步延长电池寿命。

低功耗蓝牙连接提供了一种高度灵活的方式来适应数据吞吐量和功率方面要求的动态变化。高占空比连接以增加功耗为代价实现更高的数据吞吐量, 而低占空比连接以数据吞吐量为代价节省电力。在智能医疗设备等应用中, 更快的转换时间可以显著改善设备功能、用户体验和安全性。预计将从次级连接中受益的用例包括蓝牙 LE 音频产品, 例如助听器、蓝牙传感器产品等。

#### 2.2 加密密钥大小控制增强

加密密钥大小由蓝牙 BR/EDR 中连接设备的控制器确定。此更改使主机能够通过主机控制器接口(HCI)通知其蓝牙 BR/EDR 控制器有关可接受的最小密钥大小。

在访问控制物联网应用中, 强大的安全性正在成为越来越重要的最终用户要求。蓝牙 5.3 响应了市场需求, 增强了主机和控制器之间的加密密钥控制, 以保护物联网设备和应用程序及其用户免受黑客攻击和安全攻击。

新的主机到控制器加密密钥控制增强功能允许主机设置控制器可以接受的最小加密密钥长度。主机更能感知应用程序, 因此最适合根据应用程序的安全

**【作者简介】** 江硕 (1986-), 男, 中国北京人, 本科, 通信工程师, 从事 Wi-Fi、蓝牙等短距离无线通信技术的测试及各类法规认证工作。

要求来决定密钥长度。它允许通过堆栈控制加密密钥的大小,为开发人员提供更高的灵活性,以使用主机到控制器的连接来满足各种应用程序的需求。避免了多个主机堆栈-链路层交互,而更快地重新连接可以支持对延迟敏感。此增强功能让蓝牙 BR/EDR 控制器更有效地通知主机密钥长度协商的结果<sup>[3]</sup>。蓝牙 5.3 的这一新特性将更有利于物联网应用,如门禁、便携式医疗设备、门锁和商业照明。

### 2.3 周期性广播功能增强

目前所有数据通告都必须报告给主机。然而,在某些情况下,当广播数据没有变化时,这可能导致节点上不必要的处理。它可以降低整体吞吐量。借助这一新的蓝牙 5.3 功能,在定期广播中引入了 Adv Data Info (ADI) 字段。从而更有效地处理冗余数据。包头中的 ADI 字段指示在任何周期性广播包中的有效载荷数据是否已更改。在没有变化的情况下,节点可以丢弃链中的后续数据包,并使用时间来处理其他接收事务。周期性广播中的 ADI 提高了蓝牙网络的整体效率,节省了节点的处理能力,降低了节点功耗,并为在主信道中扫描提供了更多时间。

低功耗蓝牙(Bluetooth LE)堆栈由蓝牙 LE 控制器和蓝牙 LE 主机组成。如果没有 Adv Data Info 字段,控制器会向扫描仪端的主机报告所有周期性的广播数据包,包括已接收数据包的重复副本。这会导致在扫描仪端浪费处理能量。通过允许广播器在周期性的广告数据包中包含 Adv Data Info 字段,扫描器现在可以立即检测到它们何时接收到先前接收到的数据包的副本并将其丢弃在控制器中,而不是将其传递给主机。扫描器越早识别和丢弃冗余数据包,它花费在处理这些冗余数据包上的能量就越少,它可以花费更多时间扫描其他通道。换句话说,不处理冗余数据包不仅可以节省能源,而且还可以增加其他通道之一的 RX 占空比。借助蓝牙 5.3 定期广播增强功能,任何使用定期广告的低功耗蓝牙产品现在都可以在接收设备上享受节能优势。

### 2.4 频道分类增强

蓝牙 LE 外围设备现在可以提供具有无线电信道分类数据的连接中央设备。在执行自适应跳频中的信道选择时,中央设备可能会使用此数据。有时参与蓝牙连接的中央和外围设备可能会受到来自不同来源的不同程度的干扰。

低功耗蓝牙用于克服无线电干扰的众多技术之一是自适应跳频(AFH)。蓝牙 LE 将 2.4 GHz ISM 频段划分为 40 个通道,并在传输数据包时在大部分通道之间快速切换。为了进一步降低干扰的可能性,低功耗蓝牙采用了跳频序列(信道映射)。信道被分类,繁忙或高噪声信道被标记为“坏”并在发送数据包时

避免,而不太拥挤的信道被标记为“好”。

在没有蓝牙 5.3 频道分类增强功能之前,当中央设备和外围设备之间建立蓝牙 LE 连接时,只有中央设备参与通道分类的过程。如果中央设备和外围设备在物理上非常接近,这可能不是问题,因为它们很可能会遇到相同的射频条件。但是,如果中央设备和外围设备彼此不靠近,它们可能会遇到不同的射频条件。因此,当频道分类仅由中央设备执行时,频道映射可能包含分类为“好”的频道,这对于远程外围设备的 RF 条件不是合适的选择。在这种情况下,可能会发生数据包冲突、连接丢失,并且总体上会对吞吐量产生负面影响。

借助蓝牙 5.3 通道分类增强功能,外围设备和中央设备都参与了通道分类过程。外围设备现在可以向中央设备报告其射频状况并向中央设备建议频道分类,以便在更新中央设备的频道映射时也可以考虑它们。通道分类增强功能使两个设备都可以确定哪些通道性能良好。

蓝牙 5.3 的新频道分类功能使外围设备能够根据经历的射频条件通知中央设备所需的频道映射。然后中央可以做出适当的决定以达到最佳频道图。信道分类增强可以提高整体无线性能。所有面向低功耗蓝牙连接的通信都可以从信道分类增强中受益,以提高吞吐量和可靠性方面的无线性能,并降低数据包冲突的可能性。

### 2.5 删除备用 MAC 和 PHY (AMP) 扩展

备用媒体访问控制和物理层扩展(AMP)使蓝牙系统能够合并单个或多个辅助控制器和主蓝牙 BR/EDR 控制器。但在高品质的蓝牙产品中,这种扩展很少见。因此,蓝牙 SIG 已从蓝牙 5.3 规范中放弃了此功能。但是这个新版本可以使用 AMP 的产品与之前的蓝牙核心规范版本相匹配。

## 3 蓝牙 5.2 与蓝牙 5.3 的对比

蓝牙 5.2 和蓝牙 5.3 都有自己的技术特点,其中蓝牙 5.2 具备以下技术功能。

增强属性协议(EATT): EATT 简化了解析来自各种应用程序的 L2CAP 数据包并将它们合并成更易于管理得更小的块。因此,来自两个或多个应用程序的事务可以同时完成。当多个应用程序在同一蓝牙 LE 堆栈上运行时, EATT 功能可改善用户体验。此外,它还降低了整体延迟。

LE 功率控制功能 (LEPC): LE 电源控制允许管理两个支持蓝牙 5.2 版的连接设备之间的电力传输。通常,无线接收器具有最佳接收信号强度范围,可提供卓越的信号质量。信号强度低于或高于此最佳范围的接收器在解码信号时可能会出现。通过 LEPC,接收设备可以监督其伙伴设备的接收信号强度指示

器 (RSSI) 信号,并要求更改任一方向的发射功率电平。相反,发射器可以调整传输功率并将该信息传输到接收器。因此,它承诺两种设备都保持在其最佳信号范围内。此外,它通过动态电源管理减少了接收端的错误并降低了功耗。通过 LEPC 进行的电源管理还增强了与 2.4 GHz 频段内其他信号的共存,包括来自 Zigbee 和 WiFi 的信号。

**同步通道(ISOC):**该功能一项重要的升级是对同步通道的支持。这些通道可用于 LE 的任何物理层变体。蓝牙 5.2 同步通道支持广播同步组 (BIG) 和同步组 (CIG) 的数据重传,但方式不同。对于 CIG 主设备向从设备发送一个数据包,然后从设备为每个子事件返回一个数据包。对于 BIG 只有主机在每个子事件中发送一个数据包。同步通道支持面向连接和无连接的通信。启用面向连接的通信模式后,每个数据流都称为连接同步流(CIS)。当 CIS 必须同步时,它们被链接在一个连接的同步组(CIG)中。相同 CIG 的那些 CIS 部分共享参考数据以在多个接收器上同步流式传输。支持蓝牙 5.2 的设备也可以设置多个 CIG。此外,CIG 促进了双向数据传输,使设备更直接地将控制数据传输到源设备。启用无连接通信模式后,单个源(例如智能电视)可以将其数据流式传输到多个同步流。每个流称为广播同步流(BIS),而每组 BIS 称为广播同步组(BIG)。与 CIG 类似,具有蓝牙 5.2 的设备可以设置多个 BIG。

**LE Audio 技术:**LE Audio 对蓝牙 LE 和蓝牙经典进行了显著改进。它利用减少的功率和减少的带宽来提供优质的音频传输。因此,它可以提高质量并延长设备的电池寿命。低复杂度通讯编解码器(LC3)通过压缩音频传输并将其缩小到非常极端的比特率来优化蓝牙 LE 的现有编解码器,而不会对音频质量产生负面影响。LC3 和蓝牙 5.2 版将改变消费者使用蓝牙音频配件的方式。由于 LC3 实现了多流功能并支持多个同步连接(默认情况下),True Wireless 用户可以受益于更长的电池寿命和更快地配对。改进的电

池寿命提供了更好的效率和更广泛的范围。BT LE Audio 与标准蓝牙音频相比,低功耗蓝牙音频可降低电池消耗,建立标准化的音频传输系统。此外蓝牙 LE 音频还支持一对多和多对一广播。因此,它允许来自单个源的多个接收器或用于各种源的单个接收器。BLE Audio 还将增加对助听器的支持。

通过上面对蓝牙 5.2 部分地描述和前面介绍的蓝牙 5.3 功能相比较可以看出,蓝牙核心规范版本 5.3 版本具有更低的延迟、更低的干扰、更长的电池寿命和更高的安全性。如果您想加快高占空比应用的连接参数,同时确保节能,通过减少外围设备发生的干扰来提供更高的可靠性和吞吐量,避免了冗余处理。对于物联网应用,蓝牙 5.3 是更好的选择。如果您想在两个或多个应用程序之间同时进行高效事务并减少延迟,那么蓝牙 5.2 是一个更好的选择。它是优化信号传输并降低功耗的更好选择。对于多个同步流上的完美流媒体,LE Audio 降低了功耗和带宽的消耗,这使得蓝牙 5.2 成为高质量音频传输的更好选择。

#### 4 结语

蓝牙技术成为支持物联网的全球无线标准的关键原因之一是其发展速度。蓝牙核心规范的更新涵盖了广泛的范围,从对现有功能的增强到主要新功能的引入,这些功能代表了技术的重大进步并为无线创新开辟了新的可能性。蓝牙 5.3 版本是对协议的小幅增强。然而,它在无线可靠性、能源效率和用户体验方面提供了重大改进,能够创造更多创新的方式来改变人们的生活。

#### 参考文献

- [1] Bluetooth Core Specification 5.3 蓝牙核心规范 5.3[Z].
- [2] 张琪琪.探究蓝牙技术的原理及应用[J].中国新通信,2018(23):2.
- [3] 3GPP TS38.521-1 NR; User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception; Part 1: Range 1 standalone.