

高等学校电子信息类系列教材

蓝牙技术原理与协议

The Principle and Protocol on Bluetooth Technology

朱刚 谈振辉 周贤伟 编著
倪维桢 主审



北方交通大学出版社
<http://www.press.njtu.edu.cn>



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校电子信息类系列教材

蓝牙技术原理与协议

朱 刚 谈振辉 周贤伟 编著

倪维桢 主审

北方交通大学出版社
清华大学出版社

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书采用最新的资料和技术标准,介绍了蓝牙基带标准及其所涉及的原理,内容包括三部分:第一部分对蓝牙技术及其所使用的移动无线信道进行简要介绍;第二部分将蓝牙基带标准的内容从原理角度归结为扩频通信、语音信号编解码、无线分组数据传输、差错控制、数据通信控制规程及信息安全六个方面,并结合原理加以介绍;第三部分对蓝牙系统开发、蓝牙相关无线数据通信新技术及蓝牙发展进行介绍。

本书可作为高等学校通信工程专业课教材或参考书,也可以供相关专业工程技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

蓝牙技术原理与协议/朱刚,谈振辉,周贤伟编著.北京:北方交通大学出版社,2002.8

ISBN 7-81082-052-4

I. 蓝… II. ①朱… ②谈… ③周… III. ①短距离-无线电通信:数字通信-通信技术 ②短距离-无线电通信:移动通信-通信协议 IV. TN 929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第033004号

丛 书 名:高等学校电子信息类系列教材

书 名:蓝牙技术原理与协议

编 著 者:朱 刚 谈振辉 周贤伟

主 审:倪维楨

责任编辑:郭 洁

特约编辑:郑 祺

排版制作:鑫鑫达排版中心

印 刷 者:北方交通大学印刷厂

装 订 者:三河桃园装订厂

出版发行:北方交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-62237564 51686045

清华大学出版社 邮编:100084

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:380千字

书 号: ISBN 7-81082-052-4
TN·3

版 次:2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷

印 数:4000册 定价:26.00元

高等学校电子信息类系列教材 编审委员会成员名单

主任 谈振辉

副主任 张思东 赵尔沅

委员 (以姓氏笔画为序)

王志刚 邓忠礼 冯玉珉 冯锡生 卢先河

刘云 齐立心 朱定华 严国萍 李承恕

汪希时 沙斐 张有根 张林昌 陈常嘉

郑光信 屈波 钟章队 徐佩霞 薛质

总 序

近年来,我国高等教育经历了重大的改革,已经在教育思想和观念上、教育方法和手段上有了长足的进步,在较大范围和较深层次上取得了成果。为了推进课程改革、加快我国大学教育国际化的进程,教学内容和课程体系改革已经是势在必行。特别在通信与信息领域,随着微电子、光电子技术、计算机技术及光纤等相关技术的发展,尤其是计算机技术与通信技术相结合,使得现代通信正经历着一场变革,各种新技术、新业务、新系统和新应用层出不穷,传统的教学内容和课程体系已不能满足要求,同时教材内容也需要更新。在此背景下,我们决定编写一套紧跟国际科技发展又适合我国国情的“高等学校电子信息类系列教材”,以适应我国高等教育改革的新形势。

“高等学校电子信息类系列教材”涉及传输技术、交换技术、IP技术、接入技术、通信网络技术及各种新业务等。我们在取得教学改革成果的基础上,组织了一批具有多年教学经验、从事科研工作的教师参与编写这套专业课程系列教材。

本系列专业课程教材具有以下特色:

- 在编写指导思想上,突出实用性、基础性、先进性和时代特征,强调核心知识,结合实际应用,理论与实践相结合。

- 在教材体系上,强调知识结构的系统性和完整性,强调课程间的有机联系,注重学生知识运用能力和创新意识的培养。

- 在教材内容上,重点阐述系统的基本概念和原理、基本组成、基本功能及基本应用,对一些新技术和新应用做较系统的介绍。内容丰富,层次分明,重点突出,叙述简洁,通俗易懂。

本系列专业课程教材包括:

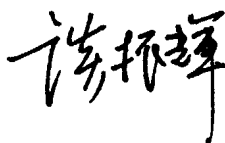
《现代通信概论》、《通信系统原理》、《通信系统学习指南》、《数字通信》、《现代交换技术》、《光纤通信理论基础》、《光纤通信系统及其应用》、《光接入网技术及其应用》、《现代移动通信系统》、《数字微波通信》、《卫星通信》、《现代通信网》、《自动控制原理》、《蓝牙技术原理与协议》、《计算机通信网基础》、《多媒体通信》、《数字图像处理学》、《网络信息安全技术》等。

本系列教材的出版得到北方交通大学教务处的全力支持,同时也得到北方交通大学出版社、清华大学出版社有关同志的精心指导和全力帮助。

本系列教材适合于高等院校通信及相关专业本科生教育,也可作为从事电信工作的技术人员自学教材及培训教材。

“高等学校电子信息类系列教材”

编审委员会主任



2002年6月

前 言

蓝牙技术是一种无线数据与数字通信的开放性全球规范。它以低成本的近距离无线连接为基础，为固定与移动通信环境建立一个接入点。该技术实质内容是要建立通用的无线空中接口（radio air interface）及其控制软件的公开标准，使移动通信与计算机网络进一步结合，使不同厂家生产的便携式设备在没有电线或电缆相互连接的情况下，能在近距离（10~100 m）范围内具有互操作性能（interoperability），使人们能随时随地进行数据信息的交换与传输。蓝牙技术提供的低成本、低功耗的无线接入方式，在信息家电、移动通信、嵌入式应用开发等诸多方面的应用，顺应了现代通信技术和应用发展的潮流，被认为是无线数据通信领域重大进展之一，将对未来的无线移动数据通信业务产生巨大促进作用。目前，蓝牙技术已成为短距离无线数据通信领域最热门的研发方向。

蓝牙技术标准一经推出，就获得业界的广泛认可。蓝牙特殊利益集团（SIG）已由最初的爱立信、诺基亚、IBM、东芝及英特尔 5 家公司发展成为包括微软、摩托罗拉等 9 家公司组成的大型集团。以 SIG 为中心的 2 000 多家公司都签署了相关协议，共享这一先进技术。这么多公司集中在一项技术大旗下在商业史上是史无前例的，一项公开的全球范围的统一技术得到工业界如此广泛关注和支持也是以往所罕见的，这说明蓝牙技术产品具有广泛的应用前景和巨大的潜在市场。

作者（朱刚）在加拿大 Waterloo 大学做访问学者期间开始接触蓝牙技术，并搜集了有关最新文献资料和技术标准，回国后开始翻译、编写《蓝牙技术讲义》，为北方交通大学通信工程专业本科生开设了“蓝牙技术”选修课，本书即是在该讲义基础上扩展编写而成的。

作者在编写讲义时碰到两方面难题：一是如何将蓝牙技术标准介绍给本科学生，二是如何将研究上还处于起步阶段的、相对不很成熟的蓝牙技术引入课堂。众所周知，通信技术标准（协议）是现代通信技术的重要组成部分，介绍蓝牙技术也离不开介绍蓝牙技术标准（甚至蓝牙技术的应用模式也以标准形式固定下来）。但通信标准往往不易理解，直接讲授有困难，因此，我们尝试将标准与涉及的原理相结合并以易于理解的结构编排、阐述，这样可能会降低理解的难度，使学生易于接受。由于基带标准是蓝牙标准体系结构中的四个核心协议之一，是深入学习掌握蓝牙其他标准的基础，因此我们选择了蓝牙基带标准加以详细介绍。此外，一般来讲，学校课堂讲授内容以成熟的理论、技术为宜，尽管蓝牙技术研究从总体上看不论是国内还是国外都处于起步发展阶段，但是实际上，蓝牙基带标准所涉及的技术是成熟技术，并非是最新技术，如差错控制编码、语音编码、跳频技术等，这也是本书选择介绍蓝牙基带标准的另一个原因。对于上述两个问题的考虑结果，构成了本书的基本格局。

本书内容包括三部分。第一部分包括第 1、2 章，对蓝牙技术及其所使用的移动无线信道进行简要介绍。第二部分包括第 3 章至第 8 章，将蓝牙基带标准共 14 章的内容，从原理角度归结为扩频通信、话音信号编解码、无线分组数据传输、差错控制、数据通信控制规程及信息安全六个方面，结合原理分章介绍，力求从基带标准这一点上深入介绍蓝牙技术。对

于这一部分中涉及到的蓝牙基带标准中的图表用 BB (BaseBand, 基带) 表示 (如 BB 图 1.1、BB 表 14.1), 而对其中的公式仍保留原有编号 (如 EQ16), 以便对照查询。第三部分包括第 9、10 两章, 对蓝牙系统开发、蓝牙相关无线数据通信新技术及蓝牙发展进行介绍, 以便读者对蓝牙技术在总体上加以把握。因此, 我们认为, 这是一本学习蓝牙技术的较好的入门书。

本书由北方交通大学谈振辉、朱刚及北京科技大学周贤伟共同编写。其中, 谈振辉编写第 1、2、9、10 章, 谈振辉、朱刚共同编写第 3 章, 周贤伟、朱刚共同编写第 8 章, 朱刚编写其余部分并统编全书。谈振辉、金晓军的博士生、硕士生参与了本书部分编写工作。其中, 李向宁、肖涛参与第 1 章, 苏彦兵参与第 2、3 章, 熊可成参与第 9 章, 陈霞参与第 10 章。本书由北京邮电大学倪维桢教授担任主审, 他对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议, 在此表示特别感谢。本书在编写过程中得到加拿大 Waterloo 大学史明辉博士、北方交通大学博士生蒋海林和硕士生王刚的大力协助, 北方交通大学电子信息学院张有根副院长对于本书的编写工作给予很大支持与帮助, 齐立心教授、钟章队教授非常关心本书的编写工作; 本书的出版得到北方交通大学出版基金资助, 在此一并表示感谢!

最后作者要感谢曾经鼓励和帮助我们完成这一工作的亲友和所有其他同事。

由于作者水平有限, 书中不当之处在所难免, 恳请读者批评指正。

作 者
2002 年 3 月

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 蓝牙技术介绍	(1)
1.1.1 蓝牙的由来	(1)
1.1.2 蓝牙技术概述	(1)
1.2 蓝牙协议体系结构	(4)
1.2.1 蓝牙协议	(5)
1.2.2 蓝牙应用规范	(7)
1.3 蓝牙技术应用与产品	(8)
1.3.1 蓝牙技术应用	(8)
1.3.2 蓝牙产品	(11)
第 2 章 移动无线信道及传播	(15)
2.1 无线电波传播介绍	(15)
2.2 自由空间传播模型	(16)
2.3 三种基本传播机制	(17)
2.4 室内传播模型	(18)
2.4.1 分隔损耗 (同一层)	(19)
2.4.2 对数衰落路径损耗模型	(20)
2.4.3 衰减因子模型	(20)
2.5 小尺度衰落和多径传播	(22)
2.5.1 小尺度多径传播	(22)
2.5.2 多径信道的脉冲响应模型	(23)
2.6 小尺度衰落形式	(28)
2.6.1 由多径时延扩展产生的衰落效应	(28)
2.6.2 由多普勒扩展产生的衰落效应	(30)
第 3 章 蓝牙扩频通信	(32)
3.1 高斯滤波最小频移键控	(32)
3.1.1 一般原理	(32)
3.1.2 GMSK 信号的产生及其功率谱	(33)
3.1.3 GMSK 误比特率	(35)
3.2 扩频通信原理	(36)
3.2.1 扩展频谱通信的基本概念	(36)

3.2.2	扩展频谱通信系统模型	(37)
3.2.3	扩展频谱通信抗扰特点	(38)
3.2.4	跳频系统及特点	(39)
3.2.5	跳频图案设计与码序列选择	(40)
3.2.6	宽间隔跳频	(44)
3.2.7	跳频信号的接收与同步	(45)
3.3	蓝牙综述	(46)
3.4	物理信道	(48)
3.4.1	频带及射频信道	(48)
3.4.2	信道定义	(48)
3.4.3	时隙	(48)
3.4.4	调制与比特率	(49)
3.5	物理层链路	(49)
3.5.1	概述	(49)
3.5.2	SCO 链路	(49)
3.5.3	ACL 链路	(50)
3.6	蓝牙单元编址	(50)
3.6.1	蓝牙设备地址	(50)
3.6.2	访问码	(51)
3.6.3	活动成员地址	(53)
3.6.4	休眠成员地址	(53)
3.6.5	访问请求地址	(54)
3.7	跳频选择	(54)
3.7.1	总体方案	(54)
3.7.2	选频内核	(55)
3.7.3	控制字	(58)
第 4 章	蓝牙话音通信	(62)
4.1	脉冲编码调制	(62)
4.2	波形编码技术	(63)
4.2.1	抖动法	(64)
4.2.2	非均匀量化器	(64)
4.2.3	差分量化	(65)
4.3	自适应差分脉码调制	(68)
4.4	增量调制	(69)
4.5	蓝牙话音	(70)
4.5.1	对数 PCM 编/解码	(71)
4.5.2	CVSD 编/解码	(71)
4.5.3	错误处理	(72)

4.5.4	对音频信号一般要求	(72)
第5章	蓝牙分组与数据传输	(74)
5.1	信道复用原理	(74)
5.2	数据序列扰乱与解扰	(75)
5.3	分组交换与传输	(77)
5.3.1	分组交换原理	(77)
5.3.2	分组传输方式	(79)
5.3.3	分组长度确定	(80)
5.3.4	分组网流量控制	(84)
5.3.5	混合交换技术	(86)
5.4	分组无线数据网及其多址方式	(87)
5.5	蓝牙分组	(90)
5.5.1	分组一般格式	(90)
5.5.2	访问码	(91)
5.5.3	分组头	(93)
5.5.4	分组类型	(94)
5.5.5	有效载荷格式	(98)
5.5.6	分组小结	(100)
5.6	数据白化(加扰)	(101)
5.7	收/发规程	(101)
5.7.1	发送规程	(101)
5.7.2	接收规程	(104)
5.7.3	流量控制	(104)
5.7.4	比特流处理	(105)
5.8	收/发定时	(106)
5.8.1	主/从时钟同步	(106)
5.8.2	连接状态	(106)
5.8.3	退出保持模式	(108)
5.8.4	退出休眠模式	(108)
5.8.5	呼叫状态	(108)
5.8.6	跳频切换分组	(109)
5.8.7	多从单元运行方式	(110)
第6章	蓝牙数据差错控制	(112)
6.1	差错控制一般原理	(112)
6.1.1	差错类型和差错控制方式	(112)
6.1.2	纠错编码基本概念	(114)
6.2	常用纠错编码	(116)

6.2.1	汉明码	(116)
6.2.2	循环码与 BCH 码	(118)
6.3	蓝牙纠错	(121)
6.3.1	前向纠错编码: 1/3 率	(121)
6.3.2	前向纠错编码: 2/3 率	(122)
6.3.3	检错重传方案	(122)
6.3.4	检错	(125)
第 7 章	蓝牙数据通信控制规程	(128)
7.1	数据传输控制规程	(128)
7.1.1	传输控制基本概念	(128)
7.1.2	传输控制规程功能及种类	(129)
7.1.3	基本型控制规程	(129)
7.2	无线局域网有关控制与管理技术	(134)
7.2.1	网络管理	(134)
7.2.2	无线局域网介质访问控制	(136)
7.3	蓝牙逻辑信道	(138)
7.4	信道控制	(139)
7.4.1	概述	(139)
7.4.2	主从定义	(139)
7.4.3	蓝牙时钟	(139)
7.4.4	状态概述	(141)
7.4.5	待机状态	(141)
7.4.6	接入规程	(141)
7.4.7	查询规程	(147)
7.4.8	连接状态	(149)
7.4.9	散网	(156)
7.4.10	功率管理	(157)
7.4.11	链路监测	(158)
第 8 章	蓝牙信息安全	(159)
8.1	密码通信与密码学	(159)
8.1.1	密码通信概说	(160)
8.1.2	基于密码学的通信安全	(166)
8.2	分组密码与流密码	(171)
8.2.1	流密码	(171)
8.2.2	分组密码	(174)
8.2.3	杂凑函数	(175)
8.3	DES 体制加密原理	(176)

8.4	蓝牙信息安全	(182)
8.4.1	生成随机数	(183)
8.4.2	密钥管理	(183)
8.4.3	加密规程	(188)
8.4.4	认证	(194)
8.4.5	认证及加密密钥生成函数	(196)
第9章	蓝牙系统开发与测试	(201)
9.1	蓝牙系统开发与通信协议描述工具	(201)
9.1.1	蓝牙系统开发现状与问题	(201)
9.1.2	通信协议及有限状态机	(203)
9.1.3	协议描述方法	(206)
9.2	蓝牙协议的验证与测试	(210)
9.2.1	协议验证方法	(210)
9.2.2	协议的验证与协议实现的测试	(212)
第10章	蓝牙相关技术和蓝牙新进展	(214)
10.1	蓝牙与WAP	(214)
10.1.1	WAP简介	(214)
10.1.2	WAP体系结构	(215)
10.1.3	WAP与蓝牙	(218)
10.2	蓝牙与3G	(220)
10.2.1	3G简介	(220)
10.2.2	3G功能模型和主要技术	(222)
10.2.3	3G与蓝牙	(225)
10.3	蓝牙与无线局域网	(226)
10.3.1	无线局域网概述	(226)
10.3.2	WLAN技术	(228)
10.3.3	WLAN与蓝牙	(231)
10.4	关于蓝牙发展趋势	(234)
参考文献		(236)

第 1 章 概 述

1.1 蓝牙技术介绍

1.1.1 蓝牙的由来

“蓝牙”这个名字的来历颇具传奇色彩。公元 10 世纪的北欧正值动荡年代,各国之间战争频繁,丹麦国王哈拉德二世挺身而出,到处疾呼和平,经过他的不懈努力,战争终于停止,各方领袖坐到了谈判桌前,至此,四分五裂的挪威和丹麦得以统一。关于这位国王的名字有两种说法:一种说法是,他的全名是 Harald Blatand, Blatand 在英语中意为“蓝牙”(Bluetooth);还有一种说法是,这位英雄的丹麦国王酷爱吃蓝梅,以致于牙齿都被染成了蓝色,因此“蓝牙”(Bluetooth)成为了这位国王的绰号。

1000 年后的今天,世界范围内电子设备技术高速发展。瑞典的爱立信公司于 1994 年成立了一个专项科研小组,对移动电话及其附件的低能耗、低费用无线连接的可能性进行研究,他们的最初目的在于建立无线电话与 PC 卡、耳机及桌面设备等产品的连接。但是随着研究的深入,科研人员越来越感到这项技术所独具的个性和巨大的商业潜力,同时也意识到凭借一家企业的实力根本无法继续研究,于是,爱立信将其公诸于世,并极力说服其他企业加入到它的研究中来。他们共同的目标是建立一个全球性的小范围无线通信技术,并将此技术命名为“蓝牙”,来表达要将这种全新的无线传输技术在全球推广,并实现全球通用的雄心。

1998 年 2 月,爱立信、诺基亚、IBM、东芝及 Intel 组成了蓝牙特殊利益集团(SIG)。这个集团包含了商业领域的最佳组合:两个最大的移动通信公司,两个最大的手提电脑生产商,一个数字信号处理技术的领导者。之后,蓝牙引起了越来越多企业的关注。1999 年 11 月,比尔·盖茨专程到拉斯维加斯一间只有 11 名员工的小公司访问,只因这家公司已研制成功一种含蓝牙技术的胸卡,随后,微软便宣布加入 SIG。目前,包括索尼、惠普、戴尔在内的 2 000 多家公司都签署了相关协议,共享这一先进技术。这么多的精英公司集中在一项技术的大旗下,在商业史上是史无前例的,一项公开的全球统一的技术规范得到了工业界如此广泛的关注和支持,也是以往所罕见的。这说明基于此项蓝牙技术的产品具有广阔的应用前景和巨大的潜在市场。

1.1.2 蓝牙技术概述

蓝牙技术涉及一系列软硬件技术、方法和理论,包括:无线通信与网络技术,软件工程、软件可靠性理论,协议的测试技术,规范描述语言,嵌入式实时操作系统,跨平台开发和用户界面图形化技术,软硬件接口技术,高集成低功耗芯片技术等。

蓝牙技术在推出时就瞄准了无线局域网的通信,是一种无线数据与语音通信的开放性标准,它以低成本的近距离无线连接为基础,为固定与移动设备通信环境建立一个特别连接,在

10~100 m 的空间内所有支持该技术的移动或非移动设备,可以方便地建立网络联系、进行音频通信或直接通过手机访问互联网。

整个蓝牙系统按功能可分为四个模块:无线射频单元、链路控制单元、链路管理单元、软件结构。无线射频单元主要规定硬件设备的功能,它负责射频处理和基带调制的功能。链路控制单元主要完成底层通信协议(如物理层、MAC 层)的功能。链路管理单元主要负责基带连接的设定及管理、基带数据的分段及重组、多路复用和确定服务质量等功能。软件结构主要为各种应用(如语音、数据等)提供应用软件所需的通信协议与应用程序接口,如 TCP/IP、RFCOMM 等。软件结构实现的功能有:配置及诊断、蓝牙设备的发现、电缆仿真、与外设通信、语音通信及呼叫控制,以及交换名片和电话号码等。

蓝牙无线技术是为了解决一个简单问题而产生的,即以无线电波替换移动设备所使用的电缆。它试图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. 成本低

为了能够替代一般电缆,它必须具备和一般电缆差不多的价格,这样才能被广大普通消费者所接受,也才能使这项技术普及开来。蓝牙的最终目标是集成于单价为 5 美元的 CMOS 芯片。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,而链路管理功能实际上既可以通过硬件实现,也可以通过软件实现,如果由软件实现链路管理层功能,那么芯片被简化,价格也将变得合理。

2. 功耗低、体积小

蓝牙技术本来就是发展用于互连小型移动设备及其外设,它的市场目标是移动笔记本、移动电话、小型的 PDA 以及它们的外设,因此蓝牙芯片必须具有功耗低、体积小的特点,以便于集成到小型便携设备中去。蓝牙产品输出功率很小(只有 1 mW),仅是微波炉使用功率的百万分之一,是移动电话的一小部分,而且在这些输出中,仅有一小部分被物体吸收,根本检测不到温度的增加。

3. 近距离通信

蓝牙技术通信距离为 10 m,如果需要的话,还可以选用放大器使其扩展到 100 m。这已经足够在办公室内任意摆放外围设备,而不用再担心电缆长度是否够用。

4. 安全性

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。认证可以有效防止电子欺骗以及不期望的访问,而加密则保护链路隐私。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。

然而,在提供链路级认证和加密的同时,也阻碍了一些公共性较强应用模型的用户友好访问,比如服务发现和商业卡虚拟交换等。因此,为了满足这些不同的安全需求,蓝牙协议定义了三种安全模式。模式 1 不提供安全保障,模式 2 提供业务级安全,模式 3 则提供链路级安全。

5. 互操作性

互操作性是蓝牙产品的重要特性。只有实现互操作性,各大厂商之间的蓝牙产品才能够互通。试想,你买了一部爱立信生产的蓝牙耳机,却只能用爱立信的手机,而不能收听东芝蓝牙笔记本所播放的声音,那是怎样一种糟糕情形!从理论上讲,只要通过产品一致性和互连性测试,互操作性问题就可以得到解决。目前,蓝牙协议中许多互连测试规范尚未推出,并且推出后,其测试完备性也需要一个过程。国际 SIG 对蓝牙互操作性非常重视,因为它涉及到蓝牙产品的进一步应用,各大公司接连不断地开会进行沟通、测试和试验,目的就是使其产品具有互操作性。

6. 能够传送语音和数据

蓝牙基带协议是电路交换与包交换的结合,使得该技术同时适合于传送语音和数据。蓝牙协议定义了两种类型的链路:异步的面向非连接(ACL)链路和同步的面向连接(SCO)链路。在一对蓝牙单元之间,蓝牙协议支持一个 ACL 链路,它一般用来传送数据,支持对称的或非对称的、包交换的、点到多点的连接。在对称连接的情况下,最大数据速率为双向 433.9 kbit/s;在非对称连接时,最大数据速率为正向 723.2 kbit/s,反向 57.6 kbit/s。在一对蓝牙单元之间,蓝牙协议支持三个 SCO 链路,它们一般用来传送语音,提供对称的、电路交换的、点到点的连接,每个 SCO 链路的速率为 64 kbit/s。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。CVSD 方式抗干扰能力很强,即使在误码率达到 4%时,仍然有可以接受的话音质量。此外,ACL 和 SCO 可以同时工作,从而语音和数据可以同时被传送。

7. 采用跳频技术,工作于 ISM 频段

蓝牙设备采用跳频扩频技术,工作于 ISM 频段。系统最大跳频速率为 1 600 跳/s,在 2.402 GHz 到 2.480 GHz 之间,采用 79 个 1 MHz 带宽的频点。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 两个频率范围,可以免费使用而不用申请。此外,蓝牙系统的通信协议采用 TDD(时分双工),其设备采用的是 GFSK 调制技术。

8. 网络特性

蓝牙支持点到点和点到多点的连接。蓝牙系统的网络拓扑结构首先是由最多 8 台独立的设备单元连成 Piconet(微网),再由多个独立的、非同步的 Piconet 组成一个独立的 Scatternet(散网)。在 Piconet 内部,只有一个主单元,其他都是从单元且最多有 7 个,主单元利用其自身的时钟和跳频序列同步其他的从单元。在 Piconet 内部,各设备拥有一个 3 位二进制的活动成员地址来相互区分,组成 Scatternet 后,各 Piconet 之间通过其不同的时钟和跳频序列相互区分。

蓝牙技术规范 1.0 版本所公布的主要技术指标和系统参数详见表 1-1。

表 1-1 蓝牙技术指标和系统参数

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 Mbit/s
非同步信道速率	非对称连接 721/57.6 kbit/s, 对称连接 432.6 kbit/s

续表

同步信道速率	64 kbit/s
功率	美国 FCC 要求 < 0 dBm(1mW),其他国家可扩展为 100 mW
跳频频率数	79 个频点/MHz
跳频速率	1 600 跳/s
工作模式	PARK(休眠)/HOLD(保持)/SNIFF(呼吸)
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
语音编码方式	非线性 PCM 和连续可变斜率增量调制 CVSD
发射距离	一般可达 10 cm~10 m,增加功率情况下可达 100 m

1.2 蓝牙协议体系结构

蓝牙技术规范(Specification)包括协议(Protocol)和应用规范(Profile)两个部分。协议定义了各功能元素(如串口仿真协议(RFCOMM)、逻辑链路控制和适配协议(L2CAP)等)各自的工作方式,而应用规范则阐述了为实现一个特定的应用模型(Usage model),各层协议间的运转协同机制。显然,Protocol是一种横向体系结构,而Profile是一种纵向体系结构。较典型的Profile有拨号网络(Dial-up Networking)、耳机(Headset)、局域网访问(LAN Access)和文件传输(File Transfer)等,它们分别对应一种应用模型。图 1-1 简要刻画了蓝牙的协议栈。

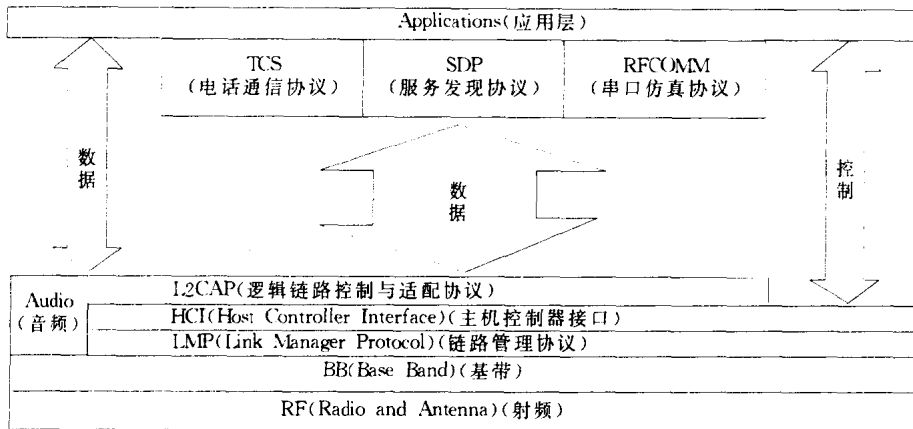


图 1-1 蓝牙协议栈

整个蓝牙协议体系结构可分为底层硬件模块、中间协议层(软件模块)和高端应用层三大部分。图 1-1 中所显示的链路管理层(LMP)、基带层(BB)和射频层(RF)属于蓝牙的硬件模块。RF层通过 2.4 GHz 无需授权的 ISM 频段的微波,实现数据位流的过滤和传输,它主要定义了蓝牙收发器在此频段正常工作所满足的要求;BB层负责跳频和蓝牙数据及信息帧的传输;LMP层负责连接的建立和拆除以及链路的安全和控制。它们为上层软件模块提供了不同的访问入口,但是两个模块接口之间的消息和数据传递必须通过蓝牙主机控制器接口(HCI)的解释才能进行。HCI是蓝牙协议中软硬件之间的接口;它提供了一个调用下层BB、LMP、状态和

控制寄存器等硬件的统一命令接口;HCI 以上的协议软件实体运行在主机上,而 HCI 以下的功能由蓝牙设备来完成,二者之间通过一个对两端透明的传输层进行交互。

中间协议层包括逻辑链路控制和适配协议(L2CAP, Logical Link Control And Adaptation Protocol)、服务发现协议(SDP, Service Discovery Protocol)、串口仿真协议(RFCOMM)和电话通信协议(TCS, Telephone Control Protocol)。L2CAP 完成数据拆装、服务质量控制和协议复用等功能,是其他上层协议实现的基础,因此也是蓝牙协议栈的核心成分;SDP 为上层应用程序提供一种机制来发现网络中可用的服务及其特性;RFCOMM 依据 ETSI 标准 TS07.10,在 L2CAP 上仿真 9 针 RS232 串口的功能;TCS 提供蓝牙设备间话音和数据的呼叫控制信令。

在蓝牙协议栈的最上部是应用层(Applications),它对应于各种应用模型的 Profile,是 Profile 的一部分。

1.2.1 蓝牙协议

蓝牙特殊利益集团(SIG)于 1999 年 7 月公布正式规范 1.0 版本,2001 年 2 月又新推出 1.1 版协议。

蓝牙规范的协议栈仍采用分层结构,分别完成数据流的过滤和传输,跳频和数据帧传输,连接的建立和释放,链路的控制、数据的拆装、业务质量(QoS)、协议的复用和分段重组等功能。蓝牙协议栈的体系结构如图 1-1 所示。

完整的协议栈包括蓝牙专用协议(如连接管理协议 LMP 和逻辑链路控制应用协议 L2CAP)以及非专用协议(如对象交换协议 OBEX 和用户数据报协议 UDP)。设计协议和协议栈的主要原则是尽可能利用现有的各种高层协议,保证现有协议与蓝牙技术的融合以及各种应用之间的互相操作,高层应用协议(协议栈的垂直层)都使用公共的数据链路和物理层,充分利用兼容蓝牙技术规范的软硬件系统。蓝牙技术规范的开放性保证了设备制造商可以自由地选用其专用协议或习惯使用的公共协议,在蓝牙技术规范基础上开发新的应用。

蓝牙协议体系中的协议分为四类:

- 核心协议:BaseBand、LMP、L2CAP、SDP;
- 电缆替代协议:RFCOMM;
- 电话控制协议:TCS-Binary、AT 命令集;
- 选用协议:PPP、UDP/TCP/IP、OBEX、WAP、vCard、vCal、IrMC、WAE。

规范还定义了主机控制器接口(HCI),它提供对链路控制器和链路管理器的命令接口,以及对硬件状态和控制注册成员的访问,该接口还提供对蓝牙基带的统一访问模式。

蓝牙核心协议由 SIG 制定的蓝牙专用协议组成。绝大部分蓝牙设备都需要核心协议(加上无线部分),而其他协议则根据应用的需要而定。电缆替代协议、电话控制协议和被采用的协议在核心协议基础上构成了面向应用的协议。

1. 蓝牙核心协议

1) 基带协议(BaseBand)

基带协议确保微网内各蓝牙设备单元之间由射频构成的物理连接。蓝牙的射频系统是一个跳频系统,其任一分组在指定时隙、指定频率上发送。它使用查询过程使一个单元能发现那些在范围之内的单元,以及它们的设备地址时钟。通过呼叫过程,能够确定实际连接。基带数据分组有两种物理连接方式,即面向连接(SCO)和无连接(ACL),而且在同一射频上可实现多