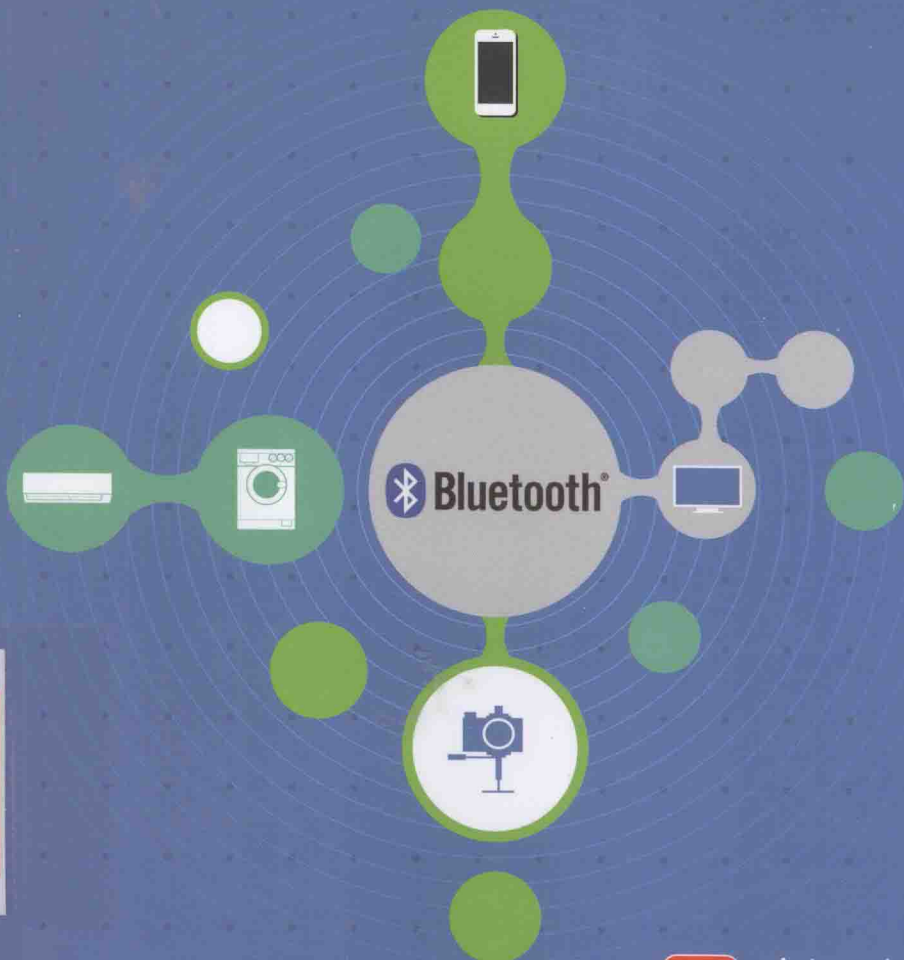


低功耗蓝牙/智能硬件技术丛书

低功耗蓝牙技术 快速入门

谭 晖 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

低功耗蓝牙/智能硬件技术丛书

低功耗蓝牙技术快速入门

谭 晖 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 Nordic 的 nRF51 系列 SOC 平台为基础,介绍低功耗蓝牙技术的入门及开发。nRF51 系列采用 ARM Cortex-M0 作为内核,使得大量的 ARM 开发资源可以利用。依平台采用应用和协议栈分离的方式,通过 API 的方式来调用协议栈,使得开发者无需非常深入地了解蓝牙协议即可实现基于蓝牙的无线通信。这些特点非常有利于开发人员快速入门及构建基于低功耗蓝牙技术的应用,帮助他们在短时间内开发出具有创意的智能产品。

本书可作为高等院校物联网、计算机、电子、自动化、仪器仪表等专业嵌入式系统、微机接口、单片机、物联网技术等课程的教材,也适合广大从事物联网、智能硬件应用系统开发的工程技术人员作为学习、参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

低功耗蓝牙技术快速入门 / 谭晖编著. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2015. 12

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1962 - 9

I. ①低… II. ①谭… III. ①短距离—无线电通信—
移动通信—通信技术 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 284989 号

版权所有,侵权必究。

低功耗蓝牙技术快速入门

谭 晖 编著

责任编辑 胡晓柏 苗长江

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:24.5 字数:522 千字

2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1962 - 9 定价:59.00 元

序 言

作为 Nordic 半导体的 CTO 和蓝牙国际联盟董事会成员,经常有人问我:低功耗蓝牙技术(智能蓝牙)的特别与伟大之处是什么?

我非常喜欢这个问题,原因是我喜欢回答这个问题。我认为有 3 个非常重要的元素是其他技术所不具备的:

首先,低功耗蓝牙技术(智能蓝牙)是所有领先的电子设备制造商和操作系统支持的全球标准,包括苹果 iOS 和 OS X、微软的 Windows 和 Windows Phone、谷歌 Android、Linux BlueZ 以及其他操作系统。一个使用低功耗蓝牙技术的设备具有与数十亿的手机、计算机和平板电脑进行连接和通信的能力,它是由蓝牙国际联盟(一个拥有超过 25 000 家会员的联盟)开发、维护和支持的无线标准。

其次,低功耗蓝牙技术是一个对开发人员极为友好的无线技术。在此我想强调一下,在无线设计和开发史上从未能如此轻松地开发无线产品,我的意思是:从来没有!没有任何其他技术提供了这样一个简单的方法来开发硬件和软件。今天,任何开发人员可以在苹果、谷歌或微软网站上注册,并支付极低的费用而成为一名开发者,访问开发工具和 API,用来开发智能蓝牙应用,然后简单地从芯片制造商(如 Nordic 半导体)那里订购开发套件,并在几个小时内就可以实现设备和移动平台之间传输数据。

最后,它是一个功耗非常低的无线电技术。该技术从底层设计开始就提供尽可能低的功耗。包括 RF 的物理层、协议和 API 在内的所有设计都使得开发的产品即便采用电池供电,也可工作数年。一个易于开发的技术,一个超低功耗无线技术,一个可与数十亿的设备进行通信的技术:你还需要什么?

这本书为你提供成功设计智能蓝牙设备和应用所需要的开始及一切。从今天开始读这本书,也许你就是下一个开发出突破性的、百万杀手级应用的胜利者!

祝你在此开创的旅程中成功!

斯韦恩-埃吉尔尼尔森
Svein-Egil Nielsen
Bluetooth SIG 蓝牙联盟董事局主席



前 言

智能硬件、智能家居、物联网、移动互联大潮的到来,正在越来越多地改变我们身边的一切。我们看到智能手环、智能手表、智能插座、智能水杯、谷歌眼镜等,都是其中的形态和表现方式之一,其核心是通过软硬件结合的方式,使产品具备智能化的功能,并且具备与云端连接的能力。其中,低功耗蓝牙技术是实现智能连接的重要技术支撑。

低功耗蓝牙技术(又称“智能蓝牙”)是蓝牙 4.0 标准开始带来的新特性,具有极低的功耗、快速连接及低时延、连接节点不受限制以及支持 IPV6 演进等特性。目前智能手机平台及操作系统 Android(4.3 以上)、iOS(6.0 以上)、Windows(8.0 以上)均提供了对低功耗蓝牙的原生态支持,使其天然地具备了移动互联平台的能力。

越来越多的研发人员把关注的目光投向智能产品开发的同时,也会面临着如何更好更快地掌握低功耗蓝牙这一技术来进行开发及应用的困扰。大多数开发人员对于嵌入式开发是具备一定的基础的,但是对于无线通信以及蓝牙协议栈通常不太了解。无线通信的“黑匣子”特性以及复杂的协议往往会令人望而生畏,不知从哪开始着手。同时,面对多个厂商的不同低功耗蓝牙芯片平台,还面临着选用哪一个平台开发更高效、具备更好的架构和性能以及更好的产品开发潜力等问题。

Nordic Semiconductor 是低功耗蓝牙技术的创始者之一,其超低功耗无线技术已成为业界的标杆。本书以 Nordic 的 nRF51 系列 SOC 平台为基础,介绍低功耗蓝牙技术的入门及开发。nRF51 系列采用 ARM Cortex-M0 作为内核,使得大量的 ARM 开发资源可以利用。该平台采用应用和协议栈分离的方式,通过 API 的方式来调用协议栈,使得开发者无需非常深入地了解蓝牙协议即可实现基于蓝牙的无线通信,这些特点非常有利于开发人员快速入门及构建基于低功耗蓝牙技术的应用,帮助他们在短时间内开发出具有创意的智能产品。

在此感谢 Nordic 对本书出版的支持。Nordic 是一家极具创新的公司,其对技术前瞻性的把握令人钦佩。感谢 Nordic 首席执行官 Sverre Tore、全球市场总监 Geir 的大力支持,还有亚太区市场及销售总监 Steel、中国区经理 Gary 长期以来的热心帮助,我们也忘不了 Nordic 亚太区技术团队 Kjartan、Jimmy、John、Salas、PK 等的支持与协助,他们也提供了建设性的意见。迅通科技研发团队参与了资料的整理和校阅。

前 言

感谢蓝牙联盟主席 Svein-Egil 先生为本书撰写序言。作为 Bluetooth SIG 蓝牙联盟掌门人的 Svein-Egil 先生是业内资深专家,同时也是低功耗蓝牙技术及应用的积极推动者。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中的错误及不足之处在所难免,恳请读者及专家指正。

谭 晖

2015 年 10 月

目 录

第 1 章 关于低功耗蓝牙	1
1.1 什么是蓝牙及蓝牙联盟	1
1.2 低功耗蓝牙技术(Bluetooth Low Energy)的发展	2
1.3 关于蓝牙 3.0	3
1.4 关于蓝牙 4.0	4
1.5 蓝牙 4.0 的双模式及单模式应用	5
1.6 操作系统对蓝牙 4.0 的支持	6
1.7 关于低功耗蓝牙的平台芯片	7
1.8 关于蓝牙 4.1	7
1.9 关于蓝牙 4.2	7
1.10 其他短距离无线通信技术.....	8
第 2 章 初识低功耗蓝牙	12
2.1 什么是低功耗?	12
2.2 低功耗蓝牙如何实现低功耗.....	13
第 3 章 低功耗蓝牙协议栈	17
3.1 低功耗蓝牙协议基础.....	17
3.2 物理层(Physical Layer)	18
3.3 链路层(Link Layer)	21
3.4 主机控制接口(Host Controller Interface).....	25
3.5 L2CAP 逻辑链路控制及自适应协议层	27
3.6 安全管理层(Security Manager)	27
3.7 ATT 属性协议层(Attribute Protocol)	28
3.8 GAP 通用访问配置文件层(Generic Access Profile)	31

目 录

3.9	GATT 通用属性配置文件层(Generic Attribute Profile)	32
3.10	应用(App)	34
第 4 章	怎样开发低功耗蓝牙产品	36
4.1	开发低功耗蓝牙需要的准备	36
4.2	低功耗蓝牙 SOC nRF51 硬件平台架构	43
4.3	低功耗蓝牙 SOC nRF51 软件平台架构	53
第 5 章	低功耗蓝牙 SOC 芯片 nRF51822	61
5.1	产品概述	61
5.2	系统功能块	69
5.3	外设模块	78
5.4	实际应用列表	83
5.5	绝对最大额定值	84
5.6	工作条件	85
5.7	电气特性	85
5.8	封装尺寸	109
5.9	芯片信息	112
5.10	参考电路	115
第 6 章	nRF51822 开发指南	141
6.1	系统概述	141
6.2	CPU	143
6.3	存储器	143
6.4	非易失存储器控制器(NVMC)	147
6.5	工厂信息配置寄存器(FICR)	150
6.6	用户信息配置寄存器(UICR)	154
6.7	存储器保护单元(MPU)	158
6.8	外设接口	169
6.9	调试接口	171
6.10	电源管理	172
6.11	时钟管理	182
6.12	通用输入/输出(GPIO)	188
6.13	GPIO 任务和事件	207
6.14	可编程外设接口(PPI)	211
6.15	2.4 GHz 射频(RADIO)	222

6.16	定时器/计数器(TIMER)	242
6.17	实时定时计数器(RTC)	247
6.18	看门狗定时器(WDT)	258
6.19	随机数发生器(RNG)	262
6.20	温度传感器(TEMP)	264
6.21	AES 电子密码本模式加密(ECB)	266
6.22	AES CCM 模式加密(CCM)	268
6.23	加速度地址解析器(AAR)	277
6.24	串行外设接口(SPI)主机	281
6.25	SPI 从机(SPIS)	287
6.26	兼容两线接口的 I ² C(TWI)	295
6.27	通用异步收发器(UART)	303
6.28	正交解码器(QDEC)	311
6.29	模数转换器(ADC)	319
6.30	低功耗比较器(LPCOMP)	325
6.31	软件中断(SWI)	330
第 7 章	Softdevice 协议栈	331
7.1	产品概述	331
7.2	低功耗蓝牙协议栈	332
7.3	SoC 库	341
7.4	Softdevice 协议栈管理	342
7.5	Flash 存储器 API	343
7.6	射频通知	345
7.7	并发多协议时隙 API	350
7.8	Bootloader(引导程序)	357
7.9	资源要求	359
7.10	S120 下多链路主机任务调度	364
7.11	处理器可用性和中断延时	368
7.12	低功耗蓝牙数据吞吐率	375
7.13	低功耗蓝牙电源配置文件	377
	参考文献	381

第 1 章

关于低功耗蓝牙

1.1 什么是蓝牙及蓝牙联盟

如图 1-1 所示,1999 年 5 月 20 日,爱立信、国际商业机器、英特尔、诺基亚及东芝公司等业界龙头创立“蓝牙特别兴趣小组”(Special Interest Group, SIG),即蓝牙技术联盟的前身,目标是开发一个成本低、效益高、可以在短距离范围内随意无线连接的蓝牙技术标准。这项无线技术的名称取自古代丹麦维京国王 Harald Blåtand 的名字,他以统一了因宗教战争和领土争议而分裂的挪威与丹麦而闻名于世,而这个名字直接翻译成中文为“蓝牙”。经过多年的发展,蓝牙已经成为一个广泛使用的国际标准,我们今天看到的几乎所有移动电话、平板电脑、笔记本都内置了蓝牙技术。



图 1-1 蓝牙特别兴趣小组

- 蓝牙联盟(Bluetooth SIG)不生产,或出售蓝牙产品。
- 蓝牙联盟(Bluetooth SIG)的主要任务是发布蓝牙规格,资格管理,保护蓝牙商标,推广及传播蓝牙无线技术。来自联盟成员公司的志愿者在蓝牙无线技术的发展中扮演重要的角色。
- 据统计,每周付运的蓝牙设备数量超过 1.9 亿部。

蓝牙联盟目前拥有超过 13 000 成员,其中亚太区成员占据相当大的比例,从表 1-1 中可以看到,中国地区的蓝牙成员是亚太区中最多的,这是因为众多蓝牙设备的生产商位于中国地区,这也说明蓝牙在中国有良好的发展基础和前景。

表 1-1 亚太地区蓝牙联盟会员分布情况

地 区	SIG 会员	地 区	SIG 会员
1 中国	1 299	9 马来西亚	78
2 台湾	879	10 新西兰	71
3 日本	844	11 泰国	43
4 韩国	791	12 越南	32
5 印度	643	13 菲律宾	29
6 香港	582	14 巴基斯坦	25
7 澳大利亚	304	15 印度尼西亚	22
8 新加坡	181	16 其他	16
总 计		5 839	

1.2 低功耗蓝牙技术(Bluetooth Low Energy)的发展

蓝牙技术和产品已经广泛应用于消费电子领域,日常所使用的手机包括智能手机、功能手机都已内置蓝牙,但在大部分普通消费者的印象中,蓝牙依然是个颇为边缘化的概念:除了连接蓝牙耳机等功用,很少看到其他方面的应用,连传输文件等应用场景都已非常少见。

在低功耗蓝牙技术出现以前,不少运动健康类的产品使用传统蓝牙技术来实现,而蓝牙 2.1 或者 3.0 的耗电是个难以规避的问题,电池通常只能维持一天至数天的持续工作。特别对于那些采用纽扣电池供电的运动健康及可穿戴设备,尽管有很好的创意,但由于必须经常更换电池或充电,实际使用和用户体验均不理想,也使得我们很少看到传统蓝牙在这方面有成功的应用和体验。

与此同时,其他低功耗技术如 2.4 GHz 专有协议,ANT/ANT+ 协议在运动健康产品方面得到巨大的成功,如 NIKE 计步器、Garmin 的心率计、Suunto 的运动手表等。

正是由于看到了低功耗应用和市场的巨大潜力,2006 年,由 Nokia、Nordic Semiconductor、Suunto 三家公司发起了致力于超低功耗应用的 Wibree 技术联盟,如图 1-2 所示,其目的就是开发与蓝牙互补的低功耗应用,并希望凭借低功耗的优势,在除了手机市场上的应用外,还在手表、无线 PC 外设、运动和医疗设备甚至儿童玩具上获得应用,如图 1-3 所示。

这三家公司都是相关领域中的领先者:Nokia 当时在手机平台方面具有巨大的影响力,Nordic Semiconductor 专于低功耗无线芯片设计,而 Suunto 是专业的运动手表厂商。这三家企业形成了很好的应用基础和生态。



图 1-2 Wibree 技术联盟发起企业

Wibree 的发展也引起了蓝牙联盟的关注,对于蓝牙联盟来说,已经认识到了低功耗应用的巨大潜力,也一直希望得到低功耗无线技术,因此,蓝牙联盟和 Wibree 双方最终走到了一起。Wibree 于 2007 年并入蓝牙联盟(Bluetooth SIG),作为蓝牙技术的扩展,Wibree 成为蓝牙规范组成部分之低功耗蓝牙,被称为“低功耗蓝牙技术”,提供和蓝牙个人网络(PAN)的连接功能,如图 1-4 所示。



图 1-3 Wibree 的应用场景



图 1-4 蓝牙联盟与 Wibree 合并

作为 Wibree 创建者之一的 Nordic Semiconductor 也凭借其实力及在技术上的建树,与也极为看好低功耗蓝牙技术的苹果公司同一天加入蓝牙联盟董事局,成为蓝牙董事局的 9 位成员之一,并担任了蓝牙联盟董事局主席,蓝牙联盟董事局成员见图 1-5。



图 1-5 蓝牙联盟董事局组成

1.3 关于蓝牙 3.0

2009 年 4 月 21 日,蓝牙技术联盟(Bluetooth SIG)正式颁布了规范“Bluetooth

第1章 关于低功耗蓝牙

Core Specification Version 3.0 High Speed”(蓝牙核心规范 3.0 版高速)。蓝牙 3.0 的核心是“Generic Alternate MAC/PHY”(AMP),这是一种全新的交替射频技术,允许蓝牙协议栈针对任一任务动态地选择正确射频。

蓝牙 3.0 的传输速度有了很大提高,而秘密就在 802.11 无线协议上。通过集成“802.11 PAL”(协议适应层),即可在需要的时候调用 802.11 Wi-Fi 用于实现高速数据传输,蓝牙 3.0 的数据传输率提高到了大约 24 Mbps,可以用于高清电视、PC 至 PMP、UMPC 至打印机之间资料的高速传输。

Bluetooth 3.0 的核心技术是 Generic Alternate MAC/PHY (AMP),这是一个全新的交替射频技术,他允许蓝牙协议栈针对任何一个任务动态地选择正确的射频。Generic AMP 决定了蓝牙功能和协议,使之具有可以使用一个或多个交替高速广播技术的高码率的优势。

AMP 修改了标准蓝牙核心架构以便在 L2CAP 层下使用多重交替广播,同时使用标准蓝牙射频(标注基本码率(BR)和扩展码率(EDR)分别为 1 Mbps 和 3 Mbps)实现复原和连接以及匹配。

其通俗一点的原理是允许消费类设备使用已有的蓝牙技术,同时通过使用第二种无线技术来实现更快的吞吐量。蓝牙模块仅仅是用来创建两台设备之间配对,数据传输本身是通过 Wi-Fi 射频来完成,如果两部手机中有一部没有内建 Wi-Fi 模块的话,蓝牙传输的速度就会降到 Bluetooth 2.0 的速率。

1.4 关于蓝牙 4.0

2010 年 6 月蓝牙联盟(Bluetooth Special Interest Group)正式发布蓝牙 4.0 规范。蓝牙 4.0 规范包含以下内容:

- BLE 低功耗蓝牙(Bluetooth Low Energy),只能与 4.0 协议设备通信,适应低功耗且仅收发传输少量数据的设备(如智能传感器、可穿戴设备等);
- BR/EDR 蓝牙(Basic Rate / Enhanced Data Rate),向下兼容(能与 2.1/2.0 通信),适应收发数据较多的设备(如耳机等);
- HS 高速蓝牙(High Speed),向下兼容(能与 3.0 通信),适应需要高速数据传输的设备(如图片、文件传输等)。

蓝牙 4.0 将 3 种蓝牙规格集一体,包括传统蓝牙技术、高速蓝牙技术和低功耗蓝牙技术。其中意义最大的是低功耗蓝牙技术,拥有低功耗、3 ms 低延迟、AES-128 加密等特点,低功耗蓝牙技术极低的运行和待机功耗使得一个纽扣电池可连续工作一年之久,甚至更长。

蓝牙规格及特性见表 1-2。

表 1-2 蓝牙规格说明

蓝牙规格	空中速率	调制方式	说明
BR (Basic Rate) 基础速率	1 Mbps	GFSK	向下兼容(能与 2.1/2.0 通信),适应收发数据较多的设备(如耳机等)
EDR (Enhanced Data Rate) 增强速率	2~3 Mbps a)初级调制模式:2 Mbps b)二级调制模式:3 Mbps	DPSK, QPSK	向下兼容(能与 2.1/2.0 通信),适应收发数据较多的设备(如耳机、立体声音箱等)
HS (High Speed) 高速	24 Mbps	802.11	向下兼容(能与 3.0 通信),适应收发数据较多的设备(如图片、文件传输等)
LE (Low Energy) 低功耗	1 Mbps	GFSK	BLE(Bluetooth low energy)只能与 4.0 协议设备通信,适应节能且仅收发少量数据的设备(如家用电器)

1.5 蓝牙 4.0 的双模式及单模式应用

蓝牙 4.0 有双模和单模两种应用模式。

双模(dual-mode)应用中,蓝牙低功耗(BLE)功能集成在现有的传统蓝牙控制器中,或在现有传统蓝牙技术(2.1+EDR/3.0+HS)芯片上增加低功耗堆栈,对于蓝牙主芯片来说,整体架构基本不变,因此成本增加有限。双模设备包括智能手机、平板电脑、PC/笔记本电脑、智能电视等,这些设备在使用中充当中心。双模蓝牙设备上的蓝牙标识是“Bluetooth Smart Ready”,表示具备蓝牙 4.0 双模(Bluetooth v4.0 dual-mode)的智能设备,见图 1-6。



图 1-6 双模蓝牙设备及其标识

Bluetooth Smart Ready 设备应具备以下特性:

必备:

- 按照蓝牙 4.0 规范且基于 GATT 架构;
- 双模包括低功耗蓝牙和传统蓝牙;
- 允许用户升级设备固件。

应具备:

第1章 关于低功耗蓝牙

➤ 允许第三方创建 app 并下载到设备上运行。

首个支持蓝牙 4.0 标准的智能手机则是在 2011 年 9 月发布的 iPhone 4S。随后 Galaxy S3、Galaxy Note 2 等一批支持蓝牙 4.0 的智能手机也纷至沓来。目前市场上主流的智能手机品牌硬件上基本上都已经支持蓝牙 4.0。

单模(single-mode)应用面向高集成、低数据量、低功耗设备,支持快速连接、可靠的点对多点数据传输、安全的加密连接等特性。

本书主要探讨基于低功耗蓝牙的单模式应用。

需要注意的是,单模式蓝牙低功耗设备与现有传统蓝牙设备不能兼容,无法向下兼容(与 3.0/2.1/2.0 无法相通),仅能与支持低功耗蓝牙(BLE)技术的设备相连接。一般而言,智能手机,平板电脑个人电脑等设备将会安装双模式蓝牙芯片,以便与蓝牙低功耗设备及传统蓝牙设备进行互操作。

单模蓝牙设备上的蓝牙标识是“Bluetooth Smart”,表示具备蓝牙 4.0 单模(Bluetooth v4.0 single-mode)的智能设备,见图 1-7。

Bluetooth Smart 应具备以下特性:

- 按照蓝牙 4.0 规范且基于 GATT 架构;
- 作为单模低功耗设备。



图 1-7 单模低功耗蓝牙(智能蓝牙)设备及标识

1.6 操作系统对蓝牙 4.0 的支持

对于构成蓝牙 4.0 的生态来说,除了需要手机硬件对蓝牙 4.0 的支持外,操作系统对于蓝牙 4.0 的支持也甚为关键。iOS6.0 以上已经提供对蓝牙 4.0 的原生态支持,Android 4.3 开始为蓝牙 4.0 提供了原生态的支持,Windows 8 也已经提供了原生态的操作系统支持,这就为低功耗蓝牙的应用奠定了良好的生态基础。

支持蓝牙 4.0 的手机硬件平台,原生态的操作系统支持,以及低功耗蓝牙外设已经打通了低功耗蓝牙应用的各个环节,对当下如火如荼的可穿戴设备,乃至“物联网”的应用起到推波助澜的作用。

1.7 关于低功耗蓝牙的平台芯片

同时包括 Nordic Semiconductor、CSR、Ti 等在内的半导体厂商也提供了适用与低功耗蓝牙外设 (Bluetooth Smart) 的解决方案, 其中 Nordic Semiconductor 由于具有良好的系统及软件架构、极低的功耗、在众多运动健康产品、可穿戴设备中得到广泛应用, 为多个知名的穿戴设备及运动健康品牌所选用, 如 Fitbit、Jawbone、Adidas、Nike 等。

1.8 关于蓝牙 4.1

作为蓝牙技术的进一步发展, 2013 年 12 月份发布了蓝牙 4.1 规范, 蓝牙技术联盟 (Bluetooth SIG) 日前正式推出了蓝牙 4.1 标准, 蓝牙 4.1 标准在之前的基础上做了四大改进, 主要变化在低功耗蓝牙部分:

- (1) 与 4G 等技术实现“和平共处”, 更好的支持 LTE。
- (2) 进一步减少设备间重连时间, 将更加智能化。
- (3) 对数据传输速度进行了优化, 传输速度更快更高效。
- (4) 支持 IPv6 标准, 满足物联网的要求。

由于目前蓝牙 4.1 标准刚发布, 操作系统尚需要一段时间来实现支持, 未来蓝牙 4.0 的设备可以通过升级固件的方式, 提升到支持蓝牙 4.1, 进一步拓展其应用场景和空间。

1.9 关于蓝牙 4.2

随着智能设备的进一步发展和物联网概念的兴起, 业界对短距离无线通讯技术提出了更高的要求。在这样的背景下蓝牙 4.2 应运而生。

2014 年 12 月 5 日蓝牙技术联盟公布的蓝牙 4.2 标准。蓝牙 4.2 标准为物联网, 尤其是低功耗智能设备联网大开方便之门。

蓝牙 4.2 的最大改进是支持 6LowPAN (IPv6 over Low-power wireless Personal Area Networks), 亦即基于 IPv6 协议的低功耗无线个人局域网技术。6LowPAN 是首个融入 IP 协议的无线通信标准, 这一技术允许多个蓝牙设备基于 IP 通过一个终端接入互联网或局域网。在智能家居系统中, 传统的家庭电气设备都有可能连入局域网方便交互和控制, 但大多数的设备并不适合高带宽、高功耗的 Wi-Fi 接入方式。智能插座、智能开关、智能灯具、空调、净化/加湿设备、厨卫电器等更适合使用蓝牙传输。以往的标准下每个设备必须连接智能手机或 PC 才能被控制, 这大大限制了蓝牙的使用场景。蓝牙 4.2 使得同一个房间只需有一两个蓝牙到局域网络接入端

(比如支持蓝牙 4.2 的无线 AP),就可以让房间内所有的蓝牙 4.2 设备接入家庭局域网而无需手机或 PC 的参与。这样,大部分智能家居电器可以抛弃较为复杂的 Wi-Fi 连接,改用轻便小巧功耗低的蓝牙传输。另一方面,由于 Wi-Fi 网络开始向 5 GHz 频段迁移,2.4 GHz 频段的蓝牙可以避免同 Wi-Fi 的互相干扰。大量设备改用蓝牙同时会降低路由器在 Wi-Fi 端的并行传输压力,提高整个家庭局域网的性能。

在商用领域蓝牙 4.2 也大有可为。例如一条街道上的路灯可以通过它串联接力,在路口接入城市物联网络——这样就无须保证每盏路灯都在 Wi-Fi 信号或 3/4G 信号覆盖范围之内。餐厅可以在所有餐位安装小型蓝牙呼叫器,方便顾客呼叫服务员、查看餐食制备进度。工厂可以为关键设备安装蓝牙监控芯片,远程实时查看机器状态等。相比 Wi-Fi 连接,蓝牙的成本较低、芯片非常小巧且非常节能,可以作为物联网络中 Wi-Fi/有线网络的二级连接层,将大量只需要传输简短信息的设备全部轻松纳入整个网络。由于直接支持 IPv6,蓝牙 4.2 设备在接入局域网后很容易通过互联网进行远程发现和控制,其应用场景更为广泛。

在传输性能方面蓝牙 4.2 在部分层面做出了提升。虽然媒体广泛报道蓝牙 4.2 相比之前的版本,传输带宽达到了 2.5 倍之多;但事实上这一提升仅限于蓝牙低功耗传输方式。过去的低功耗蓝牙连接的传输速率约为 260 Kbps,新的标准提升到了 650 Kbps。考虑到新的标准会主要应用于低功耗物联网终端,低功耗传输速率大幅提升还是很有意义的。

新的标准的一大优势是无需现有设备更新硬件,只需固件升级即可支持,只是传输性能的提升需要硬件层面的改变。这意味着大量现有的蓝牙设备都可能通过简单的软件更新获得新的网络连接能力;智能设备也可以迅速使用成熟的蓝牙芯片套件来进行开发。预计当蓝牙 4.2 标准在 2015 年大范围推广后,新开发的物联网设备大都会采用这一标准取代或补充 Wi-Fi 连接方式。为蓝牙 4.2 终端提供网络接入能力的智能路由器或无线 AP 也将大量面市,为用户提供基础的网络环境。新的蓝牙标准让物联网离我们的生活更近一步,我们可以很快感受到它带来的诸多便利。

1.10 其他短距离无线通信技术

在短距离无线通信应用领域,除了蓝牙标准,还有其他技术和标准,如 ANT、ZigBee,以及 NFC 近场通信等,每种技术都有自己的优点和缺点,并且有些用途与低功耗蓝牙是相类似的。在这里对这些技术也做一个简要介绍和对比,其意图不是比较技术优劣,而是给读者对相关的技术有更全面的了解。

1.10.1 ANT

ANT 无线网络是由 Dynastream、Nordic 等公司发起并推动的低功耗无线网络标准,如图 1-8 所示。由于 ANT 无线网络最初只在某些特定行业应用,因此并不