

无线单片机技术丛书

nRF24AP2单片 ANT超低功耗无线网络 原理及高级应用

谭 晖 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

nRF24AP2 单片 ANT 超低功耗 无线网络原理及高级应用

谭 晖 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 nRF24AP2 系列单片超低功耗 ANT 无线网络芯片为对象,详细介绍了 ANT 无线网络概念、原理及应用。尤其是从应用角度,对 ANT 无线网络进行了深入探讨。此外还介绍了开发环境的建立,以及 ANT 无线传感网教学开发实验平台。以应用为背景,以实战为目的,提供 ANT 各功能模块 C 源代码及详细说明,可使读者可在较短的时间内理解并应用 ANT 无线网络技术。

本书从实践出发,以应用为目标,可作为个人、学生、无线爱好者、工程师学习无线设计的入门及提高读物,或作为高等院校的计算机、电子、自动化、无线通信等专业相关课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

nRF24AP2 单片 ANT 超低功耗无线网络原理及高级应用
/谭晖编著. --北京:北京航空航天大学出版社,
2011.8

ISBN 978-7-5124-0528-8

I. ① n… II. ① 谭… III. ① 无线电通信-通信网
IV. ① TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 142689 号

版权所有,侵权必究。

nRF24AP2 单片 ANT 超低功耗无线网络原理及高级应用

谭 晖 编著

责任编辑 刘 标 郭 燕

*

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@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:16.5 字数:422 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0528-8 定价:36.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

序 言

作为专业的超低功耗无线射频方案提供者,Nordic 已向中国以及其他地区市场提供了数量巨大的 2.4GHz 工业、科学和医疗(ISM)频段无线连接解决方案产品。

Nordic 超低功耗无线技术(ULP)使得无线连接装置采用小型电池(如纽扣电池)长时间工作(数月乃至数年,取决于工作时的占空比)成为可能。

设计满足超低功耗无线连接要求的无线收发器不是一个简单的任务,但是 Nordic 工程师凭着积累了数十年的经验,再加上密集和预算充足的研发规划,开发出了一系列业界领先的超低功耗无线半导体产品。

本书选择了该系列超低功耗产品中的一组成员即 nRF24AP2 单片 ANT 超低功耗解决方案进行介绍。该单芯片解决方案集成了领先的超低功耗技术和经过优化的软件,连同其上一代成员 nRF24AP1 已经部署了超过一千四百万个节点。

由于包含了射频收发和嵌入式协议堆栈,nRF24AP2 使得从简单点至点到复杂网状拓扑结构的无线网络应用的快速实施成为可能。

单通道 nRF24AP2 是针对传感器应用的成本优化和使用灵活的产品,配合不同的微控制器,可实现简单的传感器应用(如自行车码表),也可实现复杂的应用(如心率监测仪及血糖监测仪)。

8 通道 nRF24AP2 是针对集中器类应用设计的性能先进和使用灵活的产品,其最多支持 8 个通道,并且不影响功耗。这使得例如运动手表、自行车行车电脑和健身机电脑等产品最多可同时连接到 8 个传感器。

还有一个成员是 8 通道带 USB 接口的 nRF24AP2 - USB。该器件提供与 8 通道器件同样先进的功能,只是串行接口改为全速 USB2.0 接口。nRF24AP2 - USB 是 ANT USB 适配器和需要到 USB 主机接口应用的理想选择。

这本书是为这三款芯片应用而撰写一本内容翔实的指南,这样工程师即使不是射频设计的专家也依然能够全面把握概念。阅读本书后,读者将能够满怀信心地追随数以千计已经将 nRF24AP2 先进功能添加到他们的产品中来增强竞争优势的工程师的脚步。

前面章节详细描述了 Nordic 的 nRF24AP2 硬件和 ANT 软件及典型应用,后面章节说明芯片的接口,ANT 消息协议,以及如何开发无线网络应用。书中所提供例子给出设计性能强大可靠的无线网络所必须考虑的因素。

我们希望您能够喜爱这本书并感到这是一本有价值的参考书(本书的姐妹篇包括已出版的介绍 Nordic 高端系统级 SOC 芯片 nRF24LE1 以及单片射频无线收发芯片 nRF24L01 系列书籍),Nordic 也欢迎任何的建议及反馈。

Ståle ("Steel") Ytterdal 叶钢
Nordic Semiconductor 亚太区市场及销售总监
Email: steel.ytterdal@nordicsemi.no
Tel: +852 3752 3781
Nordic Semiconductor ASA
Unit 2502, 25F, Golden Centre
188 Des Voeux Road, Central
Sheung Wan
Hong Kong



前言

一直以来,单片机和无线网络在不少技术人员的心目中仍然是相隔比较遥远的应用,往往想应用而又“不得其门而入”。而实际上,随着微电子技术、计算机技术、无线通信技术等技术的进步和应用的推动,特别是以 RFID、无线传感网、无线物联网等为背景的应用日益增多,无线网络与单片机的结合进一步拓展了应用和创新的空间,已经成为令人关注的热点。很多技术人员都对此有浓厚兴趣并迫切希望了解及进入这一应用领域。而无线网络的应用设计涉及网络协议、拓扑设计、抗干扰、网络管理,以及低功耗设计等等专门领域,对很多研发技术人员来说是颇为头痛的问题。如何使得研发人员更多地关注应用,而不用耗费大量的时间和精力在无线网络部分上,这是一个影响到很多创新应用能否得以实现的问题。目前关于 Zigbee 无线网络应用的介绍和书籍也已不少,但由于其协议堆栈的复杂性,开发的难度以及较高的应用成本往往使人望而却步,而且由于 Zigbee 一开始就被设计为较为复杂的应用,使得网络的实现以及部署的灵活性受到较大的限制,特别是在很多应用如无线传感网,在低功耗方面未能达到理想的性能。

如何能让更多的嵌入式应用更好更快地应用到无线网络的先进与便利,实现会用单片机就可以应用无线网络的梦想?挪威 Nordic Semiconductor ASA 推出 nRF24AP2 系列单片 ANT 超低功耗无线网络解决方案,其内嵌先进的 ANT 无线网络协议,使用者无需对无线网络协议堆栈和实现过程做深入了解,而仅需要进行简单的配置和设置,就可以非常方便地实现无线网络和极低功耗的应用,采用钮扣电池即可工作数年时间,可以组建各类简单到复杂的无线传感网、RFID、无线物联网等无线应用网络。

与目前知名度较高的 Zigbee 无线网络相比,ANT 无线网络具有非常独特的优势,尤其在低功耗方面远优于 Zigbee,网络部署具有极大的灵活性,已在市场上得到了大量的部署和应用(是目前实际部署量最大的无线传感网络之一),已经得到将近 400 多家厂商的支持。在网络的部署和实施上具有更大的灵活性和更高的效率,开发者无需了解复杂的网络协议及其堆栈的编程,而只需关注于应用,这一点对于大多数应用而言来说是十分必要的。毕竟对于大多数应用来说,使用何种网络标准和技术不是关键,重要的是如何快速、可靠及低成本地实现无线网络应用。

无线网络应用是一门实践性很强的技术,本书分为基础篇、提高篇和实战篇。基础篇详细介绍 nRF24AP2 系列超低功耗无线网络芯片的各部分功能原理及应用;提高篇详细说明各类 ANT 消息命令及使用,以及 ANT 网络概念;实战篇详述各种无线网络应用模式下的硬件和软件设计流程,并为每个功能模块编写了应用演示源程序,便于快速实验及测试。本书最大的目

的是帮助技术人员快速学习及入门 ANT 无线网络设计,理解和认识无线网络概念及应用,破除对无线网络应用的未知或畏惧心理,在短时间内,开发出高质量符合要求的无线网络应用产品。为了方便广大读者学习和交流,可以在 <http://www.freqchina.com> 网站及论坛下载相关资料。同时,如果读者对本书学习中所用到的器件、开发工具等设备有兴趣,也可以访问该网站查看购买方式。

在此感谢 Nordic 对本书的出版支持。Nordic 是一家极具特点的公司,其做事的严谨性,创新的持续性,对技术发展的前瞻性以及对技术发展的把握令人钦佩。感谢 Nordic 亚太区市场及销售总监 Steel、亚太区域销售经理 Chan Chim 长期以来的大力支持和热心帮助。我们也忘不了 Nordic 亚太区技术团队 Kjartan、John So、Salas Lau 以及挪威总部等的支持与协助,并提供了建设性的意见和参考资料。

由于编者水平有限,书中的错误及不足之处在所难免,请读者及专家指正。

作者
2011 年 5 月



第1章 ANT 超低功耗无线网络简介	1
1.1 低功耗无线网络应用背景	1
1.2 何为 ANT 网络	2
1.3 Zigbee 与 ANT 无线网络的特点	2
1.3.1 超低功耗特性	4
1.3.2 低系统成本及开发成本	5
1.3.3 灵活的网络拓扑结构	5
1.4 ANT 低功耗无线网络的基本概念	7
1.4.1 ANT 无线网络节点	7
1.4.2 ANT 无线网络通道	7
1.4.3 ANT 无线网络的基本工作方式	8
1.4.4 搜索、配对	9
1.4.5 跳频工作	9
1.4.6 ANT 无线网络的组网方式	10
1.5 2.4GHz 无线链路的预测	11
1.5.1 自由空间电波传播基础	11
1.5.2 自由空间下 2.4GHz 频段的无线链路预测	12
1.5.3 在实际环境下 2.4GHz 频段的无线链路预测	13
1.5.4 增加 2.4GHz 无线通信距离的方法	13
1.5.5 无线链路预测工具	14
第2章 2.4GHz 单片 ANT 超低功耗无线网络芯片 nRF24AP2	16
2.1 nRF24AP2 介绍	16
2.1.1 nRF24AP2 特性	16
2.1.2 nRF24AP2 应用领域	17
2.2 nRF24AP2 概述	17
2.2.1 nRF24AP2 功能	17
2.2.2 nRF24AP2 的内部框图	19
2.2.3 nRF24AP2 芯片引脚分配	19
2.2.4 nRF24AP2 引脚功能	19
2.3 nRF24AP2 的射频收发器	22
2.3.1 nRF24AP2 射频收发器功能	22
2.3.2 nRF24AP2 射频收发器内部框图	22

2.4	ANT 协议概述	23
2.4.1	ANT 内部框图	23
2.4.2	ANT 功能说明	23
2.5	nRF24AP2 与微处理器的接口方式	29
2.5.1	微处理器接口功能	29
2.5.2	异步串行接口	30
2.5.3	同步串行接口	32
2.6	nRF24AP2 片内振荡器	38
2.6.1	振荡器特性	38
2.6.2	振荡器内部框图	38
2.6.3	振荡器功能描述	38
2.7	nRF24AP2 工作条件	40
2.8	nRF24AP2 电气特性	40
2.8.1	nRF24AP2 特定应用下的电流消耗	43
2.8.2	电流计算实例	45
2.9	nRF24AP2 绝对最大额定值	45
2.10	nRF24AP2 封装尺寸规格	46
2.11	nRF24AP2 应用范例	46
2.11.1	PCB 设计指南	46
2.11.2	同步(位)模式原理图	47
2.11.3	同步(字节)模式原理图	48
2.11.4	异步模式原理图	48
2.11.5	材料清单(BOM)	48
2.12	nRF24AP2 无线网络模块	51
2.12.1	产品特性	51
2.12.2	适合各种无线网络拓扑应用	52
2.12.3	工作条件	52
2.12.4	引脚排列及说明	52
2.12.5	微处理器接口	53
2.13	nRF24AP2 增强功率 PA 无线网络模块	57
第3章	带 USB 接口的单片 ANT 无线网络芯片 nRF24AP2 - USB	58
3.1	nRF24AP2 - USB 介绍	58
3.1.1	nRF24AP2 - USB 基本特性	58
3.1.2	nRF24AP2 - USB 应用领域	59
3.2	nRF24AP2 概述	59
3.2.1	nRF24AP2 - USB 功能	59
3.2.2	nRF24AP2 - USB 内部框图	61
3.2.3	nRF24AP2 - USB 引脚分配	62
3.2.4	nRF24AP2 - USB 引脚功能	62

3.3	nRF24AP2 – USB 射频收发器	63
3.3.1	nRF24AP2 – USB 射频收发器功能	63
3.3.2	nRF24AP2 – USB 射频收发器内部框图	63
3.4	ANT 协议概述	64
3.4.1	ANT 内部框图	64
3.4.2	功能描述	65
3.5	nRF24AP2 的主机接口	70
3.5.1	主机接口功能	70
3.5.2	主机接口内部框图	70
3.5.3	主机接口功能描述	71
3.6	nRF24AP2 – USB 的片内振荡器	77
3.7	nRF24AP2 – USB 工作条件	78
3.8	nRF24AP2 – USB 电气规格	79
3.8.1	nRF24AP2 的 USB 接口	80
3.8.2	nRF24AP2 – USB 的直流电气特性	81
3.8.3	nRF24AP2 – USB 的电流消耗	82
3.9	nRF24AP2 – USB 的绝对最大额定值	82
3.10	nRF24AP2 – USB 的封装尺寸规格	83
3.11	nRF24AP2 – USB 应用范例	83
3.11.1	PCB 设计指南	83
3.11.2	nRF24AP2 – USB 应用原理图	84
3.11.3	PCB 布局图	84
3.11.4	材料清单(BOM)	84
3.12	nRF24AP2 – USB 无线网络模块	86
3.12.1	产品特性	86
3.12.2	各种无线网络拓扑应用	86
3.12.3	基本电气特性	87
3.12.4	模块顶视图及主机接口	87
3.12.5	典型应用	88
3.13	nRF24AP2 – USB 增强功率无线 USB 网络模块	88
3.13.1	模块顶视图	88
3.13.2	基本电气特性	89
第4章	ANT 芯片及模块接口详述	90
4.1	ANT 接口介绍	90
4.2	ANT 的异步串行接口	91
4.2.1	ANT 的异步串行接口说明	91
4.2.2	ANT 的异步串行接口参数	91
4.2.3	ANT 的链路层协议	92
4.2.4	ANT 消息	93

4.2.5	异步串口控制信号(RTS)	93
4.2.6	节电控制	93
4.3	ANT 的同步串行接口	94
4.3.1	ANT 同步串行接口说明	94
4.3.2	ANT 同步串行接口参数	95
4.3.3	ANT 链路层协议	95
4.3.4	实现同步	97
4.3.5	串口通信的工作机制	97
4.3.6	字节同步的消息传输	98
4.3.7	位同步的消息传输	100
4.3.8	上电/掉电控制	101
4.3.9	串行使能控制(ANT→主控 MCU)	101
4.3.10	采用 Epson MCU 作为主控 MCU 的典型应用	101
第5章	ANT 消息协议详述和使用	103
5.1	ANT 协议介绍	103
5.2	ANT 产品系列	104
5.2.1	ANT 单芯片和芯片组	104
5.2.2	ANT 模组	104
5.2.3	ANT USB 接口棒	104
5.2.4	ANT 开发工具包	104
5.2.5	ANT PC 接口软件	104
5.3	ANT 网络拓扑	104
5.4	ANT 节点	106
5.5	ANT 通道	107
5.5.1	ANT 通道上的通信	107
5.5.2	ANT 的通道配置	108
5.5.3	建立一个 ANT 通道	112
5.5.4	ANT 数据类型	113
5.5.5	ANT 独立通道	115
5.5.6	ANT 共享通道	115
5.5.7	ANT 连续扫描模式	117
5.6	ANT 设备配对	117
5.6.1	ANT 设备配对实例	118
5.6.2	ANT 的包含/排除列表	119
5.6.3	ANT 邻近搜索	119
5.7	ANT 接口	120
5.7.1	ANT 信息结构	120
5.7.2	微处理器串行接口	122
5.7.3	PC 串行接口	122

5.8 ANT 网络实现范例	122
5.8.1 用独立通道实现	123
5.8.2 用共享通道实现	126
5.9 附录 A - ANT 消息详述	130
5.9.1 ANT 消息	130
5.9.2 ANT 消息结构-备注	130
5.9.3 ANT 消息摘要	131
5.9.4 ANT 产品功能	134
5.9.5 ANT 消息详细说明	136
第 6 章 深入了解 ANT	174
6.1 ANT 设备配对	174
6.1.1 通道 ID	174
6.1.2 设备配对位	175
6.1.3 包含/排除列表	177
6.1.4 搜索列表	178
6.1.5 邻近搜索	179
6.1.6 请求通道 ID	179
6.1.7 应用实例	179
6.1.8 小结	182
6.2 邻近搜索	182
6.2.1 使能邻近搜索	183
6.2.2 设计注意事项	183
6.2.3 小结	184
6.3 ANT 通道搜索和后台扫描通道	185
6.3.1 ANT 通道搜索	185
6.3.2 通道搜索示例	185
6.3.3 主设备和从设备通道周期间的关系	186
6.3.4 搜索模式	187
6.3.5 功耗以及时间延迟	189
6.3.6 后台扫描通道	189
6.3.7 小结	191
6.4 突发传输	191
6.4.1 突发传输说明	191
6.4.2 数据吞吐率	192
6.4.3 串行接口协议	192
6.4.4 突发控制技术	193
6.4.5 传输队列	194
6.4.6 事件消息	195
6.4.7 小结	196

6.5 ANT 多通道应用的设计考虑	196
6.5.1 ANT 通道概述	197
6.5.2 设计注意事项	197
6.5.3 关于多通道的常见误解	200
6.5.4 通用多通道的最佳实施方式	200
6.5.5 小结	201
6.6 ANT 协议下的电源功耗状态	201
6.6.1 异步串行模式下的电源功耗状态	201
6.6.2 同步串行模式下的电源功耗状态	205
6.6.3 ANT 功耗的预测和估算	206
6.6.4 小结	209
6.7 与 ANT DLL 的动态连接	209
6.7.1 动态链接的基本知识	209
6.7.2 与 ANT DLL 动态链接实现	211
第7章 一个 2.4GHz 无线运动健康监测传感系统设计实例	212
7.1 2.4GHz 无线运动应用场景	212
7.2 2.4GHz 无线运动健康监测传感系统的典型拓扑结构	213
7.3 中心节点(接收机)的设计	213
7.3.1 设计的基本条件	214
7.3.2 实现范围	214
7.3.3 设计层	215
7.3.4 消息流程图	215
7.4 中心节点(接收机)的实现	216
7.4.1 软件实现	216
7.4.2 测试所需硬件配置	219
7.5 更多的 ANT 应用	219
第8章 无线传感网教学开发实验平台	220
8.1 平台概述	220
8.2 无线传感网教学开发实验平台拓扑结构	220
8.3 无线传感网教学开发实验平台系统组成	221
8.3.1 无线温度传感节点	221
8.3.2 无线传感网中心节点组成	225
8.3.3 无线传感网中心节点的计算机终端监控软件	229
8.3.4 如何编译、下载并运行一个例程	230
第9章 nRF24AP2 无线网络应用编程实例	235
9.1 nRF24AP2 的上电复位操作	235
9.2 nRF24AP2 的基本参数设置函数	236
9.3 中心节点 nRF24AP2 的初始化操作	242
9.4 无线传感节点 nRF24AP2 的初始化操作	245
参考文献	248

ANT 超低功耗无线网络简介

1.1 低功耗无线网络应用背景

无线通信技术、计算机技术和半导体技术的进步以及融合,推动了多功能、低功耗传感器应用的快速发展,能够在极为有限的体积内集成诸如信息感知及采集,数据的处理融合,无线通信和组网的管理,极低功耗的实现等多项功能。

在这些无线新技术的基础上,我们在进行数据交换时就不必受时间和空间的限制,再也不用为网络布线而苦恼。当前已成为热点的无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)就是部署在一定区域内的大量传感器节点,通过无线通信方式而形成的网络系统,协同感知,获得和处理网络内相关感知对象的信息,并传送给需要的观察者。无线传感网给传感器网络乃至物联网的部署和实现提供了极大的灵活性,并大大延展了传感网和物联网的应用领域,同时也对无线通信技术提出了新的挑战。每个传感器节点可以看作是一个微型的嵌入式系统,必须能够兼顾功能及功耗的要求。在很多的无线传感网络应用中,除了需要具备数据收集和较强的无线通信抗干扰组网能力外,往往还需要传感节点能够长时间、持续性地感知和收集数据,比如要求在使用纽扣电池时的使用寿命长达数年之久。这些要求的实现依赖于低功耗的无线通信协议和设备的支持。

目前多种新的无线中短距离通信网络技术方兴未艾,如 WiFi、Bluetooth、Zigbee、ANT,以及 UWB 超宽带无线通信技术等,这些新的无线通信技术的性能参数和应用对象都各有其特点。对于无线传感网的应用,在诸如工业控制、智能家庭自动化、运动及健康医疗监控、环境监测、传感器网络、有源 RFID,以及物联网等应用中,系统所要求的传输数据量较小,传输速率较低,而系统终端往往是体积很小和功耗要求极低的嵌入式设备。在这类应用中,工程师可以开发自己的网络协议,也可以采用其他完整的方案,例如目前市场上已有的 Zigbee 方案以及 ANT 网络方案。

Zigbee 技术是一种具有统一技术标准的短距离无线通信技术,其 PHY 层和 MAC 层协议为 IEEE802.15.4 协议标准,网络层为 Zigbee 技术联盟制定,应用层的开发根据用户自己的应用需要而进行。由于设计的初衷及严格地遵守标准,ZigBee 可以较好地满足互通性目标的要求。但是实践和经验说明这样一个道理,基于标准的技术很少会是最佳的工程解决方案,原因

是标准往往必须做出多种折衷,最大的折衷是标准制定机构必须确保标准能够满足所有需求。考虑到系统兼容性和应用的复杂性,Zigbee 协议在理论上设计了完善的机制,但是完善的机制也使得应用变得过于复杂,需要对整个协议堆栈的流程和各种状态进行深入的了解,这对于很多应用开发人员而言是非常困难的。尽管部分 Zigbee 厂商的开发平台也公布了 Zigbee 协议栈的源代码,但是理解和开发的难度仍然很大。Zigbee 网络中由于存在多种不同类型的节点,其节能及睡眠机制需折衷考虑,比如路由节点不能采用电池供电,这给无线网络部署带来困难和障碍。Zigbee 的这些特点及难点,对于无线网络的应用开发者而言都是不容回避的,挑战这些技术难点,所付出的代价将是巨大的。其次,Zigbee 目前的成本还比较高,没有达到预期的低成本。应用 Zigbee 标准的产品,仍需要加入相关的联盟组织,进行相关的认证并交纳相应的费用,这也会带来一定的困扰。

对于应用和开发者而言,其所关注的往往是如何将技术构思迅速转化为产品,是否采用某种标准未必是其最所关注的问题。随着应用的便利性,被充分验证的可靠性,网络部署的灵活性,以及出色的低功耗特性,被越来越多的人所认识,ANT 无线网络正得到越来越多的应用,包括在个人区域网络(PAN)及无线传感器网络(WSN)应用领域。

1.2 何为 ANT 网络

ANT 无线网络是由 Nordic、Dynastream 等公司发起并推动的超低功耗无线网络标准,可以实现及完成 Zigbee 的绝大多数应用场景,并具有更低的功耗,更快捷的开发应用周期,无需为协议付费等优点,已得到广泛的部署和应用。由于 ANT 无线网络最初只在某些特定行业应用,因此并不太为人所知,鉴于其在健康、运动、医疗等领域所获得的巨大成功,使得 ANT 无线网络应用逐渐走向前台,成为更多无线应用的新的选择。截至 2010 年 11 月,ANT 联盟企业成员目前已多达 380 个,部署的应用节点已经达三千多万个,并仍在快速增加中。

极低的功耗是 ANT 无线网络的最大优势之一,采用纽扣电池供电可达数年的工作寿命,ANT 无线网络下工作的平均功耗最低可达 $10\mu\text{A}$ 左右,休眠时的功耗甚至可低至 $0.5\mu\text{A}$ 。其次,ANT 无线网络已经将相关的无线网络协议、抗干扰协议、超低功耗电源管理等完全封装在芯片内部,开发者无需关注其无线协议的细节及过程,无需关注如何实现低功耗及唤醒,只需根据应用需要对各节点进行网络配置即可完成网络的构建及应用。对开发者来说,这是一个巨大的进步,开发者可以不用耗费大量的时间和精力在无线协议、网络的管理和低功耗的实现上,而专注于应用和功能的实现,大大加快了开发周期,缩短了产品的上市时间。

ANT 网络既可以用于小型无线网络,也可用于大型复杂无线网络中,其特点是网络部署方式多样化,可以是广播、点对点、星形,乃至复杂的网状结构。通过适当的配置,网络中的某个节点可以同时分属于不同的网络,在不同的通道上,既可以作为主节点,也可以作为从节点。这也使得网络部署极为灵活高效。

1.3 Zigbee 与 ANT 无线网络的特点

ZigBee 网络中采用了不同功能的节点(图 1-1):ZigBee 协调器(ZigBee Coordinator,ZC)、ZigBee 路由器(ZigBee Router,ZR)和 ZigBee 终端设备(ZigBee EndDevice,ZED)。采用不同类

型节点的目的在于降低成本,因为在可能的情况下,可使用功能较少和较便宜的节点。ZigBee 的节点系列从 ZigBee 协调器(ZC)开始,该设备功能最多,用于启动网络并与其他网络提供桥接;接下来是 ZigBee 路由器(ZR),用来执行应用功能,并作为为中间路由器,传送来自其他设备的数据;最后,ZigBee 的结构中还包括一个端点设备(ZED),它只能与上级节点(ZC 或 ZR)通信,不能中继来自其他设备的数据。建立一个 ZigBee 网络时,首先需围绕着 ZC 建构一个子集。该子集将负责处理来自相邻协调器,希望将该子集与 mesh 网设立连接请求。要将这种网络扩展到对等网络并非易事,因为对于节点来说,除非具有合适的类型,否则要随时加入和离开网络是困难的。

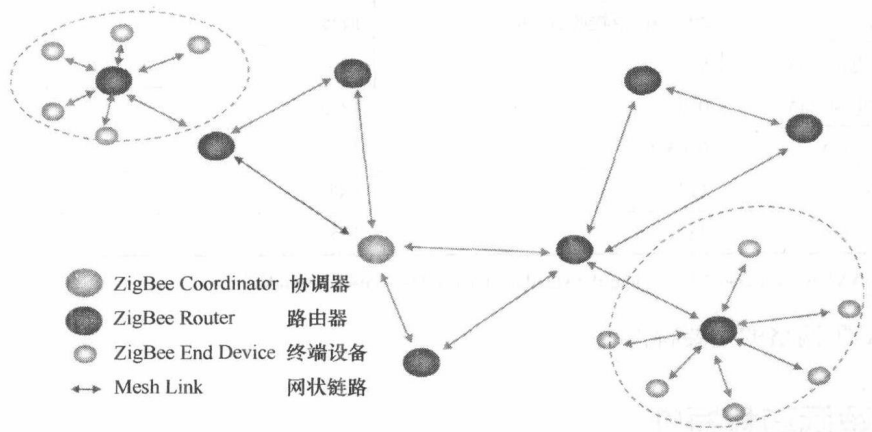


图 1-1 ZigBee 网络不同功能节点示意图

而在 ANT 网络中,可以使所有的节点完全平等,并能在实际网络和交换过程中平等地随时作为从节点或主节点。在这种网络中,节点既可以作为发射机,也可以作为接收机,或者将流量路由到其他节点,可依 ad hoc 方式随时加入和离开网络。此外,每个节点也可根据相邻节点的活动情况来确定最佳的发送时间,因此无需专用的协调器(如 ZigBee ZC)或路由器节点。ANT 就是这类网络解决方案的例子。它能够支持几十甚至数百个节点的对等互连。这意味着节点可以方便地加入和离开网络,且所需的系统资源开销比较低。

在很多并不要求系统互通性的超低功耗无线网络应用中,无论是从性能、成本,或是网络实现的简便性而言,ANT 显然优于 ZigBee。

Zigbee 与 ANT 都可以用于无线 PAN 以及 WSN 等网络的构建,ANT 可以实现大多数情况下 Zigbee 的应用场景,而且 ANT 具有更低的功耗,更灵活的组网方式。

表 1-1 为 Zigbee 与 ANT 基本性能比对表。

表 1-1 Zigbee 与 ANT 基本性能比对表

无线网络	ANT	Zigbee
遵循标准	非标准	IEEE802. 15. 4
应用	PAN(Personal Area Network) WSN(Wireless Sensor Network)	PAN(Personal Area Network) WSN(Wireless Sensor Network)

续表 1-1

无线网络	ANT	Zigbee
主控制器要求/KB	2	100
电池使用寿命(纽扣电池)	3 年以上	4~6 个月
最大网络容量	2^{32}	2^{64}
空中传输速率/kbps	1000	250
工作距离/m	约 1~30(在 2.4GHz 时)	约 1~30(在 2.4GHz 时)
支持网络拓扑	点对点、星形、树形、网状	点对点、星形、树形、网状
节点配置类型	单发射,单接收,收发	收发
TX 发射峰值电流/mA	9	32
RX 唤醒接收电流/mA	0.82	13.5
平均工作电流/mA	0.0385	1.82
平均功率/ μ W	115	9 000
休眠工作功率/ μ W	35	125

* 数据来源: ANT white paper "Exceeding the standard for wireless sensor networks"

下述 ANT 网络的主要特性。

1.3.1 超低功耗特性

超低功耗是 ANT 网络的重要特性之一,在无线应用中功耗受许多因素的影响,其中一项要素是无线速率。对于特定的数据量,无线速率与发送这些数据所用的时间,即工作在高耗电接通状态的时间密切相关。理论上,速率越高,传输速率越快,从睡眠模式唤醒后所需工作的时间越短。但实际上,速率高则功耗大,在所增加的功耗超过因时间缩短而获得的收益时,需要折衷考虑,实际应用中最优的折衷点通常认为是 1Mbps。ANT 采用 1Mbps 速率,而 ZigBee 则采用 IEEE802.15.4 标准的 250kbps。这意味着传输一定的数据量时,ZigBee 所需要时间是 ANT 的 4 倍。

功耗还会受到无线通信协议效率的影响,高效的协议对于降低功耗是一个更大的挑战,低效率的通信协议往往会增加功耗。协议的效率透过开销和载荷的比值来度量。比如对于特定的载荷可以采用较短的数据包。通常,ZigBee 的协议效率是 20%(不过效率可能会随着载荷的长度变化有所改善),而 ANT 的效率是 47%。由此可见,ANT 协议是一个高效的,适合于极低功耗应用的无线通信协议。

像很多基于标准的协议一样,ZigBee 联盟为了使参与的各方都满意,同时保证可互操作性不得不增加一些额外特征,这样就使得协议栈增大,效率降低,最终导致能量消耗增加。

对于实际使用的无线网络来说,低功耗是关键的技术指标,特别是像无线传感器网络这样的应用。为了将维护系统运行所需资源降到最低水平,电池必须能够持续工作数月甚至数年。ZigBee 联盟将 ZigBee 描述成低功耗方案,但这是与蓝牙系统相比较而言的。对于需要工作更长时间(如数年)的无线网络应用,Zigbee 难以满足其低功耗的要求。在低功耗方面,ANT 具有独特的优势。