

Cambridge Wireless Essentials Series

剑桥无线基础系列

CAMBRIDGE

超宽带基础

Essentials of UWB

[美] 斯蒂芬·伍德 罗伯托·艾洛 著 廖学文 译

Stephen Wood
Roberto Aiello



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

Cambridge Wireless Essentials Series
剑桥无线基础系列

Essentials of UWB
超宽带基础

[美] 斯蒂芬·伍德 著
 罗伯托·艾洛

Stephen Wood
Intel Corporation

Roberto Aiello
Staccato Communications

廖学文 译



西安交通大学出版社
Xi'an Jiaotong University Press

This is a Simplified Chinese translation of the following title published by Cambridge University Press; Essentials of UWB ISBN 9780521877831
CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS 2008

This Simplified Chinese translation for the People's Republic of China (excluding Hong Kong, Macau and Taiwan) is published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

©Cambridge University Press and Xian Jiaotong University Press 2012

This Simplified Chinese translation is authorized for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong, Macau and Taiwan) only. Unauthorised export of this Simplified Chinese translation is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Cambridge University Press and Xian Jiaotong University Press.

陕西省版权局著作权合同登记号:25-2012-125

图书在版编目(CIP)数据

超宽带基础/(美)伍德(Wood, S.), (美)艾洛(Alello, R.)著;
廖学文译. —西安:西安交通大学出版社, 2012. 6

(剑桥无线基础系列)

书名原文:Essentials of UWB

ISBN 978-7-5605-4331-4

I. ①超… II. ①伍… ②艾… ③廖… III. ①宽带通信系统-基
本知识 IV. ①TN914.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第108792号

书 名	超宽带基础
著 者	(美)斯蒂芬·伍德 罗伯托·艾洛
译 者	廖学文
出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路10号 邮政编码 710049)
网 址	http://www.xjtupress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心) (029)82668315 82669096(总编办)
传 真	(029)82669097
印 刷	西安建科印务有限责任公司

开 本	700 mm×1000 mm	1/16	印张	12	字数	147千字
版次	2012年7月第1版		2012年7月第1次印刷			
印 数	0001~3000册					
书 号	ISBN 978-7-5605-4331-4/TN·133					
定 价	36.00元					

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82665380

读者信箱:banquan1809@126.com

版权所有 侵权必究

译者序

近年来,人们对无线通信传输速率要求的不断提升促进了研究人员寻找移动蜂窝通信之外的其他大容量无线传输方式,而频谱的稀缺性使得研究者不得不在过度拥挤以及有限的无线频谱上寻找新的增强型技术,同时避免与已有无线系统之间相互干扰。超宽带(UWB)技术作为实现短距离、高速率无线通信的一种解决方案,近年来已成为无线通信领域中的一个研究热点,也有着巨大的商业前景。与传统无线通信系统不同,超宽带系统具有高带宽、大容量、低功耗、高分辨能力等特点,在室内、近距离、高速率以及能量受限的传感器网络等场景下颇具吸引力。

这本简要讲述超宽带技术以及应用的小书采用概括性的描述介绍了超宽带技术多种可能的应用,也介绍了最基本的超宽带通信技术的技术原理及实现方法,而且本书的原作者长期工作在将超宽带技术标准化的组织中,因此也以其亲身经历介绍了超宽带技术的标准化过程及行业性联盟组织的组成及特点,以及各国政府对这一技术的管理措施和政策等,能够帮助读者了解这一项新技术如何从实验室走向应用的复杂过程,对于尚未了解超宽带的读者们通过本书可在很短时间内了解超宽带的技术、应用和标准化进程以及未来挑战等多方面情况。

本书的完成需感谢任品毅教授进行整理校对工作,同

时感谢姜琪、李昂提供的帮助。由于译者不可避免地存在主观片面性,书中不妥和错误之处在所难免,殷切地希望广大读者及同行专家批评指正。

译者

2012年夏于西安交通大学

目 录

译者序

第 1 章 超宽带简介	(1)
1.1 超宽带应用分类	(3)
1.1.1 高速率通信	(3)
1.1.2 低速率通信	(6)
1.1.3 成像	(6)
1.1.4 车载雷达	(6)
1.2 下一代高速率通信应用	(7)
1.3 超宽带的简要历史	(10)
1.4 总结	(14)
参考文献	(15)
第 2 章 超宽带技术在高速数据传输中的应用	(16)
2.1 超宽带技术的传输速率	(16)
2.2 低成本	(22)
2.3 定位	(23)
2.4 低功耗	(25)
2.5 个域网网络架构	(26)
2.5.1 范围大不见得好	(26)
2.5.2 无线网络的自然分层	(27)
2.6 总结	(30)
参考文献	(31)
第 3 章 物理层特性	(32)
3.1 多频带	(36)
3.2 多频带正交频分复用	(37)

3.3 总结	(40)
参考文献	(41)
第4章 媒体接入控制层	(42)
4.1 信道选择	(46)
4.2 信标和同步	(47)
4.3 对多速率的支持	(48)
4.4 传输功率控制(TPC)	(49)
4.5 能源管理	(49)
4.6 距离测量	(51)
4.7 带宽预留	(51)
4.7.1 优先竞争接入	(52)
4.7.2 分布式预留协议	(53)
4.8 不同协议的共存	(54)
4.9 无线 USB 的媒体接入控制层功能	(55)
4.9.1 无线 USB 的寻址	(56)
4.9.2 主机信道	(57)
4.10 总结	(57)
参考文献	(58)
第5章 应用信息	(59)
5.1 同一平台上的不同无线电设备的共存	(59)
5.2 芯片集成的考虑	(62)
5.2.1 集成	(63)
5.2.2 封装	(64)
5.3 天线的考虑	(65)
5.3.1 天线的种类	(67)
5.3.2 天线的要求	(67)
5.3.3 天线可用性	(67)
5.4 无线电内置卡和集成设计比较	(68)
5.5 总结	(71)

第 6 章 上层协议	(73)
6.1 认证无线 USB(CWUSB)	(74)
6.1.1 认证无线 USB 的主要应用	(74)
6.1.2 系统架构	(75)
6.1.3 协议描述	(76)
6.1.4 优势与劣势	(76)
6.1.5 主要挑战	(77)
6.1.6 应用实例	(78)
6.2 WiMedia 2 层协议(WLP)	(78)
6.2.1 主要应用	(79)
6.2.2 系统架构	(79)
6.2.3 协议描述	(81)
6.2.4 主要挑战	(82)
6.2.5 优势和弱点	(82)
6.2.6 应用实例	(83)
6.3 蓝牙	(83)
6.3.1 主要应用	(84)
6.3.2 系统架构	(84)
6.3.3 协议描述	(86)
6.3.4 主要挑战	(86)
6.3.5 优势与劣势	(87)
6.3.6 应用实例	(87)
6.4 无线 1394	(88)
6.4.1 主要应用	(88)
6.4.2 系统架构	(88)
6.4.3 协议描述	(88)
6.4.4 主要挑战	(89)
6.4.5 优势和劣势	(89)
6.4.6 应用举例	(89)
6.5 建立安全连接	(89)

6.6	总结	(92)
	参考文献	(93)
第 7 章	超宽带标准	(94)
7.1	ECMA	(94)
7.2	ISO	(95)
7.3	ETSI	(96)
7.4	标准化的国际展望	(97)
7.5	标准在国际贸易中的角色	(99)
7.6	IEEE 中的 UWB	(100)
7.7	总结	(103)
	参考文献	(104)
第 8 章	行业联盟	(105)
8.1	UWB 行业联盟概况	(106)
8.2	WiMedia 联盟	(107)
8.3	蓝牙行业联盟	(109)
8.4	USB 应用论坛	(111)
8.5	其他行业联盟	(113)
8.6	行业联盟与 UWB 相关的工作	(114)
8.6.1	知识产权	(115)
8.6.2	互操作性和认证测试	(120)
8.6.3	行业联盟中的成员权利	(121)
8.7	总结	(124)
第 9 章	超宽带的商业问题	(126)
9.1	期望的技术改变	(126)
9.1.1	超宽带的计划发展方向	(126)
9.1.2	多无线电集成	(128)
9.1.3	广域网、局域网以及个域网的融合	(128)
9.2	商业和市场趋势	(130)
9.2.1	价格侵蚀	(130)

9.2.2	市场整合	(131)
9.2.3	首次展示的期望	(133)
9.3	总结	(134)
第 10 章	超宽带技术的监管	(136)
10.1	规范概览	(137)
10.2	UWB 频谱规范设立	(137)
10.3	保护与变革	(139)
10.4	欧洲监管的领导地位	(140)
10.5	欧洲监管体制和组织	(141)
10.5.1	国家管理	(141)
10.5.2	欧洲邮电委员会	(141)
10.5.3	欧盟、欧洲委员会和无线电频谱委员会	(142)
10.6	在欧洲规范 UWB 的挑战	(144)
10.7	第一授权——技术工作的开始	(145)
10.7.1	UWB 的特征	(145)
10.7.2	评价 UWB 的潜在干扰因素	(147)
10.7.3	零干扰假设	(148)
10.7.4	64 号报告	(149)
10.8	第二授权	(150)
10.9	第三授权	(153)
10.10	单节点与聚集效应	(154)
10.11	正在进行的监管需要	(158)
10.12	超过 6 GHz	(159)
10.13	干扰抑制技术	(160)
10.13.1	低速数据传输	(161)
10.13.2	检测与躲避	(162)
10.13.3	10 秒规则	(165)
10.13.4	禁止户外设施	(166)
10.13.5	电源连接	(166)
10.14	总结	(167)

参考文献	(168)
第 11 章 公地悲剧	(169)
11.1 超宽带频谱饱和	(169)
11.2 个人局域网的应用造成无线局域网的饱和	(170)
11.3 总结	(174)
附录:参考文献	(176)
作者简介	(182)

第 1 章 超宽带简介

如果你对超宽带方面深入的学术论述感兴趣的话,本章的最后列出了一些很好的论文,我们推荐你去阅读其中的两篇^[1,2]。这本书并不是用来满足这样深入学术研究的需求的。本书特色在于非常的简洁和实用,所以它并不会占据你书架上太多的空间。

如果你是一位工程师、商务人士、管理者或者是市场营销人员,你需要足够的专业知识来设计、销售或者是管理与超宽带(UWB)无线电有关的产品,而你又不需要成为这方面的专家,那么,这本书就是你所需要的参考资料。我们写作本书的目的就在于为读者提供一个关于 UWB 技术以及其产业的可靠全面的了解。这当中包括技术综述、产业组织机构、知识产权综述、标准化和管理方面的讨论。我们也尝试对其发源的技术文档有所描述,从而为想要做深入研究的人提供一些参考。我们知道这些技术发展的来龙去脉。本书作者罗伯托·艾洛博士创立了两个 UWB 技术公司,为美国监管体制的建立做出了积极的贡献,他还参与了 IEEE 的标准化讨论过程,并在 UWB 调制方案与无线电收发机设计的早期发展中做了许多的工作。同时,他担任 WiMedia 联盟董事会成员也已经有数年之久。几年前,本书另一作者斯蒂芬·伍德先生出任 WiMedia 联盟的主席,并一直就职到现在。他参与了 ITU 与欧洲的监管体制的制定工作,是这个领域产业结构的主要缔造者,并在 WiMedia 与 Ecma、ISO、ETSI 等组织的关系中发挥着重要的作用,同时,他还在 WiMedia 知识产权策略的发展进程中也扮演着重要的角色。

因此,撇开前面所讲的这些,将对超宽带技术的简要描述作

2 第1章 超宽带简介

为开端是最合适不过的了。然而,描述 UWB 技术比想象的要困难得多。一般媒体上可能会认为 UWB 就是某种单一的技术,其实不然。UWB 最好是被描述为一系列使用宽带信号来实现应用的无线电技术。这些无线电技术在很宽的频率范围上工作,并有着不同的信号特性。通过一个例子来说明 UWB 中的可变性 (variability):工作在 24 GHz 频段上的汽车 UWB 雷达是需要被授权的;在美国,同样工作在该频段并有相同的工作功率,作为数据传输设备的探地雷达不但需要被授权,其使用还要受到严格的限制;工作在 3.1 GHz~10.6 GHz 频段的数据传输设备在美国会受到更为严格的频率范围限制,以此来降低产生有害干扰的可能性。正如人们所知,对于一项单一的技术,仅有非常少的一般性特点可以来定义它。

一个主要的一般性特点在于,用低发射功率来换取宽的带宽,从而能够以较低成本获得足够的性能指标。UWB 所要求的低发射功率似乎是一个缺点,但是它们有非常宽的带宽,这使得信息可以以很高的速率来传输。超宽带与其他商用技术最与众不同的地方在于其使用频率的下衬式原理 (underlay philosophy)。图 1.1 表明,与较为传统的窄带信号相比,UWB 所具有的宽带特性。

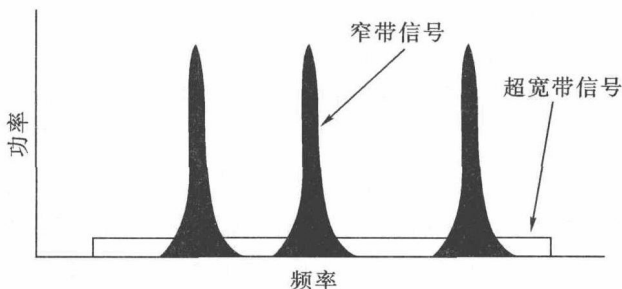


图 1.1 窄带和宽带信号

在 UWB 之前,频谱根据频率进行划分,对于授权服务,只允许有严格限制下的少量重叠。相反,UWB 刻意设计为与其他服

务频段发生较大的重叠,如图 1.1 所示。起初授权 UWB 的管理者认为,当具有较高优先级的服务需要频谱资源时,它会在功率上能够压制 UWB 系统,由于 UWB 还有其他可以使用的频谱,当这种情况发生时,UWB 就会释放它所占用的频谱。通过使用下衬式方式,管理者试图增加频谱的数量从而满足通信日益增长的需求。虽然这种想法不是那么的完美,但是当 2002 年美国联邦通信委员会(FCC)首次将它制定成为规则的时候,它还是一种非常流行的观念。

1.1 超宽带应用分类

在对 UWB 进行了简要描述之后,接下来要做的最好就是简要介绍采用 UWB 技术的实际应用。如果人们去仔细搜寻查看 FCC 的文件和那些 ITU 和欧洲以及亚洲组织的会议所制定的文件的话,会发现许多比我们下来所要列举的更为详尽和全面的应用分类,但却会让人感觉晦涩难懂。那些更为实际的应用最初被划分为四个大类:高速率通信、低速率通信、成像和车载雷达。这些应用被如此划分是因为相关的管理条款正是围绕这几个方面来起草的,有关管理体制的讨论将会在第 8 章中进行详细论述。这种结构也是市场的反映。在生产产品和制定标准时,它们都是彼此相互独立的环节。

1.1.1 高速率通信

高速率(high data rate, HDR)通信是第一种应用类别,也是本节中的重点。高速率通信应用出现在个人电脑、消费电子产品和移动设备市场中。这些应用的产生都源于人们对于高速率无线电业务的需求,这种技术适用于在单个房间(通常小于 10 m)的环境,并具有低成本的特点。HDR 设计的数据速率从 110 Mbps (IEEE 802.15.3a 中所规定)到超过 1 Gbps(现在的发展趋势)。高数据速率应用聚集在 3.1 GHz~10.6 GHz 的频率范围内。这

部分频谱是 FCC 以前分配给 UWB 的频谱的一部分,也是现在世界各国频谱资源管理制度中规定的频谱的初始使用范围。

为了更为详尽地介绍这种应用,将高速率通信应用分解为文件传输、异步通信、视频流和音频流。文件传输可能是点对点的传输环境,例如当两个学生想要交换他们音乐播放器中的音乐时,会去转移两个播放器中的音乐文件。类似地,从数码相机向打印机传输图片,向便携式视频播放器中加载电影文件或是从网站上下载游戏,这些都被看作是点对点的应用。

一种点对点应用是专用设置的数据交换,在通信发生过程中只包含两个成员。它们之间的链路专门为实现数据传输而建立,当传输结束时,该链路就会终止。这的确是一种目的非常明确的通信方式。相反,网络通信是一种更为普遍的集合情况。网络通信被认为可以通过一个共享的媒质来并行进行好几个通信过程,而不是像点对点通信中只有两个设备在进行通信。

电脑向打印机传输文档文件就是一个点对点交换的例子,但是在网络环境中,这种类型的传输与其他应用并存,使得如扫描仪和远程硬盘存储等能够与打印机共享一条传输链路,而不是再去分别建立不同的链路。由于网络架构的诸多好处,今天我们所使用的全部 HDR 应用都采用了这种方式。

第二种高速率通信应用是异步通信。所谓的“异步通信”这个名词用来描述一种正在发生且间断进行的数据交换或会话。无线键盘或者无线显示器就是其中的例子。在异步通信中,链路是一直存在的,链路上的数据更多的是以个人数据业务包为单位而不是人们所通常认为的以文件为单位进行传输的。

第三种高速率通信应用是视频流。在这种应用中,无线电传输连续的视频流信息。通常,这是指在两个设备之间传输视频从而达到最终能够流畅显示的目的。通常我们认为用户需要实时的视频流信息。“流”这个词意味着数据是以一个恒定的速率传给用户的,这个速率由用户的需求决定。视频流可以是来自 DVD 播放机,或是游戏控制台和电视机。通常情况下,视频流在存储

设备和显示设备之间传输。如果用户并不直接使用流传输,使用文件传输就是一种更为有效的方式了。

和视频流相仿,我们同样认为音频流的传输速率应该和用户的需求相一致。与视频流不同的是,音频流的传输速率较低。这种传输负荷不需要使用 UWB 技术,只有需要传输高保真的音频时,UWB 才会被使用。音频流也需要同步和服务质量保证(QoS)。在立体音响系统或家庭影院中,音频流也可用在为无线话筒技术服务。

在高速率通信应用的分类中,将有一个引人注目的渐进式变迁,这将需要两代技术演进以上的时间。第一代的 UWB 应用主要在于摆脱线缆的束缚并以无线连接的方式取代。用户对这一点会很感兴趣,因为这样可以让他们不再受连接在个人电脑以及电视后面混乱不堪的线缆的烦扰。对于应用本身来讲,它的尺寸大小和价格使它有着很大的市场潜力。UWB 会向这个方向发展是一种合理的方式,但这仅仅是其发展的一个开端而已。

发展到了第二代技术的时候,UWB 会成为一种小范围的高速无线连接方式,通过它将移动平台和固定静止平台相互连接起来。没有 UWB,很多新出现的模型便一无是处。以太网的出现将个人电脑连接在一起,实现了电子邮件的功能。类似地,UWB 相对于移动设备也会起到相同的作用。在个人电脑世界,电话线和 RS232 电缆起连接作用,为了让应用可以更有效地运转,这样还是远远不够的。在移动环境中,连接移动平台和各种静止交互对象时,广域网和低速率蓝牙技术都显得不是那么高效。

举个例子,在电子消费品市场中,有很多关于库斯克(kiosk)网络的利用的讨论。这个网络使得移动设备可以通过和杂货店或者火车站里的公用电话连接的方式来购买 MP3 文件、地图、电子贺卡或是其他的。利用 UWB 技术,你在车里或是在家里就可以体会到类似的便利。超宽带连接可以提供公共连接点,这使得移动平台可以同静止系统和因特网之间实现数据传输。

1.1.2 低速率通信

超宽带的第二种主要的应用种类是低速率(low data rate, LDR)通信。从实际应用来讲,低速率应用场合一般就是传感器网络。由于价格低廉,低速率传感器广泛应用于室内、工厂、农场以及其他各种地方,如应用在控制室内照明系统、工厂自动化生产以及仓库应用中。这些典型应用用来处理由电池供电的收发器之间的少量数据传输。一些应用需要确定物体的物理位置,则通过 UWB 信号的特点来确定发射机的准确物理位置。传感器网络以吞吐量为牺牲,换来了更大的覆盖范围以及链接距离,同时也使得传感器网络可以用小容量的电池进行供电,从而降低了设备的成本。

高速率通信应用市场中,需要使用一种独一性的 UWB 技术,而在低速率通信应用市场中,LDR 应用的很多 UWB 无线技术是分属于某一个组织的专利。整个传感器市场将会被这些不同的无线电技术所瓜分。所以,现在还不明确 UWB 对 LDR 市场是否会有较大的影响。

1.1.3 成像

超宽带的第三种主要的应用类别是成像(imaging)技术。成像技术包括探地雷达(GPR)、穿墙成像、墙内成像和周边警戒。公用事业公司、建筑公司和考古学家用探地雷达来寻找地表下的物体。穿墙成像被警察和军队用来观察邻近房间里的人、障碍和危险物。墙内成像和探测技术被建筑工人用来寻找和检测墙里隐藏的东西,比如水管、电线和钢筋。周边警戒利用 UWB 的雷达特性来建立一道虚拟的信号探测围墙。跨过围墙的侵入者会被检测到,然后警报就会启动。这些超宽带成像应用中,在其管理条款和其他的文件中提及最多的是探地雷达,人们估计探地雷达的单位容量能够比 HDR 和 LDR 低很多。

1.1.4 车载雷达

第四类也是最后一大类应用是车辆上用以避免车祸发生的