

# 蓝牙技术原理、开发与应用

钱志鸿 杨帆 周求湛 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

蓝牙技术是一种短距离无线通信技术,在短短的几年内得到了迅速发展,在消费电子等各领域应用前景广阔。本书对蓝牙技术的原理、开发与应用做了详细而深入的介绍。

全书分为上下两篇,共12章。上篇根据蓝牙国际组织最新发布的蓝牙核心协议规范详细介绍了蓝牙技术的原理,包括蓝牙的体系结构、工作原理以及几种重要的剖面结构。下篇是本书的重点,详细介绍了蓝牙技术的开发与应用。包括蓝牙模块介绍、蓝牙开发工具使用说明、蓝牙嵌入式开发的方法和典型蓝牙产品的软、硬件开发实例等。书中通过多种蓝牙产品的设计实例分析,读者可以熟练掌握蓝牙的开发与应用。

本书内容丰富,适合从事蓝牙产品的开发设计人员使用与参考,同时也适合高等院校电子通信类本科生与研究生作为专业教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

蓝牙技术原理、开发与应用/钱志鸿等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2006.3

ISBN 7-81077-507-3

I. 蓝… II. 钱… III. 短距离—无线电通信:数字通信—通信技术 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 045791 号

### 蓝牙技术原理、开发与应用

钱志鸿 杨帆 周求湛 编著

责任编辑 金友泉

\*

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(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×1092 1/16 印张:25.25 字数:646千字

2006年3月第1版 2006年3月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 7-81077-507-3 定价:35.00元

## 前 言

蓝牙技术是一种无线数据与语音通信的开放性全球规范,是以低成本、短距离无线通信为基础,为固定与移动设备的通信环境提供特别连接的通信技术。其实质是建立通用的无线电空中接口与其控制软件的公开标准,使通信与计算机技术进一步结合,实现不同厂家生产的便携式电子设备在没有电缆连接的情况下即可在短距离范围内具有相互操作的功能。例如,将蓝牙技术应用到移动电话和笔记本计算机中,就可以免除移动电话与笔记本计算机之间的有线电缆而可通过无线方式建立连接。打印机、PDA、台式计算机、传真机、键盘和游戏操纵杆等其他数字设备都可以成为蓝牙系统的一部分。除此之外,蓝牙技术还为已存在的数字网络和外围设备提供通用接口以组建一个远离固定网络的个人特别连接设备群。

蓝牙设备工作在全球通用的 2.4 GHz(即工业、科学、医学为 ISM)频段,其数据速率通常为 1 Mb/s(EDR 规范支持的增强数据传输速率可达 2 Mb/s 或 3 Mb/s),并采用时分双工的传输机制来实现全双工传输。ISM 频段是对所有无线电系统都开放的频段,因此使用其中的某个频段都会遇到不可预测的干扰,如无绳电话、微波炉等都有可能成为干扰源,为此蓝牙技术特别设计了快速确认与跳频的方案以确保链路连接的稳定性。与工作在相同频段的其他系统相比,蓝牙跳频更快,数据包更短,这使蓝牙设备比其他系统稳定和可靠。前向纠错机制的使用有效抑制了随机噪声,二进制调频技术的跳频收发器被用来抑制干扰和防止衰落。蓝牙技术的无线电收发器的传输距离最远可达 100 m 且不限在直线范围内,甚至设备不在同一房间内也能相互连接。蓝牙技术可以同时连接多个设备,这样可以使用户把周围的设备同时连接起来,形成一个规模更大的个人区域网络。

随着便携式计算机如笔记本计算机、手持式计算机、个人数字助理设备以及因特网的迅速发展,人们对电话通信以外的各种数据信息传递的需求日益增长。蓝牙技术将各种便携式计算机与蜂窝移动电话通过无线方式连接起来,使计算机与通信技术更加密切地结合,人们能随时随地进行数据信息的交换与传输。因此,计算机和移动通信行业都对蓝牙技术非常重视,认为蓝牙技术将对未来的无线移动数据通信业务产生巨大的促进作用。预计在最近几年内,蓝牙技术、蓝牙芯片和蓝牙产品都将获得重大进展。

本书的上篇即蓝牙原理部分,是参考蓝牙国际组织最新发布的蓝牙协议规范编写的,内容新颖、可读性强。为了使蓝牙的初学者能够迅速理解并掌握蓝牙的理论知识,本书并没有对蓝牙技术中一些晦涩难懂的理论做过多的叙述,而是由浅入深地向读者展示了什么是蓝牙,以及蓝牙是如何工作的,以便于理解和掌握。

本书的下篇即蓝牙开发与应用部分是本书的重点与特色。常见的蓝牙教材往往局限于通篇介绍蓝牙的协议规范等枯燥理论,且很多是简单翻译国外著作,基本没有任何开发应用部分,脱离了蓝牙技术重在实际应用的真正内涵,读者很难对蓝牙技术产生一个明确的认识,更无法进行蓝牙技术的开发与应用。本书的开发与应用部分举例丰富、内容翔实,是作者多年进行蓝牙技术研究与大量搜集、整理国内外蓝牙资料的结晶。通过多种蓝牙产品的设计举例(功能描述、硬件设计、软件开发等)使读者对蓝牙的理解从朦胧的理论认识升华为实际的掌握。此外,本书还详细介绍了目前主流蓝牙模块、蓝牙开发工具的使用方法,实用性较强。

全书分为上下两篇,共 12 章。上篇包括蓝牙技术概述、无线通信技术基础、蓝牙的基带规范、链路管理器协议、逻辑链路控制与适配协议、服务发现协议、适配协议、主控制器接口功能规范以及蓝牙剖面等。下篇介绍了常见的蓝牙模块、蓝牙开发工具的使用和蓝牙开发设计实例等。

全书由钱志鸿、杨帆、周求湛共同编著,钱志鸿统稿。此外,硕士研究生王欣、汪涛、陈战锋和李春宇等对本书进行了细致的校对工作。

本书在编写过程中得到了很多专家的帮助和指导,并参考、借鉴了国内外蓝牙研究者的大量文章与专著,在此表示衷心的感谢。

由于时间和水平有限,书中的错误与不当之处,希望广大读者与专家不吝指正。

作 者

2005 年 8 月

# 目 录

## 上篇 蓝牙技术原理

### 第 1 章 蓝牙技术概述

1.1 蓝牙技术的产生与发展 .....	3
1.2 蓝牙技术的特点 .....	4
1.3 蓝牙的现况与前景 .....	6
1.4 蓝牙的应用 .....	7
1.5 新版蓝牙规范 1.2 与 2.0 + EDR 简述 .....	10

### 第 2 章 无线通信技术基础

2.1 调制方式 .....	12
2.1.1 幅移键控 .....	13
2.1.2 频移键控 .....	13
2.1.3 相移键控 .....	13
2.1.4 高斯频移键控 .....	14
2.2 扩频通信原理 .....	15
2.2.1 扩频通信系统的基本模型 .....	15
2.2.2 扩频通信系统的抗扰特点 .....	16
2.2.3 跳频扩频 .....	16
2.2.4 直接序列扩频 .....	18
2.3 交换技术 .....	19
2.3.1 电路交换 .....	19
2.3.2 分组交换 .....	21
2.4 蓝牙无线规范概述 .....	25

### 第 3 章 蓝牙的基带规范

3.1 蓝牙基带规范 .....	27
3.1.1 物理链路 .....	28
3.1.2 基带分组 .....	28
3.1.3 逻辑信道 .....	31
3.1.4 数据加噪(白化) .....	31
3.1.5 基带收发规则 .....	32
3.1.6 流量控制与比特流处理 .....	33

3.1.7	基带收发定时.....	33
3.2	基带信道控制与网络控制.....	36
3.2.1	蓝牙时钟.....	36
3.2.2	链路控制器状态概述.....	37
3.2.3	查询过程.....	37
3.2.4	寻呼过程.....	38
3.2.5	连接状态.....	40
3.2.6	节能管理.....	41
3.2.7	基带链路监控.....	42
3.3	基带跳频选择.....	42
3.3.1	通用选择方案.....	42
3.3.2	选择内核.....	43
3.4	蓝牙地址.....	43
3.5	蓝牙的信息安全机制.....	44
3.5.1	蓝牙的安全机制.....	45
3.5.2	加密规程.....	46
3.5.3	蓝牙安全机制的方案改进.....	48
<b>第4章 链路管理器协议</b>		
4.1	LMP 格式.....	50
4.2	过程规则与 PDU.....	51
4.3	建立连接.....	60
4.4	测试模式与错误处理.....	61
<b>第5章 逻辑链路控制和适配协议</b>		
5.1	L2CAP 概述.....	62
5.2	L2CAP 的常规操作.....	63
5.3	数据分组格式.....	64
5.4	信令分组格式.....	65
5.5	配置参数选项.....	69
5.6	重发与流控制选项.....	71
5.7	状态机.....	71
<b>第6章 服务发现协议</b>		
6.1	服务发现协议概述.....	73
6.2	数据表示.....	75
6.3	协议说明.....	76
6.4	服务属性定义.....	78

## 第 7 章 适配协议

- 7.1 串口仿真协议..... 79
- 7.2 电话控制协议..... 79

## 第 8 章 主控制器接口功能规范

- 8.1 主机控制器接口概述..... 86
- 8.2 主控制器接口流量控制..... 87
- 8.3 主控制器接口指令..... 88
- 8.4 HCI 事件分组..... 92
- 8.5 错误代码表..... 93
- 8.6 HCI 传输层..... 94
  - 8.6.1 HCI USB 传输层..... 94
  - 8.6.2 HCI RS-232 传输层..... 95
  - 8.6.3 HCI UART 传输层..... 96

## 第 9 章 蓝牙剖面概述

- 9.1 蓝牙通用剖面..... 97
  - 9.1.1 普通接入剖面..... 97
  - 9.1.2 服务发现应用剖面..... 99
  - 9.1.3 串行端口剖面..... 100
  - 9.1.4 普通对象交换剖面..... 101
- 9.2 蓝牙应用剖面..... 102
  - 9.2.1 “三合一电话”剖面..... 102
  - 9.2.2 对讲机应用剖面..... 104
  - 9.2.3 拨号网络剖面..... 104
  - 9.2.4 耳机剖面..... 106
  - 9.2.5 对象 Push 剖面..... 107
  - 9.2.6 文件传输剖面..... 108

## 下篇 蓝牙开发与应用

## 第 10 章 蓝牙模块

- 10.1 蓝牙模块的研发进展..... 113
- 10.2 爱立信蓝牙模块..... 114
- 10.3 CSR 的蓝牙模块..... 121
- 10.4 DELTA 公司的 DFBM-CF121 蓝牙模块..... 134
- 10.5 AirLogic 公司的蓝牙模块..... 137
- 10.6 其他公司的蓝牙模块..... 140

## 第 11 章 蓝牙开发工具的使用

11.1 CSR 的嵌入式蓝牙开发工具.....	149
11.1.1 BlueLab 蓝牙嵌入式软件开发工具包 .....	149
11.1.2 CASIRA 硬件开发工具 .....	149
11.1.3 BlueTest 程序 .....	158
11.1.4 BlueFlash 程序 .....	159
11.1.5 PSTools 程序 .....	161
11.1.6 BlueChat 程序 .....	164
11.1.7 BTCLI 程序 .....	166
11.1.8 RFCLI 程序 .....	167
11.2 爱立信蓝牙开发工具 .....	187
11.3 其他公司的蓝牙开发工具 .....	190

## 第 12 章 蓝牙开发设计实例

12.1 使用 BlueLab 进行嵌入式开发 .....	193
12.1.1 使用常见问题 .....	193
12.1.2 关于应用程序环境 .....	195
12.1.3 简单应用 .....	195
12.1.4 关于 makefile .....	199
12.1.5 库与 API .....	200
12.2 CSR 蓝牙 RS-232 适配器示例设计 .....	242
12.3 蓝牙微型机互联的实现与软件设计 .....	273
12.3.1 HCI 通信流程 .....	273
12.3.2 完整的 HCI 操作过程与解析 .....	275
12.3.3 蓝牙串口通信编程示例 .....	287
12.4 CSR 蓝牙鼠标示例设计 .....	295
12.5 CSR 蓝牙无线耳机示例设计 .....	312
12.6 蓝牙打印机设计原理 .....	328
12.7 BlueCore 蓝牙芯片的接口设计与实现 .....	331
12.8 蓝牙单片机数据采集系统的设计与实现 .....	334
12.9 CSR 蓝牙网络接入点的设计与实现 .....	377

## 附录 蓝牙产品索引

## 参考文献

# 上篇 蓝牙技术原理

# 第 1 章 蓝牙技术概述

蓝牙是从英文 Bluetooth 单词直译而来的,是一种低功耗、短距离无线通信技术,其设计意图是取代现有的个人计算机、打印机、传真机和移动电话等设备上接口的有线电缆。作为一种新技术,蓝牙的主要优点是:可以方便地建立无线连接,代替传统的有线电缆连接,移植性较强,适用面广,安全性较高且每一台蓝牙设备的地址全球唯一,支持微微网与分散网等组网工作模式,应用范围广阔;此外,蓝牙设备功耗低,成本也较低,与其他通信设备相比,设计开发较为容易。

## 1.1 蓝牙技术的产生与发展

1994 年,爱立信移动通信公司为移动电话和电话附件之间寻找一种低功耗、低成本的无线接口。由于采用无线接口,首先需要规定其工作的频谱范围,并且为了保证该技术具有有线连接不具备的优势,其技术造价、容量以及接口尺寸等也需要做一定的规定。为了便于应用到便携式设备,蓝牙的功耗与体积必须足够小。此外,蓝牙也应该支持语音与数据通信。在爱立信公司的引领下,世界很多厂家的研发部门加入到共同协作开发此技术的行列中。由于蓝牙应具有全球通用性,所以必须获得来自计算机硬件、便携设备以及移动电话行业全面的支持。

1998 年 5 月,由爱立信、IBM、英特尔、诺基亚和东芝等 5 家公司联合制定了短距离无线通信技术标准,其目的是实现最高数据传输率 1 Mb/s(有效传输率为 721 Kb/s)、最大传输距离为 10 m 的无线通信技术标准。因此,该技术标准命名为 Bluetooth。Bluetooth 是欧洲中世纪丹麦一个国王的绰号,他统一了四分五裂的国家,立下了不朽的功劳。取名为蓝牙,暗示该技术必将统一世界,成为一种全球性的通信标准。

1999 年 7 月,蓝牙 SIG(蓝牙国际组织)正式公布了蓝牙 1.0 版本规范,将蓝牙的发展推进到实用化阶段。2000 年 10 月,SIG 非正式发布了 1.1 版本蓝牙规范,直到 2001 年 3 月,其 1.1 版规范才正式发布。蓝牙规范 1.0 版主要是针对点对点的无线连接,比如手机与计算机、计算机与外设、手机与耳机等的无线应用。蓝牙 1.1 版本将点对点扩展为点对多点,并修正了前一版本的错误与陈述模糊的概念。2003 年 11 月,蓝牙 SIG 公布了蓝牙 1.2 版本规范。新标准在实现设备识别高速化,减少与无线局域网(LAN)电波干扰功能的同时,还能与现有的 1.1 版本标准完全兼容。2004 年 11 月,蓝牙 2.0 标准(2.0 + EDR)正式推出,使蓝牙的应用完美地扩展到多媒体设备中,有望赋予蓝牙永久的生命力。新版本的蓝牙标准具有更高的数据传输速率,提供的带宽是目前蓝牙带宽的 3 倍,不过新版本蓝牙标准并没有增大无线传输的距离。蓝牙 2.0 在大量数据文件时耗电量只有旧版本蓝牙标准的一半。另外,新版本的蓝牙标准还具有向后兼容旧标准的能力。各版本的蓝牙技术规范可以从蓝牙国际组织的官方网站(<http://www.bluetooth.org>)免费下载。

## 1.2 蓝牙技术的特点

蓝牙技术提供低成本、近距离的无线通信,构成固定与移动设备通信环境中的个人网络,使得近距离内各种设备能够实现无缝资源共享。显然,这种通信技术与传统的通信模式有明显的区别。它的初衷是希望以相同成本和安全性实现一般电缆的功能,从而使移动用户摆脱电缆束缚。这就决定了蓝牙技术具备以下技术特性。

### 1. 能传送语音和数据

蓝牙技术定义了电路交换与分组交换的数据传输类型,能够同时支持语音与数据信息的传输。目前电话网络的语音通话属于电路交换类型,发话者与受话者之间建立起一条专门的连线。网络上的数据传输则属于分组交换类型。分组交换是将数据切割成具有地址标记的分组数据包后通过多条共享通道发送出去。这两种传输类型都不能同时传输语音和数据信息。

蓝牙技术支持电路交换和分组交换,即能同时传输语音和数据信息。蓝牙定义了2种链路类型:SCO(面向连接的同步链路)和ACL(面向无连接的异步链路)。每种链路支持16种不同的分组类型。SCO数据包既可以支持数据传送,也可以支持语音传送。语音编码方式采用PCM或CVSD(连续可变斜率增量调制),由用户选择。ACL支持对称和非对称两种帧格式,ACL和SCO可以同时工作,这意味着语音和数据可以同时被传送。

### 2. 使用全球通用的频段

要使通信产品快速地普及,必须使通信频率位于全球各个国家开放的频段上。蓝牙技术工作在全球通用的2.4 GHz频段,即ISM频段。ISM频段是指用于工业、科学和医学的全球公用频段,它包括902~928 MHz和2.4~2.484 GHz两个频率段范围,可以免费使用而不用申请。蓝牙技术采用PLUG&PLAY功能,可以解释成“即插即用”,即任何具有蓝牙功能的设备一旦搜寻到另一个具有蓝牙功能的设备可以立即建立连接,而用户无须进行任何设置。

ISM频段是对所有无线电系统都开放的频段,为了避免与此频段上的其他系统或设备(如无绳电话、微波炉等)互相干扰,蓝牙系统还特别设计了快速确认和跳频的方案,以确保链路的稳定性。跳频技术是把频带分成若干个跳频信道,在一次连接中,无线电收发器按一定的伪随机编码序列快速地从—个信道跳到另一个信道,只有收发双方按这个规律通信,而其他的干扰源不会按同样的规律变频。跳频的瞬时带宽很窄,但通过扩展频谱技术可使这个窄频带扩展成宽频带,使可能产生干扰的影响降低。与其他工作在相同频段的系统相比,蓝牙跳频更快,数据包更短,因此,蓝牙系统比其他系统更稳定。

### 3. 低成本、低功耗和低辐射

轻、薄、小是蓝牙技术的基本目标之一。结合蓝牙技术与芯片制造技术把蓝牙系统组合在单芯片内,与许多电子元件组成蓝牙模块后,以USB或是RS-232接口与现有的设备互相连接,或是内嵌在各种信息设备内,达到低成本、低功耗和低辐射的目标。飞利浦公司的蓝牙SiP(BGB203/4)技术方案实现了业内最高的集成水平,并符合蓝牙1.2版标准。该蓝牙SiP包含了连接所需的所有器件:射频、基带、存储器、滤波器、对称-不对称转换器和其他分立元件,并将这些器件都集成在一个低成本的HVQFN封装里,只有49 mm<sup>2</sup>大小,厚度仅为0.8 mm。

将蓝牙模块看作一个短距离通信系统,目前它的价格不算高。如果将其视为一个无线电缆,则其价格仍然不低,但是长期目标将锁定在5美元以下。为了能够替代一般电缆,蓝牙芯片价格必须达到这个目标,这样才具备和一般电缆差不多的价格,从而被广大普通消费者所接受,使这项技术得到普及。目前,蓝牙芯片价格降不下来既有经济原因,也有技术原因。从技术角度来看,蓝牙芯片集成了无线、基带和链路管理层功能。如果由软件实现链路管理层功能,那么芯片被简化,价格也将趋于合理。而从经济角度来看,蓝牙芯片的大批量生产无疑将摊薄成本,降低价格。目前,大规模购买的蓝牙模块平均价格已经降至5美元以下,国内主流蓝牙芯片的价格大约为100元以内。

蓝牙芯片的发射功率能够根据使用模式自动调节,正常工作时的发射功率为1 mW,发射距离一般为10 m。蓝牙规范定义了三种节能状态:Park、Hold和Sniff。这些状态既能处于低功率状态,也能处于连接状态。当传输信息量减少或无数据传输时,蓝牙设备将减少处于激活状态的时间,而进入低功率工作模式,这种模式比正常工作模式约节省约70%的发射功率。也正是由于蓝牙设备的发射功率很小,通信过程中产生的无线辐射完全符合工业标准,不会危害使用蓝牙设备的用户或进入蓝牙有效通信范围内的人们。目前蓝牙的最大发射距离通常可以达到100 m,基本可以满足常见的短距离无线通信的需要。

#### 4. 安全性

蓝牙系统的安全问题一直是深受关注的,因为蓝牙的移动性与开放性使得安全问题极为重要。同其他无线信号一样,蓝牙信号很容易被截取。因此,蓝牙协议提供了认证和加密,以实现链路级安全。蓝牙系统认证与加密服务由物理层提供,采用流密码加密技术,适于硬件实现,密钥由高层软件管理。如果用户有更高级别的保密要求,可以使用更高级、更有效的传输层和应用层安全机制。

安全措施不仅在确保消息和文件以无线方式进行传递时的隐私方面很重要,而且在确保电子商务合同的诚实性方面也很重要。相应地,蓝牙标准也提供了灵活的安全体系结构,既能够确保访问可信的设备和业务,而又不对其他不可信设备和服务提供访问权限。除此之外,跳频技术保密性和蓝牙有限的传输范围也使窃听变得困难。但最近国内外发生了多起用户的蓝牙手机受病毒感染的事件,需要引起足够的重视。

#### 5. 多用途

蓝牙技术可以应用在多种电子设备上,如移动电话、无绳电话、笔记本电脑、掌上计算机、传真机、数字相机、调制解调器、打印机、投影机、局域网、免提式耳机和游戏操纵杆等;此外,开门及报警装置、家庭电子记事本或备忘录、遥控电灯、冰箱、微波炉和洗衣机等各种家用电器同样能够安装蓝牙模块而实现组网通信。

#### 6. 网络特性

蓝牙技术是一种点对多点的通信协议,蓝牙设备间的数据传输不仅能够点对点,也支持点对多点的方式。蓝牙组网时最多可以有256个蓝牙单元设备连接形成微微网,其中1个主节点和7个从节点处于工作状态,其他处于空闲模式。多个微微网可以组成发散网。换句话说,一个蓝牙设备最多可以同时连接另外7个蓝牙设备,周围最多可有255个待机的蓝牙设备(处于standby状态)。利用蓝牙技术可将个人身边的设备都连接起来,形成一个人局域网。

蓝牙规范公布的主要技术指标和系统参数如表1.1所列。

表 1.1 主要技术指标和系统参数

指标类型	系 统 参 数
工作频段	ISM 频段 2.402 ~ 2.480 GHz
双工方式	全双工, TDD 时分双工
业务类型	支持电路交换和分组交换业务
数据速率	1 Mb/s
异步信道速率	非对称连接为 721 kb/s/57.6 kb/s, 对称连接为 432.6 kb/s , 2.0 + EDR 规范支持更高的速率
同步信道速率	64 kb/s , 2.0 + EDR 规范支持更高的速率
功 率	美国 FCC 要求功率级 < 0 dBm(1 mW) , 其他国家可扩展为 100 mW
跳频频率数	79 个频点/1 MHz
跳频速率	1 600 次/秒
工作模式	PARK/HOLD/SNIFF
数据连接方式	面向连接业务 SCO , 无连接业务 ACL
纠错方式	1/3FEC 2/3FEC , ARQ 等
信道加密	采用 0 位、40 位和 60 位密钥
发射距离	一般可达 10 cm ~ 10 m , 增加功率情况下可达 100 m

## 1.3 蓝牙的现况与前景

蓝牙与其他技术相比具有很多优势,如开放性优势、成本优势、便携式优势、频带优势、安全性优势以及便利性优势等。从蓝牙的诞生开始,全世界的媒体就给予了它近乎无限的希望。美国的《网络计算》杂志将蓝牙评选为“十年来十大热门新技术产品”,并称它是继网络、第三代移动电话和纳米技术外的又一个大热点。

从 1998 年 SIG 组织成立到 2004 年,蓝牙的发展已经有 5 年多时间了,但令人遗憾的是,蓝牙在全球范围的商品化程度远远没有早先预计的那么乐观。尤其是 2001 年 3 月在德国举办的一次国际信息技术展会上一个全球最大的蓝牙场演示由于芯片故障意外失败,使得人们开始以怀疑的眼光审视蓝牙技术。即便是面临很多不利因素,全世界众多的蓝牙发起者和追随者们仍然对其热情不减,他们的目标是使蓝牙最终进入每一个家庭。

自 2001 年年末开始,蓝牙似乎开始了新生。微软公司在很多操作系统中逐渐对蓝牙开始了全面支持,使得蓝牙的发展又迈进了一步。目前,蓝牙技术已经经历了艰难的酝酿阶段,进入了全面起飞阶段。蓝牙越来越多地嵌入到中高档产品中,如 PDA、移动电话、无绳电话、台式计算机、笔记本计算机、手持式计算机、MP3 播放机、数字相机和便携式上网设备等,并从移动信息电器逐步拓展到汽车、工业控制、医疗设备等新的领域。蓝牙的售价已经基本走出“成本高→应用少→成本高”的恶性循环,目前的蓝牙价格基本可以被接受。目前国内市场上常见的蓝牙 USB 适配器的价格基本在 100 元左右。

2005 年以后,带有蓝牙功能的低成本手机以及便携设备、台式计算机等产品将大量涌现,全世界蓝牙网络将随处可见。国际蓝牙组织(SIG)正式公布新的 2.0 技术标准,使蓝牙设备

性能更加良好,也使其连接质量得到提高。同时,据权威市场调查公司 IMS 对蓝牙半导体跟踪服务的研究报告称,2003 年第三季度蓝牙设备的出货量首次突破每星期 100 万台。预计到 2005 年,全世界蓝牙产值将达到 41 亿美元,2006 年全世界蓝牙设备数量将达到 5~10 亿台之多。

2005 年 5 月 12 日,蓝牙国际组织宣布,将与超宽带(UWB)无线技术开发小组携手合作,使下一代的蓝牙结合目前两种技术的优点,目标是建立一个让设备可利用 UWB 高速传输的架构,更加满足传输大容量数据并实现便携式设备的高质量视频应用在高速度方面的需求。Bluetooth SIG 的执行董事 Michael Foley 表示:“事实表明,Bluetooth SIG 的成员非常乐于看到产品具备更高的数据传输率。我个人认为,业界有责任认识到合作的重要性,尽可能避免各自为战。蓝牙技术和 UWB 的联合发展是这两种技术满足公司和最终用户未来需求的最快捷、最经济的途径。同时我们应该认识到,蓝牙标准在很大程度上需要依靠在移动消费设备(例如手机)中的应用来进行推广,所以不仅需要实现全球标准的规范化,还要与未来的移动标准共存。后一点目前在某种程度上已经实现。”

## 1.4 蓝牙的应用

蓝牙 SIG 定义了几种基本的应用模型,主要包括文件传输、Internet 网桥、局域网接入、同歩、三合一电话(three-in-one phone)和终端耳机等。

目前看来,应用蓝牙技术的产品可以涵盖以下领域:

- 移动通信 手机、移动市话、无绳电话和传真机等。
- 计算机及其周边设备 台式计算机、笔记本计算机、手持计算机、掌上计算机等个人计算机,键盘、鼠标、游戏手柄等计算机配件,打印机、扫描仪、摄像头、投影仪和移动存储器件等计算机外部设备等。
- 个人随身信息及娱乐设备 PDA、MP3 随身听,电子图书、数字相机等,音乐、图书、照片的无线下载、交互式电子玩具和多人电子游戏等。
- 网络接入设备 网络微型机、上网机、集线器和家庭网关等。
- 信息家电 多媒体电视、智能冰箱、智能空调、智能微波炉和智能照明系统等。
- 音响视听产品 耳机、音箱、传声器、数字相机和数字摄像机等。
- 医疗保健设备 个人生理监视仪、医疗仪器和家庭远程护理等。
- 商业 零售终端、自动售货机、产品信息、无线电子钱包和信用卡等。
- 安全 注册、智能卡、身份识别、票据管理和电子钥匙等。
- 工业 计量仪表的无线抄表和无线巡回监测等。
- 银行 自动存取款、自动转账和电子支付等。
- 汽车 汽车电话、全球定位系统(GPS)、动力系统、防滑刹车系统(ABS)、汽车音响和安全气囊等。
- 军事 士兵头盔通信系统等。
- 订票与购票 公共汽车票、地铁票和球票等。

以下通过图片(见图 1.1~图 1.18)列举一些市场上的蓝牙产品。



图 1.1 诺基亚蓝牙耳机 HDW - 2



图 1.2 诺基亚车载免提 CK - 1W



图 1.3 蓝牙无限视频监控器 ST - 2



图 1.4 摩托罗拉蓝牙 PC - USB 连接器



图 1.5 MS - 5516 MP3 播放器(具有蓝牙功能)



图 1.6 宏基 Handspring Visor 掌上微型机的蓝牙 Springboard 功能扩展模块



图 1.7 宏基蓝牙 CF 卡



图 1.8 宏基蓝牙 PC 卡



图 1.9 宏基蓝牙 USB HUB



图 1.10 一款采用蓝牙技术的个人游戏终端



图 1.11 一款采用蓝牙技术的无线打印机

图 1.12 索尼爱立信 MMV-100<sup>①</sup>

图 1.13 诺基亚 HS-4W 蓝牙耳机



图 1.14 诺基亚车载蓝牙通信装置 610

图 1.15 东芝(TOSHIBA)的首款  
微型蓝牙硬盘产品—Pocket Server<sup>②</sup>

图 1.16 惠普彩色蓝牙打印机(450C 和 450CBI)

① 可直接接驳在电视或数字投影仪上,用户可以通过蓝牙无线技术将图片从手机发送到大屏幕上。

② 该产品可无线连接个人计算机、移动电话、PDA、数字相机等设备。Pocket Server 支持 USB1.1 规范(12 Mb/s),内置 1.8 英寸、5 GB 硬盘及可充电锂电池。



图 1.17 Brother 公司的一款支持蓝牙 PDA 和个人计算机的纸盒式薄型移动打印机 MW - 140BT



图 1.18 一款蓝牙抄表产品

## 1.5 新版蓝牙规范 1.2 与 2.0 + EDR 简述

蓝牙核心规范 v1.2 的公布为开发者提供了一个面向更多实际用户的经验和应付将来无线世界的准备。目前版本的规范包括了从计算机鼠标和手机到汽车的 1 000 多种形形色色的产品。v1.2 不仅与这些产品向后兼容,而且为不断增加的主流产品提供一个开发的舞台,如组成消费者个人局域网的手机、耳机、PDA、MP3、数字相机和手提计算机。

在蓝牙协议规范 1.2 版本中有以下改进和增强：

- 更加快速的连接；
- 自适应跳频(AFH)；
- 扩展的 SCO 连接(用来提高声音传输质量)；
- 增强的错误检测与流控制；
- 增强的同步能力；
- 增强的流规范。

自适应跳频(AFH)是诸多新特性中的一种。AFH 的设计明确用于减少在其他无线产品共存的 2.4 GHz 频段的干扰(无绳电话、微波炉和某些 IEEE802.11b 的 WLAN 设备与蓝牙设备一起共同分享了这一频段)。AFH 工作的频段利用了被其他一组设备占用频段外的空隙频段,不受限制的进行通信。即使与其他装置一起使用蓝牙设备,这种自适应跳频仍允许更有效的传输,有助于终端用户得到更好的性能。

采用具有更高数据传输速率的 2.0 + EDR(enhanced data rate)版蓝牙核心规范主要提升了数据传输速率,最快可以达到当前蓝牙标准的 3 倍,支持多种蓝牙设备同时运行,并且降低了功耗。

新版蓝牙规范提高了多任务处理和多种蓝牙设备同时运行的能力,带宽的提升使得新版本的蓝牙设备可以传输更大的文件。更低的功耗使得新版的蓝牙设备可以达到当前蓝牙设备 2 倍的运行时间,同时 2.0 + EDR 版本兼容所有旧版规范。2.0 + EDR 版的开发是基于当前对提升数据吞吐量的需要,比如传输 CD 音质的流媒体文件、数字相片和激光打印等。

蓝牙核心规范 2.0 + EDR 的主要特点如下：

- 比当前规范快 3 倍的数据传输速率；
- 通过减少工作负载循环达到更低的电能消耗；