

蓝牙

核心技术及应用

- ◎ 马建仓
- ◎ 罗亚军 编著
- ◎ 赵玉亭

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

蓝牙技术是近年来迅速发展的短距无线通信技术,在手持设备和计算机外设等领域有着广阔的应用前景。本书围绕蓝牙技术最新的协议规范和实际应用,对蓝牙技术进行了详细和全面的介绍。

本书的内容包括蓝牙的核心协议、应用模型、蓝牙的射频仿真、安全性问题、蓝牙的芯片和产品介绍等,此外还总结了蓝牙主机控制器接口(HCI)层的通信流程,并给出了两个蓝牙产品的开发实例。

本书可作为从事蓝牙技术研究和蓝牙产品开发的工程技术人员参考书,也可以作为高等院校电子通信专业高年级本科生和研究生的专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

蓝牙核心技术及应用/马建仓等编著. — 北京:科学出版社, 2003

ISBN 7-03-011007-2

I. 蓝… II. 马… III. 短距离-无线电通信:数字通信-通信技术 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 094186 号

责任编辑:钟 谊/责任校对:包志虹

责任印制:刘秀平/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

西 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2003 年 1 月第一次印刷 印张:37 1/2 插页:1

印数:1—3 000 字数:701 000

定价:56.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

蓝牙(Bluetooth)是一种短距无线通信技术,用于替代数字设备和计算机外设间的电缆连线以及实现数字设备间的无线组网。1998 年爱立信、诺基亚、东芝、IBM 和英特尔成立了蓝牙特殊利益小组(SIG),负责制定蓝牙规范。近几年来,蓝牙技术的推广和应用得到了迅猛发展。如今,SIG 的加盟成员已经超过 2500 家,几乎覆盖了全球各行各业,推出的蓝牙产品超过 500 种。

蓝牙规范(Specification)规定了蓝牙应用产品应遵循的标准和需要达到的要求。到目前为止,SIG 已颁布的蓝牙规范有 1.0、1.0b、1.1 三个版本。蓝牙规范由两部分组成:蓝牙核心协议(Core)、蓝牙应用框架(Profiles)。

蓝牙技术产品体积小、功耗低,可以方便地集成到几乎任何数字设备中,适用的产品包括手机、PDA、笔记本电脑、打印机、数码相机等,应用领域非常广泛,成本却不足 5 美元。鉴于人们对于数字设备移动性和灵活性的需求,以及全球众多顶尖通信和计算机厂商的大力支持和推动,蓝牙技术的市场前景极其广阔。2002 年不同厂商的各种蓝牙产品纷纷投入市场,已经掀开了蓝牙技术进入大规模应用的序幕。

发展信息产业和高新技术是我国这些年经济工作的重点之一,也是我国与先进发达国家缩小差距的必经途径。蓝牙技术作为今后电子和通信工业的新的增长点,如何把握这个机会,在世界蓝牙产品领域占据一席之地,在蓝牙技术应用方面与世界水平保持同步,具有十分深远的社会意义。有鉴于此,我们编写了此书,希望能为广大对蓝牙技术有着浓厚兴趣的高校学生和准备进行蓝牙技术研究开发的技术人员提供一本深入掌握蓝牙技术的实用书籍。

全书内容分为三部分:

第一部分主要介绍蓝牙协议规范(Specifications),包括蓝牙 SIG 公布的规范 1.1 版的全部内容以及 SIG 随后陆续公布的三个新协议。按照协议分层模型从低层到高层的顺序讲述,即传输层的射频(Radio)协议、基带与链路控制器(Baseband & Link Controller, BB&LC)协议、链路管理器协议(Link Manager Protocol, LMP)、主机控制器接口(Host Controller Interface, HCI)协议、逻辑链路控制与适配协议(Logical Link Control & Adaptation Protocol, L2CAP)、服务发现协议(Service Discovery Protocol, SDP)、串口仿真协议(RFCOMM)、红外互操作协议(IrDA)、音频与电话控制协议(Audio & TCS-Binary)、蓝牙网络封装协议(Bluetooth Network Encapsulation Protocol,

BNEP)、音频视频分发传输协议(Audio/Video Distribution Transport Protocol, AVDTP)、音频视频控制传输协议(Audio/Video Control Transport Protocol, AVCTP)。除以上协议规范外,第一部分还涉及了 AT 电话控制指令集、对象交换协议(Object Exchange, OBEX)、TS 07.10 等成熟的协议规范。

第二部分介绍蓝牙的应用框架,并将所有应用框架按实现的产品类别和应用框架结构分为五类(通用应用类、电话应用类、连网应用类、对象交换应用类、音频视频应用类)进行介绍,包括:通用访问应用框架(Generic Access Profile, GAP)、服务发现应用框架(Service Discovery Application Profile, SDAP)、扩展服务发现应用框架(Extended Service Discovery Profile, ESDP)、硬拷贝电缆替代应用框架(Hardcopy Cable Replacement Profile, HCRP)、个人局域网应用框架(Personal Area Network Profile, PANP)、音频/视频遥控应用框架(Audio/Video Remote Control Profile, AVRCP)、电话控制协议规范应用框架(Telephone Control Protocol Specification Profile, TCSP)、通用音频/视频分发应用框架(Generic Audio/Video Distribution Profile, GAVDP)、串口应用框架(Serial Port Profile, SPP)、无绳电话应用框架(Cordless Telephone Profile, CTP)、对讲机应用框架(Intercom Profile, IntP)、高级音频分发应用框架(Advanced Audio Distribution Profile, AADP)、拨号网络应用框架(Dial Up Networking Profile, DUNP)、传真应用框架(Fax Profile, FaxP)、头戴设备应用框架(Headset Profile, HSP)、局域网访问应用框架(Local Area Network Access Profile, LAP)、免提应用框架(Hand Free Profile, HFP)、通用对象交换应用框架(Generic Object Exchange Profile, GOEP)、文件传输应用框架(File Transfer Profile, FTP)、对象推送应用框架(Object Push Profile, OPP)、同步应用框架(Synchronization Profile, SP)、基本打印应用框架(Basic Printing Profile, BPP)、基本成像应用框架(Basic Imaging Profile, BIP)。

第三部分介绍和蓝牙技术研究、开发相关的内容,包括射频和天线的仿真计算、蓝牙芯片和开发系统、蓝牙产品和相应的开发实例。

本书在编写过程中得到了徐浩、孙斌、史海峰、蔡爱华、韩鹏、张玉真、牛龙、刘宇、袁飞、延涛等研究生的协助;在出版过程中得到了科学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

因时间和水平有限,书中错误及不妥之处难免,敬请广大读者批评指正。

想得到本书有关资料光盘的读者,请联系作者(邮编 710072,西北工业大学电子工程系,电子信箱 bluetoothnpu@163.com)。

作 者

2002 年 9 月于西安

目 录

第 1 章 蓝牙技术概述.....	1
1.1 蓝牙技术的发展	1
1.2 蓝牙技术的特点	2
1.3 蓝牙技术的协议标准	5
1.4 蓝牙与其他短距无线通信技术	9
1.5 蓝牙技术的应用.....	11
1.6 本书的内容组织.....	12
1.7 使用本书的几点建议.....	14
第一部分 蓝牙协议规范	
第 2 章 蓝牙射频协议	17
2.1 蓝牙射频协议规范.....	17
2.2 蓝牙物理信道与时隙.....	21
第 3 章 蓝牙基带与链路控制器协议	24
3.1 蓝牙基带概述.....	24
3.2 蓝牙物理链路.....	28
3.3 蓝牙基带分组.....	29
3.4 蓝牙基带纠错机制.....	38
3.5 蓝牙基带逻辑信道.....	39
3.6 蓝牙基带收发规则.....	39
3.7 蓝牙基带信道控制和网络控制.....	43
3.8 蓝牙基带收发定时.....	52
3.9 蓝牙基带跳频选择.....	56
3.10 蓝牙基带功率管理	57
3.11 蓝牙基带链路监控	58
第 4 章 蓝牙链路管理器协议	59
4.1 蓝牙链路管理器概述.....	59
4.2 蓝牙链路管理器协议规范.....	61
第 5 章 蓝牙主机控制器接口协议	77
5.1 蓝牙主机控制器接口概述.....	77
5.2 蓝牙主机控制器接口数据分组.....	79

5.3	蓝牙主机控制器接口指令分组	84
5.4	蓝牙主机控制器接口事件分组	90
5.5	蓝牙主机控制器接口错误代码表	91
5.6	蓝牙主机控制器接口传输层	97
5.7	蓝牙主机控制器接口通信流程	109
第6章	逻辑链路控制与适配协议	118
6.1	蓝牙逻辑链路控制与适配协议概述	118
6.2	蓝牙逻辑链路控制与适配协议信道	120
6.3	蓝牙逻辑链路控制与适配协议分段与重组	121
6.4	蓝牙逻辑链路控制与适配协议数据分组格式	123
6.5	蓝牙逻辑链路控制与适配协议信令	125
6.6	蓝牙逻辑链路控制与适配协议信道状态机	133
6.7	服务原语	139
第7章	蓝牙服务发现协议	148
7.1	蓝牙服务发现协议概述	148
7.2	蓝牙服务发现协议服务记录	149
7.3	服务搜索和服务浏览	156
7.4	蓝牙服务发现协议协议说明	158
第8章	蓝牙串口仿真协议	164
8.1	蓝牙串口仿真协议概述	164
8.2	蓝牙串口仿真协议功能	165
8.3	蓝牙串口仿真协议所采用的 TS 07.10 的子集	168
8.4	蓝牙串口仿真协议对 TS 07.10 所作的修改	169
8.5	流控	174
第9章	蓝牙 IrDA 互操作性协议	177
9.1	蓝牙 IrDA 互操作性协议概述	177
9.2	OBEX 的对象模型和会话操作	178
9.3	蓝牙通过 RFCOMM 对 OBEX 的支持	180
9.4	蓝牙通过 TCP/IP 对 OBEX 的支持	181
第10章	蓝牙音频与电话控制协议	183
10.1	蓝牙音频协议	184
10.2	蓝牙电话控制协议	185
第11章	蓝牙网络封装协议	190
11.1	蓝牙网络封装协议概述	190
11.2	蓝牙网络封装协议分组	191

11.3	蓝牙网络封装协议扩展分组头	203
11.4	对 IEEE 802.1p 分组头的支持	204
第 12 章	蓝牙音频视频分发传输协议	206
12.1	蓝牙音频视频分发传输协议概述	206
12.2	传输服务及传输过程	211
12.3	信令过程及信令消息	221
第 13 章	蓝牙音频视频控制传输协议	238
13.1	蓝牙音频视频控制传输协议概述	238
13.2	蓝牙音频视频控制传输协议说明	239
第二部分 蓝牙应用框架		
第 14 章	蓝牙通用访问应用框架	247
14.1	蓝牙通用访问框架(GAP)	247
14.2	蓝牙服务发现应用框架(SDAP)	254
14.3	蓝牙串口应用框架(SPP)	258
14.4	蓝牙扩展服务发现应用框架(ESDP)	260
14.5	蓝牙硬拷贝电缆替代应用框架(HCRP)	267
第 15 章	蓝牙对象交换应用框架	274
15.1	蓝牙通用访问框架概述	274
15.2	通用对象交换框架(GOEP)	275
15.3	对象“推”框架(OPP)	279
15.4	文件传输应用框架(FP)	281
15.5	同步框架(SP)	285
15.6	基本成像框架(BIP)	289
15.7	基本打印框架(BPP)	299
第 16 章	蓝牙电话应用框架	317
16.1	蓝牙无绳电话应用框架(CTP)	318
16.2	蓝牙对讲机应用框架(IntP)	320
16.3	蓝牙头戴式设备应用框架(HSP)	322
16.4	蓝牙免提应用框架(HFP)	327
第 17 章	蓝牙连网应用框架	342
17.1	蓝牙拨号上网应用框架(DUNP)	342
17.2	蓝牙局域网访问应用框架(LAP)	344
17.3	蓝牙传真应用框架(FaxP)	347
17.4	蓝牙个人局域网应用框架(PANP)	347
17.5	蓝牙组网问题研究	357

第 18 章 蓝牙音频视频应用框架	361
18.1 音频视频遥控应用框架(AVRCP)	361
18.2 通用音频视频分发应用框架(GAVDP)	371
18.3 高级音频分发框架(A2DP)	376

第三部分 蓝牙研究与开发

第 19 章 蓝牙射频仿真与性能分析	393
19.1 蓝牙射频仿真基础	393
19.2 蓝牙射频仿真实验	400
第 20 章 蓝牙天线研究与仿真	408
20.1 天线设计技术参数	408
20.2 蓝牙天线	411
20.3 蓝牙天线仿真	413
20.4 爱立信 EBSK 所配微带天线	419
第 21 章 蓝牙安全性研究	425
21.1 蓝牙安全概述	425
21.2 蓝牙射频与基带安全	429
21.3 蓝牙链路管理器安全	436
21.4 蓝牙通用访问应用框架的安全性设置	442
21.5 蓝牙主机控制器接口安全机制	445
21.6 蓝牙个人局域网安全	446
21.7 蓝牙组网的安全问题	449
第 22 章 蓝牙芯片及开发系统介绍	452
22.1 蓝牙芯片功能结构概述	452
22.2 不同厂商的蓝牙解决方案	455
第 23 章 蓝牙产品及开发实例	478
23.1 蓝牙产品	478
23.2 蓝牙耳机和网络接入点的开发实例	484
附录 1 HCI 指令分组与事件分组	495
附录 2 蓝牙规范缩略词	587

第 1 章 蓝牙技术概述

人类正在步入数字化网络信息时代,而数字化设备的有线连接给人们随时随地与信息网络相连和通信带来了很大不便。发展无线通信连接技术,将人们从有线连接的束缚中解放出来,已经成为一种必然趋势。在这方面,移动电话的迅猛发展就是一个很好的例子,广大用户已经深刻地体会到无线技术所带来的自由、灵活和便捷。事实上,多年以前,一些公司和标准化组织就开始探寻在不同领域的无线连接技术,并且开发出一系列技术标准,其中有些标准得到了很好的应用。在这些无线技术之中,蓝牙(Bluetooth)无线通信技术的发展最快,得到的支持最多,具有广阔的应用前景。

1.1 蓝牙技术的发展

1994 年,爱立信移动通信公司(Ericsson Mobile)开始研究在移动电话及其附件之间实现低功耗、低成本无线接口的可行性。随着项目的进展,爱立信公司意识到短距无线通信(Short Distance Wireless Communication)的应用前景无限广阔。爱立信将这项新的无线通信技术命名为蓝牙(Bluetooth)。Bluetooth 取自 10 世纪丹麦国王 Harald Bluetooth 的名字^①。爱立信意识到要使这项技术最终获得成功,必须得到业界其他公司的支持与应用。1998 年 5 月,爱立信联合诺基亚(Nokia)、英特尔(Intel)、IBM 和东芝(Toshiba)这 4 家公司一起成立了蓝牙特殊利益集团(Special Interest Group, SIG),负责蓝牙技术标准的制订、产品测试,并协调各国蓝牙的具体使用。3Com、朗讯(Lucent)、微软(Microsoft)和摩托罗拉(Motorola)很快加盟 SIG,与 SIG 的五个创始公司一同成为 SIG 的九个倡导发起者。SIG 着眼于全球的发展与应用,将蓝牙技术标准完全公开,1999 年 7 月 SIG 公布了蓝牙规范 1.0 版;1999 年 12 月公布了蓝牙规范 1.0b 版;2001 年 4 月公布了目前最新的 1.1 版本蓝牙规范。

自蓝牙规范 1.0 版推出之后,蓝牙技术的推广与应用得到了迅猛发展。截至目前,SIG 的成员已经超过了 2500 家,几乎覆盖了全球各行各业,包括通

^① 丹麦国王 Harald Bluetooth 统一了当时四分五裂的北欧国家:瑞典、芬兰和丹麦。爱立信公司用 Bluetooth 命名这一技术,希望 Bluetooth 短距离无线通信技术在世界范围统一和发展。

信厂商、网络厂商、外设厂商、芯片厂商、软件厂商等,甚至消费类电器厂商和汽车制造商都加入了 SIG。SIG 的成员都有权使用蓝牙的最新技术,参与蓝牙规范标准的制定,无偿使用 SIG 的研究成果开发自己的产品。蓝牙应用产品通过 SIG 的测试,就可以投放市场。蓝牙技术发展非常快,从来没有哪个无线通信标准联盟的成长能达到这个速度。从 2000 年初蓝牙芯片发售以来,包括爱立信、剑桥硅无线电(Cambridge Silicon Radio, CSR)、摩托罗拉、德州仪器(Texas Instruments, TI)、飞利浦(Philips)等在内的多家公司都已经开始制造和发售蓝牙芯片或模块,产品的体积越来越小,价格越来越低。业内普遍认为,当蓝牙芯片价格降至 5 美元时,蓝牙技术就将得到迅速普及,而 2002 年上半年蓝牙芯片的量产价格已经低于 5 美元。由于蓝牙芯片制造技术的不断进步,已经有 500 多种蓝牙产品获得了 SIG 的认证并被推向市场。这些产品涉及移动电话、个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)、耳机、打印机、数码相机、无线网络接入点和键盘鼠标等各个领域,销售量超过 400 万件。多家市场研究机构(In-Stat、Merry Lynch、Navian 和 IDC 等)研究预测,到 2004 年,世界上采用蓝牙技术的设备将超过 4 亿台,商机无限。

毫无疑问,蓝牙技术已成为近年来应用最快的无线通信技术,其席卷全球之势不可阻挡,它必将在不久的将来渗透到我们生活的各个方面。

1.2 蓝牙技术的特点

蓝牙是一种短距无线通信的技术规范,它最初的目标是取代现有的掌上电脑、移动电话等各种数字设备上的有线电视连接。在制定蓝牙规范之初,就建立了统一全球的目标,向全球公开发布,工作频段为全球统一开放的 2.4GHz 工业、科学和医学(Industrial, Scientific and Medical, ISM)频段。从目前的应用来看,由于蓝牙体积小功耗低,其应用已不局限于计算机外设,几乎可以被集成到任何数字设备之中,特别是那些对数据传输速率要求不高的移动设备和便携设备。蓝牙技术的特点可归纳为如下几点:

(1) 全球范围适用:蓝牙工作在 2.4GHz 的 ISM 频段,全球大多数国家 ISM 频段的范围是 2.4 ~ 2.4835GHz^①,使用该频段无须向各国的无线电资源管理部门申请许可证。

(2) 同时可传输语音和数据:蓝牙采用电路交换和分组交换技术,支持异步数据信道、三路语音信道以及异步数据与同步语音同时传输的信道。每个

^① 法国的 ISM 频段范围是 2.4465~2.4835GHz,西班牙是 2.445~2.475GHz, SIG 正与这两国政府讨论如何充分利用这些频段以达到可相互操作。日本原来也略有不同,但已于 1999 年 10 月修改法律将 ISM 频段改为全球统一的频段。

语音信道数据速率为 64kbps,语音信号编码采用脉冲编码调制(Pulse Code Modulation, PCM)或连续可变斜率增量调制(Continuous Variable Slope Delta, CVSD)^①方法。当采用非对称信道传输数据时,单向最大传输速率为 721kbps,反向为 57.6kbps;当采用对称信道传输数据时,速率最高为 342.6kbps。蓝牙有两种链路类型:异步无连接(Asynchronous Connection-less, ACL)链路和同步面向连接(Synchronous Connection-Oriented, SCO)链路。ACL 链路支持对称或非对称、分组交换和多点连接,适用于传输数据;SCO 链路支持对称、电路交换和点到点连接,适用于传输语音。

(3) 可以建立临时性的对等连接(Ad-hoc Connection):根据蓝牙设备在网络中的角色,可分为主设备(Master)与从设备(Slave)。主设备是组网连接主动发起连接请求的蓝牙设备,而连接响应方则为从设备。几个蓝牙设备连接成一个微微网(Piconet)时,其中只有一个主设备,其余的均为从设备。微微网是蓝牙最基本的一种网络形式,最简单的微微网是一个主设备和一个从设备组成的点对点的通信连接。蓝牙微微网的结构如图 1.1 所示。

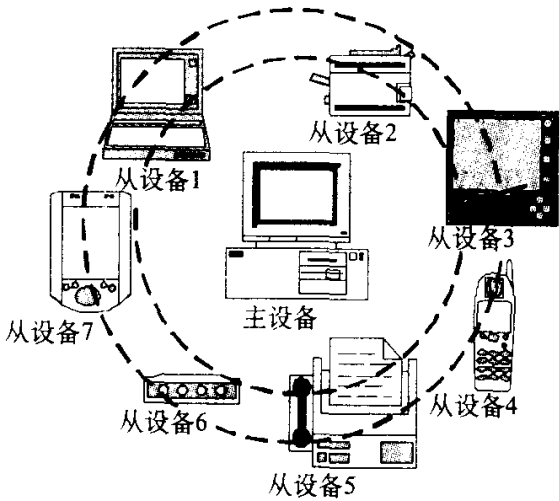


图 1.1 蓝牙微微网

多个微微网在时间和空间上相互重叠而构成的更加复杂的网络拓扑结构被称为散射网(Scatternet)。散射网中的蓝牙设备既可以是某个微微网的从设备,也可以是另一个微微网的主设备,如图 1.2 所示。每个微微网的跳频序列各自独立,互不相关,同一微微网的所有设备跳频序列同步。通过时分复用技术,一个蓝牙设备便可以同时与几个不同的微微网保持同步,具体来说,就是该设备按照一定的时间顺序参与不同的微微网,即某一时刻参与某一个微微网,而下一时刻参与另一个微微网。

(4) 具有很好的抗干扰能力:工作在 ISM 频段的无线电设备有很多种,如家用微波炉、无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)和 HomeRF 等产品,为了很好地抵抗来自这些设备的干扰,蓝牙采取了跳频(Frequency Hopping)方式来扩展频谱(Spread Spectrum),将 2.402~2.48GHz 频段分成 79 个频点,相邻频点间隔 1MHz。蓝牙设备在某个频点发送数据之后,再跳到另一个频点发送,而频点的排列顺序则是伪随机的,每秒钟频率改变 1600

^① CVSD 比起 PCM 的抗干扰能力更好,更适合于无线语音通信。

次,每个频率持续 $625\mu\text{s}$ ^①。

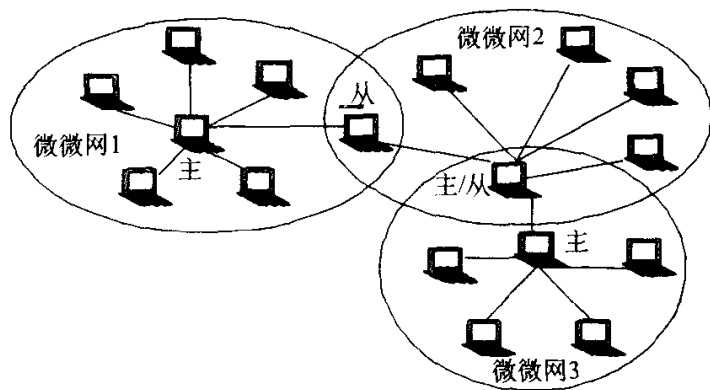


图 1.2 蓝牙散射网

(5) 蓝牙模块体积很小,可以方便地集成到各种设备中:由于个人移动设备的体积较小,嵌入其内部的蓝牙模块体积就应该更小,如爱立信公司的蓝牙模块 ROK104001 的外形尺寸仅为 $15.5\text{mm} \times 10.5\text{mm} \times 2.1\text{mm}$ 。

(6) 低功耗:蓝牙设备在通信连接(Connection)状态下,有四种工作模式——激活(Active)模式、呼吸(Sniff)模式、保持(Hold)模式和休眠(Park)模式。Active 模式是正常的工作状态,另外三种模式是为了节能所规定的低功耗模式。Sniff 模式下的从设备周期性地被激活;Hold 模式下的从设备停止监听来自主设备的数据分组,但保持其激活成员地址;Park 模式下的主从设备间仍保持同步,但从设备不需要保留其激活成员地址。这三种节能模式中,Sniff 模式的功耗最高,对于主设备的响应最快,Park 模式的功耗最低,对于主设备的响应最慢。

(7) 开放的接口标准:SIG 为了推广蓝牙技术的使用,将蓝牙的技术标准全部公开,全世界范围内的任何单位和个人都可以进行蓝牙产品的开发,只要最终通过 SIG 的蓝牙产品兼容性测试,就可以推向市场。这样一来,SIG 就可以通过提供技术服务和出售芯片等业务获利,同时大量的蓝牙应用程序也可以得到大规模推广。

(8) 成本低,集成蓝牙技术的产品成本增加很少:蓝牙产品刚刚面世的时候,价格昂贵,一副蓝牙耳机的售价就为 4000 元人民币左右。随着市场需求的扩大,各个供应商纷纷推出自己的蓝牙芯片和模块,蓝牙产品的价格也飞速下降。目前,蓝牙芯片的量产价格已经突破 5 美元,而且还有进一步下滑的趋势。对于购买蓝牙产品的用户来说,仅仅一次性增加较少的投入,却换来了永久的便捷与效率,何乐而不为呢?

^① 这里指的是单时隙分组,多时隙分组会有所不同。

1.3 蓝牙技术的协议标准

SIG 所颁布的蓝牙规范(Specification of the Bluetooth System)就是蓝牙无线通信协议标准,它规定了蓝牙应用产品应遵循的标准和需要达到的要求。到目前为止,已颁布的蓝牙规范有 1.0、1.0b、1.1 三个版本。

蓝牙规范包括核心协议(Core)与应用框架^①(Profiles)两个文件。协议规范部分定义了蓝牙的各层通信协议,应用框架指出了如何采用这些协议实现具体的应用产品。由于新的产品应用模型和市场需求总是不断出现,因而蓝牙的应用框架也不断得到扩充。SIG 在颁布了蓝牙规范 1.1 之后又陆续推出了多个应用框架,本书内容在蓝牙规范 1.1 的基础上也包括了这些新的应用框架(以及部分新的蓝牙协议)。

1.3.1 蓝牙技术的协议规范

蓝牙协议规范遵循开放系统互连参考模型(Open System Interconnection/Referenced Model, OSI/RM),从低到高地定义了蓝牙协议堆栈的各个层次,如图 1.3 所示。

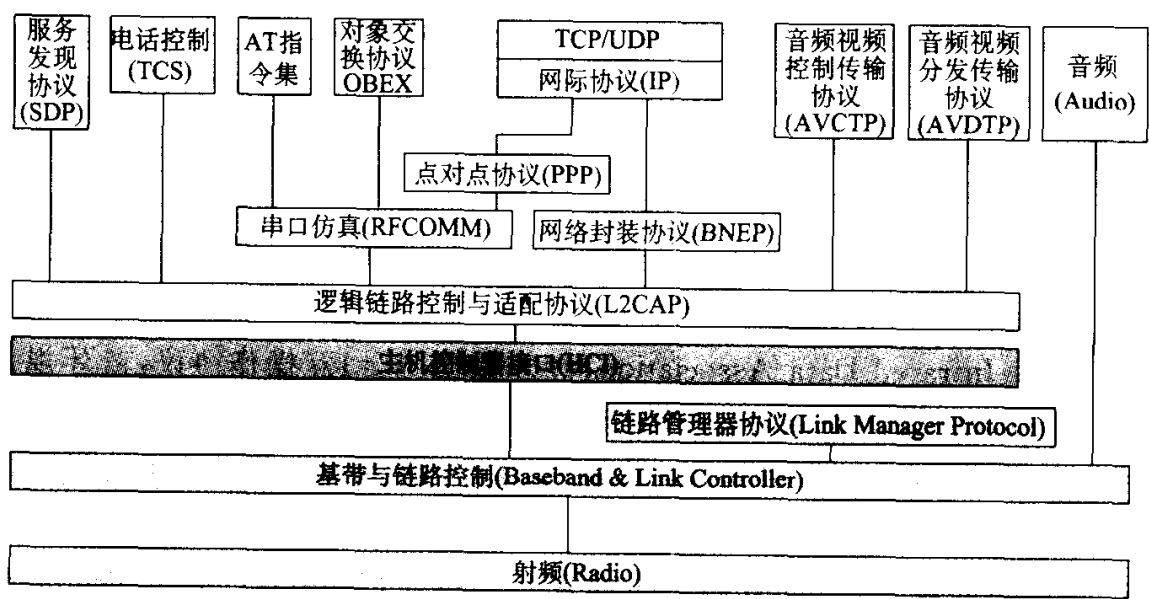


图 1.3 蓝牙协议堆栈

SIG 在蓝牙协议堆栈的高层尽量利用已有的成熟协议。还有一些协议是

^① 许多中文资料和书籍对 Profile 的翻译有“规范”、“剖面”、“协议子集”等,本书统一译作“应用框架”,简称“框架”。

SIG 基于其他协议修改而成的,如串口仿真(RFCOMM)和电话控制协议(Telephone Control Protocol Specification, TCS)。

按照蓝牙协议的逻辑功能,协议堆栈由下至上分为三个部分:传输协议、中介协议和应用协议。其功能简介如下:

传输协议负责蓝牙设备间相互确认对方的位置,以及建立和管理蓝牙设备间的物理和逻辑链路。这一部分又进一步分为低层传输协议和高层传输协议两部分。低层传输协议包括蓝牙的射频(Radio)部分、基带与链路控制器(Baseband & Link Controller)和链路管理器协议(Link Manager Protocol, LMP)。低层传输协议侧重于语音与数据无线传输的物理实现以及蓝牙设备间的连接与组网。高层传输协议包括逻辑链路控制与适配协议(Logical Link Control and Adaptation Protocol, L2CAP)和主机控制器接口(Host Controller Interface, HCI)。这部分为高层应用程序屏蔽了诸如跳频序列选择等低层传输操作,并为高层应用程序提供了更加有效和更有利于实现的数据分组格式。需要说明的是:HCI 并不是严格意义上的通信协议,它可以位于 L2CAP 之上,也可以位于其之下。HCI 仅为应用协议堆栈的高层部分提供了一个访问低层传输协议(通常集成在蓝牙模块当中)的指令接口。

中介协议层为高层应用协议或程序在蓝牙逻辑链路上工作提供了必要的支持,为应用层提供了各种不同的标准接口。这部分协议包括以下几部分:

串口仿真协议(RFCOMM):基于欧洲电信标准化协会(European Telecommunication Standardization Institute, ETSI)的 TS 07.10 标准制定。该协议用于模拟串行接口环境,使得基于串口的传统应用仅作少量的修改或者不做任何修改可以直接在该层上运行。

服务发现协议(Service Discovery Protocol, SDP):为实现蓝牙设备之间相互查询及访问对方提供的服务。

IrDA(Infrared Data Association,红外数据协会)互操作协议:蓝牙规范采用了 IrDA 的对象交换协议(OBEX),使得传统的基于红外技术的对象(如电子名片(vCard)和电子日历(vCal)等)交换应用同样可以运行在蓝牙无线接口之上。

网络访问协议:该部分协议包括点对点协议(Point to Point Protocol, PPP)、网际协议(Internet Protocol, IP)、传输控制协议(Transfer Control Protocol, TCP)和用户数据报协议(User Datagram Protocol, UDP)等,用于实现蓝牙设备的拨号上网,或通过网络接入点访问 Internet 和本地局域网。

电话控制协议:该协议包括 TCS、AT 指令集和音频。电话控制协议(Telephone Control Protocol Specification, TCS)是基于国际电信联盟-电信组(International Telecommunication Union-Telecommunication, ITU-T)的

Q. 931 标准制定的,用于支持电话功能;AT 指令集基于 ITU-TV. 250 和欧洲电信标准(European Telecommunication Standard, ETS) 300 916 标准,用于实现多用户模式下对移动电话和调制解调器的控制。蓝牙直接在基带上处理音频信号(主要指数字语音信号),采用 SCO 链路传输语音,可以实现头戴式耳机(Headset)和无绳电话(Cordless Telephony)等的应用。

应用协议:是指那些位于蓝牙协议堆栈之上的应用程序和其中所涉及的协议,包括开发驱动各种诸如拨号上网和语音通信等功能的蓝牙应用程序。蓝牙规范提供了传输层及中介层定义和应用框架,在传输层及中介层之上,不同的蓝牙设备必须采用统一符合蓝牙规范的形式;而在应用层上,完全由开发人员自主实现。事实上,许多传统的应用都可以几乎不用修改就在蓝牙协议堆栈之上运行,如基于串口和 OBEX 协议的应用。通常蓝牙技术应用开发人员是利用基于某一平台的开发工具所提供的应用程序接口(Application Programming Interface, API)来进行开发工作,但 SIG 并没有给出 API 的规范,API 函数的开发由开发工具的设计人员来完成,这样有利于蓝牙技术与各类应用的紧密结合。

1.3.2 蓝牙技术的应用框架

SIG 为各种应用蓝牙技术的产品制定了相应的应用框架。应用框架主要定义了实现具体的蓝牙产品或某些通用功能(如建立连接和服务发现等)所用到的协议栈、各个蓝牙协议的互操作性要求^①和各功能的实现过程等。一个应用框架往往建立在另一个应用框架的基础上,这种关系称为依附性(dependency)。图 1.4 给出了蓝牙应用框架间的依附关系。例如,基本打印框架(BPP)是建立在通用对象交换框架(GOEP)基础之上,而 GOEP 建立在串口框架(SPP)基础上,SPP 又建立在通用访问框架(GAP)基础上。在蓝牙打印应用中,要依次涉及到 GAP、SSP、GOEP、BPP。

本书在对应用框架进行介绍时,根据应用领域和相互间的依附性,将不同的应用框架合并为下面五大类的应用框架:

- (1) 通用应用类框架——通用应用模型中的应用框架是其他所有或多个应用框架的基础,它们规定了其他应用框架普遍用到的功能流程,如查询、建立连接和服务发现等;
- (2) 蓝牙电话应用类框架——包括与电话控制和语音应用相关的应用框架;
- (3) 蓝牙连网应用类框架——包括与网络应用相关的应用框架;

^① 协议的互操作性要求是指对协议中定义的各种功能、流程和数据分组的采用情况(必须使用、可选使用还是不能使用)。

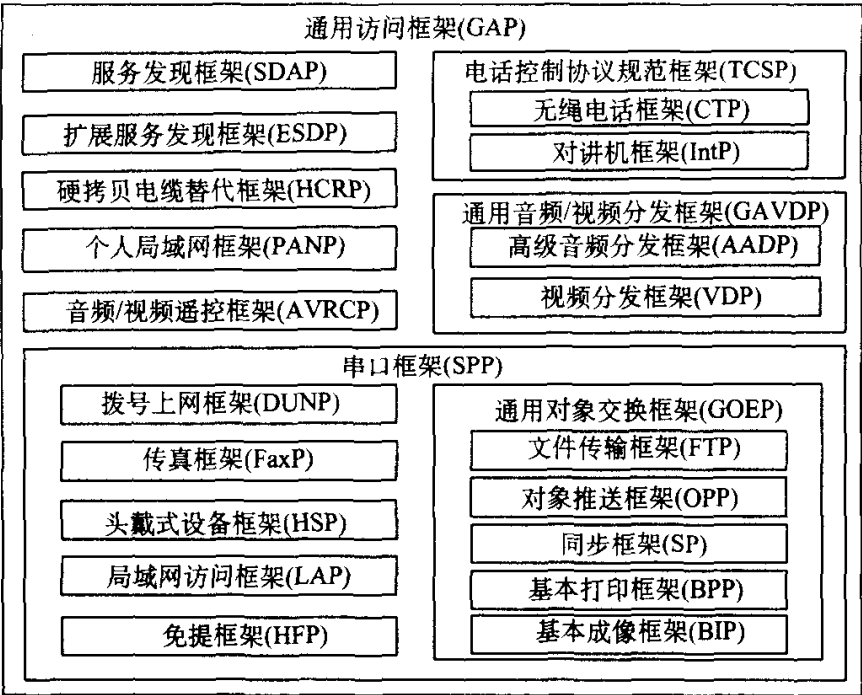


图 1.4 蓝牙技术应用框架协议堆栈

(4) 对象交换应用类框架——包括一组普遍采用 IrDA 互操作性协议和 OBEX 协议的应用框架,用于实现不同的数据对象(电子名片、文件、图像等)的交换应用;

(5) 蓝牙音频视频(AV)应用类框架——包括与音频视频应用相关的应用框架。

表 1.1 列出各类应用包括的应用框架和各个应用框架的简要说明,其中标有“*”号的为蓝牙 1.1 规范的应中框架中的 13 个应用框架,其他应用框架都是后来单独颁布的。随着应用范围的扩大,会有更多的应用框架公布。

表 1.1 应用框架概述

应用框架		说 明
通用应用类框架	* 通用访问框架	该框架是所有其他蓝牙应用框架的基础,它定义了发现其他蓝牙设备以及创建、配置和取消蓝牙设备间链路的过程,同时还定义了蓝牙设备间使用不同的安全等级的过程
	* 服务发现框架	该框架是绝大多数蓝牙应用框架中不可缺少的部分,因而是一个基础性的应用框架。它定义了发现注册在其他蓝牙设备中的服务的过程,并且可以获得与这些服务相关的信息
	* 串口框架	该框架定义了两个蓝牙设备间基于 RFCOMM 建立虚拟的串口连接的过程和要求
	扩展服务发现框架	该框架定义了发现前微微网之外的服务的功能,还可以实现对远端设备(即可以在当前微微网之中,也可以在之外)上的资源的控制
	硬拷贝电缆替代框架	该框架用于替代计算机和打印机,以及计算机和扫描仪间的电缆连接

续表 1.1

应用框架		说 明
电话应用类框架	* 无绳电话框架	该框架定义了执行无绳电话功能所需的协议和过程
	* 对讲机框架	该框架定义了执行对讲机功能所需的协议和过程
	* 头戴式设备框架	该框架定义了执行耳机功能的蓝牙设备所使用的协议和过程,这类设备常见的有耳机、个人电脑和蜂窝电话
	免提框架	该框架定义了车载蓝牙免提设备的实现要求,该设备可以和蓝牙手机通过语音控制实现拨打与接听电话功能
连网应用类框架	* 拨号上网框架	该框架定义了执行拨号上网功能的蓝牙设备所使用的协议和过程,这类设备最常见的是调制解调器和蜂窝电话
	* 传真框架	该框架定义了执行传真功能的蓝牙设备所使用的协议和过程,蓝牙蜂窝电话或调制解调器可以通过电脑履行无线传真调制解调器的功能,来发送和接收传真信息
	* 局域网访问框架	该框架定义了蓝牙设备如何通过 PPP 协议访问局域网,以及两个蓝牙设备如何通过同样的 PPP 机制组网
	个人局域网框架	该框架定义了蓝牙设备如何通过网络接入点(类似于无线 HUB)访问远端网络,以及蓝牙设备间如何组成微微网
对象交换应用类框架	* 通用对象交换框架	该框架定义了执行对象交换功能的应用将用到的协议和过程,需要此功能的设备包括笔记本电脑、PDA 和移动电话等
	* 推送对象框架	该框架以通用对象交换框架为基础,主要用于蓝牙设备间交换电子名片对象
	* 文件传输框架	该框架以通用对象交换框架为基础,用于蓝牙设备间文件和文件夹的浏览、传输、创建与删除操作
	* 同步框架	该框架以通用对象交换框架为基础,用于蓝牙设备间同步更新相互的个人信息管理数据(包括电话簿、日历、消息和记事本等对象数据)
	基本打印框架	该框架以通用对象交换框架为基础,用于实现移动设备上存储的数据对象的无线打印功能
	基本成像框架	该框架以通用对象交换框架为基础,用于实现蓝牙设备间图像对象的交换
A/V 应用类框架	音频视频遥控框架	该框架用于在传统的红外遥控应用中的实现蓝牙无线通信技术
	通用音频视频分发框架	该框架是高级音频分发框架和视频分发框架 ¹⁾ 的基础,定义了蓝牙设备为音频视频分发应用建立流(Streaming)信道的要求
	高级音频分发框架	该框架用于实现对高质量的单声道和立体声音频数据的传输,例如使用音乐播放器将音频数据发往耳机或音箱

1) 该框架正处于开发过程中。

1.4 蓝牙与其他短距无线通信技术

除蓝牙技术外,其他较为成功的短距无线通信技术还有红外、IEEE 802.11 无线局域网技术和 HomeRF 家用无线局域网技术。红外、IEEE 802.11 和 HomeRF 技术的诞生都早于蓝牙,并且经过多年的发展,已经日渐成熟,各项技术指标也不断得到提升。蓝牙、IEEE 802.11 和 HomeRF 工作