

宽带天线与 天线阵列

姚远 编著

KUANDAI TIANXIAN
YU TIANXIAN ZHENLIE



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

宽带天线与天线阵列

姚 远 编 著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书是专门阐述宽带天线与天线阵列技术的专著。全书共分9章,主要包括:宽带天线特性时频域分析、宽带天线设计方法和结构形式、具有禁带特性的宽带天线、渐变缝隙天线阵列的分析与设计、“双抛物线”渐变缝隙天线阵列、宽带宽缝天线阵列设计、宽带平面双极化天线与多天线应用等。

本书适于从事天线技术、雷达技术、无线通信技术的工程技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业或者从事相关课题研究的本科生、研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

宽带天线与天线阵列/姚远编著.--北京:北京邮电大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-5635-3123-3

I. ①宽… II. ①姚… III. ①宽带天线—天线阵 IV. ①TN821②TN820.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 141226 号

书 名: 宽带天线与天线阵列
作 者: 姚 远
责任编辑: 赵玉山
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京联兴华印刷厂
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 18.5
字 数: 459 千字
印 数: 1—2 000 册
版 次: 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3123-3

定 价: 39.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

自从 1887 年德国科学家赫兹利用偶极子天线证明了电磁波的存在,天线技术已经发展了 120 多年。随着各类无线通信系统、雷达系统的快速发展,天线技术也得到了蓬勃的发展。尤其是近年来随着新型智能无线通信系统的产生,对天线提出了越来越多的要求,包括多频段、宽带特性、智能化特性等。本书针对这些对天线提出的最新要求,集中研究了宽带天线和宽带天线阵列的最新技术,并提出了很多新颖的天线和天线阵列的结构形式。

本书主要包括两大方面的内容:宽带天线和宽带天线阵列。针对宽带天线,本书首先对其时域和频域的特性进行了分析,然后给出了几种新型的适用于无线通信系统的宽带天线形式,进而针对窄带系统与宽带系统共存的问题提出了具有禁带特性的宽带天线的设计方法和结构。针对宽带天线阵列,首先在第 1 章中提出了智能型宽带天线阵列本质上的设计难点问题,然后给出了一种新型的“连接阵”的概念巧妙地解决了这一难题,并给出了多种宽带天线阵列结构形式。所有这些结构形式均基于作者多年来的研究和实践经验,希望能对此领域内的读者有所帮助。

全书分为 9 章。第 1 章为绪论,介绍了课题的背景、难点、当前研究进展以及本文的主要工作和各章节的组织关系。第 2 章研究分析了宽带天线的阻抗特性、宽带天线辐射方向图的特性,进而研究宽带天线上电流横截面的分布特性和平面宽带天线脉冲波形特性。第 3 章首先给出了展宽天线带宽的一些通用方法,然后给出了几种典型的宽带天线结构形式和设计流程。第 4 章为了有效解决频谱共享问题,提出了具有禁带特性的宽带天线设计方法,从分析公开的多种具有禁带特性的超宽带天线的特性入手,结合本书提出的几种新形势的具有禁带特性的超宽带天线形式研究了此类天线的阻抗和电磁场分布的特性,并使用 V 型半波偶极子模型简化这些结构的分析。通过前 4 章的学习,读者应该能够比较清楚地了解宽带天线的特性、设计方法和新技术。

第 5 章阐述了能量守恒定律在天线阵列中所起的作用和表现,从能量的角度得到一个适用于各种形式阵列的普遍结论,为具体的天线阵列设计和分析提供理论基础。第 6 章首先根据阵列带宽的概念给出了阵列带宽与单元电尺寸以及扫描角度之间的关系,通过此关系可以进一步得出扫描角度一定的情况下增加阵列带宽的方法。接下来提出具体的渐变缝隙“连接阵”的阵列排布方式,并通过全波仿真分析以验证所提出的阵列方式的正确性和有效性,并在理论上加以解释。然后给出一种新型的基于 S 参数网络模型的阵列分析方法。最终,得到了一种可行的宽带扫描天线阵列的设计思路和方法。第 7 章首先研究和设计了一款新型的“双抛物线”形式的渐变缝隙天线,仿真和测试结果均表明此天线形式具有良好的频域和时域特性,与 Vivaldi 天线相比在相同尺寸下具有更宽的带宽。接下来,利用这款新型渐变缝隙天线组成了“连接阵”,详细探讨了其设计参数与阵列性能之间的关系,最后根

据对此类天线阵列的研究结果,结合新型“双抛物线”渐变缝隙天线和超宽带 Wilkinson 功分器,设计出了一款实用的具有超宽带和宽角度扫描特性的天线阵列。第 8 章提出的两种新型的宽带平面结构微带阵列天线能很好地满足超宽带系统的要求。第 9 章设计并分析了一种使用印刷椭圆缝隙天线与印刷椭圆单极子天线结合的双极化天线结构。使用电流分析的方法,分析了超宽带多极化天线中的匹配情况,改善了超宽带双极化天线的反射损耗特性。在超宽带多天线的分析中,使用平面椭圆单极子双单元结构,分析了超宽带双单元天线阵在时、频域的特性。最后给出了一种可重构宽带天线的分析和设计。

在本书的写作过程中,得到了众多师长、领导、亲人以及朋友们的支持、鼓励和帮助,作者在此表示由衷的谢意。

首先,要感谢我的导师——清华大学冯正和教授,他对我有学业上的指导以及对我科研态度的熏陶,使我终生受益。

其次感谢我的单位领导——北京邮电大学的俞俊生教授和英国伦敦大学玛丽女王学院的陈晓东教授,他们在我的科研工作中给我大力的支持,生活中给我始终如一的关怀,是我能够对天线技术进行更深入、更广泛研究的信心与动力。

最后要感谢我的父母及岳父岳母,他们给了我无微不至的关怀。特别要感谢我的爱人——王丽婷女士,为了能让我顺利完成此书的写作,她付出了很多,当然还有我那可爱的女儿。

本书的内容仅代表个人的观点和见解,肯定有不少疏漏,恳请读者批评指正(作者邮箱: yao. boyu@gmail. com)。

姚 远

2012 年 5 月于北京邮电大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 宽带天线与天线阵列的主要应用	1
1.1.1 宽带天线的主要应用	1
1.1.2 宽带天线阵列的主要应用	6
1.2 宽带天线和天线阵列的难点问题	9
1.2.1 宽带天线的难点问题	9
1.2.2 宽带天线阵列的难点问题.....	12
1.3 国内外研发现状与动态.....	15
1.3.1 宽带天线的研究现状.....	15
1.3.2 宽带天线阵列设计方法的研究现状.....	24
1.3.3 阵列分析方法的研究现状.....	27
1.4 本书主要内容和组织结构.....	29
参考文献	30
第 2 章 宽带天线特性时频域分析	40
2.1 宽带天线阻抗谐振加行波模式及多臂半波偶极子模型	40
2.1.1 半波偶极子天线电流特性与其高频行波电流分析.....	41
2.1.2 宽带天线阻抗窄带多臂半波偶极子模型.....	48
2.2 典型超宽带天线方向图特性.....	52
2.3 超宽带天线的电流边缘效应.....	56
2.3.1 超宽带天线电流双曲正弦边缘化分布.....	56
2.3.2 宽带天线的电流对方向图的影响.....	60
2.4 超宽带天线的时域特性.....	64
2.4.1 天线时域分析中近远场分界条件.....	66
2.4.2 平面椭圆单极子超宽带天线的时域辐射波形特性.....	69
2.5 本章小结.....	72
参考文献	72
第 3 章 宽带天线设计	73
3.1 展宽微带天线带宽的方法.....	73

3.2 加载矩形贴片的超宽带圆形缝隙微带天线	75
3.2.1 天线的结构	76
3.2.2 理论分析	77
3.2.3 天线性能	78
3.2.4 天线改进	83
3.3 矩形缝隙宽带微带天线	84
3.3.1 仿真与参数调整	86
3.3.2 天线的小型化设计	101
3.4 渐变缝隙宽带天线	115
3.4.1 微带渐变缝隙天线的提出	115
3.4.2 微带渐变缝隙天线的辐射原理	117
3.4.3 微带渐变缝隙天线的阻抗匹配带宽	118
3.4.4 微带渐变缝隙天线槽线的类型、馈电的方式及其他若干技术	119
3.4.5 微带线馈电两层 Vivaldi 天线设计	125
3.4.6 线性渐变缝隙天线设计	131
3.4.7 带状线馈电三层 Vivaldi 天线设计	134
3.5 圆形贴片 UWB 单极子天线	139
参考文献	143
第 4 章 具有禁带特性的宽带天线	146
4.1 常见的具有禁带特性的宽带天线形式	146
4.2 具有禁带特性的印刷椭圆缝隙天线形式及其特性	149
4.2.1 背部枝节超宽带陷波天线设计与分析	150
4.2.2 双 L 枝节超宽带陷波天线设计与分析	152
4.2.3 双 F 开口缝陷波超宽带陷波天线	154
4.2.4 陷波结构的阻抗与电磁场分布特性	158
4.3 具有禁带特性的超宽带宽缝天线	164
4.3.1 弧形缝隙陷波形式	164
4.3.2 U 型缝隙陷波形式	166
4.4 陷波结构 V 型半波偶极子模型	167
4.4.1 V 型半波偶极子阻抗特性	167
4.4.2 陷波结构与 V 型半波偶极子三次模的阻抗特性	170
4.5 陷波天线合成时域波形特性	173
参考文献	179
第 5 章 天线阵耦合问题与能量守恒定律	181
5.1 引例——二元天线阵	181
5.2 第一类单模天线与电磁不可见性	183
5.3 第二类单模天线	185

5.4 耦合与方向图的关系	188
5.5 最小散射天线耦合理论的应用	192
5.6 有源单元方向图和有源反射系数	194
5.7 周期边界条件	196
5.8 理想单元方向图	198
5.9 栅瓣和扫描零点	203
5.10 本章小结	207
参考文献	208
第 6 章 渐变缝隙天线阵列的分析与设计	209
6.1 阵列带宽	209
6.1.1 阵列带宽的概念	209
6.1.2 增加阵列带宽的方法	210
6.2 “连接阵”仿真分析与理论解释	211
6.2.1 渐变缝隙天线“连接阵”仿真结果	212
6.2.2 “连接阵”理论解释	214
6.3 渐变缝隙天线单元的研究与设计	215
6.3.1 反足形式的渐变缝隙天线单元	215
6.3.2 兔耳朵形式的渐变缝隙天线单元	217
6.3.3 Vivaldi 天线单元	217
6.4 Vivaldi 天线“连接阵”设计参数的影响	219
6.5 Vivaldi 天线“连接阵”设计实例	225
6.6 渐变缝隙天线连接阵互耦的分析	226
6.6.1 互耦的计算方法	226
6.6.2 互耦对阵列性能的影响	227
6.7 非对称渐变缝隙天线阵列设计	228
6.7.1 非对称渐变缝隙天线单元设计	229
6.7.2 阵列设计及阵列性能	232
6.8 基于 S 参数网络模型的阵列分析方法	234
6.8.1 阵列模型	235
6.8.2 天线阵列参数	238
6.8.3 分析渐变缝隙天线阵列	241
参考文献	243
第 7 章 “双抛物线”渐变缝隙天线阵列	244
7.1 “双抛物线”渐变缝隙天线单元设计	244
7.1.1 天线结构与原理	244
7.1.2 仿真和实验性能	245
7.2 “双抛物线”渐变缝隙天线连接阵设计参数的影响	248

7.3 “双抛物线”渐变缝隙天线连接阵设计实例	252
7.3.1 超宽带功分器的设计	252
7.3.2 整体阵列的设计	254
7.4 本章小结	256
参考文献	256
第8章 宽带宽缝天线阵列设计	257
8.1 天线结构	257
8.2 理论分析	258
8.3 天线性能	260
8.4 宽带矩形缝隙天线阵列设计	264
8.5 本章小结	268
参考文献	269
第9章 宽带平面双极化天线与多天线应用	270
9.1 平面宽带双极化天线	270
9.1.1 宽带双极化天线设计与基本特性分析	270
9.1.2 宽带双极化天线极化特性与方向图	274
9.2 宽带双单元天线阵特性	276
9.2.1 宽带多天线时域特性分析	276
9.2.2 平面椭圆单极子双单元天线阵时域特性分析	279
9.3 可重构超宽带阵列天线设计	281
9.3.1 天线结构与原理	282
9.3.2 天线性能	283
参考文献	285

第 1 章 绪 论

1.1 宽带天线与天线阵列的主要应用

1.1.1 宽带天线的主要应用

目前,宽带技术是无线通信领域的一个重要发展方向,已经成为了国内外通信界近年来的热点问题和研究方向之一。宽带技术之所以得到了广泛的关注,主要因为其具有如下的技术优势^[1]:

1) 传输速率高。宽带信号的脉冲宽度通常在亚纳秒量级,带宽极宽,宽带信号在频域上有非常宽的能量谱,带宽达数 GHz,可提供很大的系统容量,这使得超宽带无线系统适合于高速率无线传输应用;数据传输速率范围可在数十 Mbit/s 到数百 Mbit/s,甚至上 Gbit/s。从信号传播的角度考虑,超宽带无线电由于能有效减小多径传播的影响,使得可以传输高速率数据。

2) 处理增益高。极宽的带宽使得系统具有很大的增益,抗窄带干扰的能力强。超宽带无线电处理增益主要取决于脉冲的占空比和发送每个比特所用脉冲数,可以做到比目前实际扩谱系统高得多的处理增益。超宽带系统进一步通过采用跳时或扩频信号,比 IEEE 802.11 系列无线局域网和 IEEE 802.15 蓝牙等有更强的抗干扰功能。

3) 多径分辨能力很强,也具有比较强的时间分辨能力,有利于多径环境下通信和精确定位方面的应用。常规无线通信的射频信号大多为连续信号或其持续时间远大于多径传播时间,限制了通信质量和数据传输速率。由于超宽带无线电发射的是持续时间极短的脉冲且占空比极低,多径分量在时间上是可分离的。这样宽带系统在接收端可以实现多径信号的分集接收,可以充分利用分离出来的多径分量提高超宽带无线电解调输出的信噪比,降低由于多径干扰造成的性能损失^[2,3]。宽带信号的抗多径衰落的固有鲁棒性特别适合于室内等多径、密集场合的无线通信应用。

4) 提高现有的频谱利用率。超宽带信号的发射功率十分低,仅仅相当于一些背景噪声,对其他窄带系统的干扰小,可以和现存的窄带通信系统同时运行,具有比较好的共存性,可与其他系统共享频谱资源,提高频谱利用率。

5) 隐蔽性好。同样由于发射功率十分低,超宽带信号被截获、侦测到的概率低,有利于

安全保密通信。超宽带无线电的射频带宽可达 1 GHz 以上,且所需平均功率很小,信号被隐蔽在环境噪声和其他信号中,难以被敌方检测,这里的隐蔽性好主要是指信号在频域的隐蔽性。UWB 信号具有极低的功率谱密度和伪随机特性,这使其具有类似噪声的性质难以被截获,同时对其他现有的无线系统干扰较小。

6) 低功耗。超宽带无线电的手持通信设备的功耗仅为目前功耗的百分之一,大大延长了电源的供电时间,同时减少了对人体的影响。

7) 利用带宽优势,不需要使用复杂的调制方法和接收方法,系统实现相对简单,成本较低,并且低复杂度、低成本。直接脉冲宽带系统的低复杂度来源于其传输信号的基带特性。宽带系统直接利用极窄脉冲来进行信息传输,信号不需要上变频以及功放,因此可省去射频混频以及功率放大模块,在接收端也可以省去相对应的混频模块。此外,接收时复杂的时延和相位跟踪环也不再需要。

8) 系统容量大。“空间容量”(每平方米每秒的传输比特: $\text{bit}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$)已成为重要的衡量指标。根据 Intel 公司的研究报告^[4],IEEE 802.11b 的空间容量为 $1(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ，“蓝牙”的空间容量为 $30 \text{ kbits}/\text{m}^2$,IEEE 802.11a 的空间容量为 $83 \text{ kbits}/\text{m}^2$,超宽带无线电的空间容量为 $1000 \text{ kbits}/\text{m}^2$ 。可见,在空间容量方面,超宽带无线电比现有类似系统具有更大的优势。超宽带无线电与其他几种类用途的空间容量比较如图 1.1 所示。

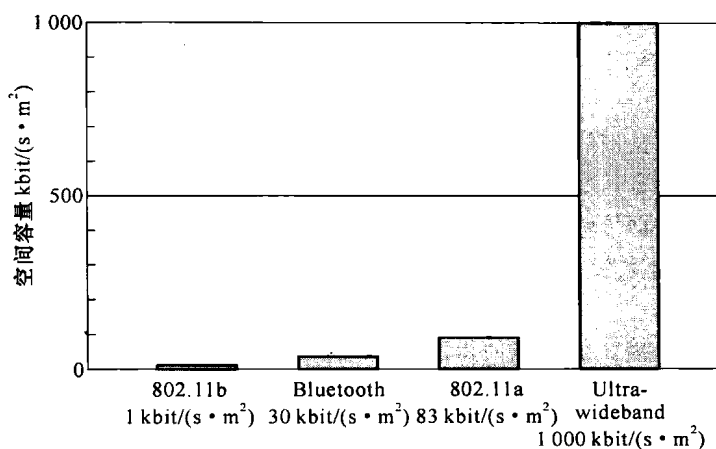


图 1.1 各种短距离无线通信系统的空间通信容量

9) 穿透能力强。实验系统证明^[5],宽带无线电具有很强的穿透树叶和障碍物的能力,有希望填补常规超短波信号在丛林中不能有效传播的空白。实验表明,适用于窄带系统的丛林通信模型同样可适用于超宽带系统;超宽带技术还能实现隔墙成像等。

10) 定位能力强。信号的距离分辨力与信号的带宽成正比。由于信号的超宽带特性,宽带系统的距离分辨精度是其他系统的成百上千倍。宽带信号脉冲宽度在纳秒级,其对应的距离分辨能力可高达厘米级,这是其他窄带系统所无法比拟的。这使得超宽带系统在完成通信的同时还能实现精确定位跟踪,定位与通信功能的融合极大地扩展了系统的应用范围。

11) 系统结构简单,成本低,易数字化。宽带系统发射和接收的是超短窄脉冲,无须采用正弦载波而直接进行调制,接收机利用相关器能直接完成信号检测,这样收发信机不需要

复杂的载频调制解调电路和滤波器等,它只需要一种数字方式来产生超短窄脉冲。因此,大大降低系统复杂度,减小收发信机的体积和功耗^[6],易于数字化和采用软件无线电技术。

正是由于上述特点,如本文后续章节所述,宽带技术可以广泛地应用于高速多媒体无线通信,高精度定位、雷达、监测、控制、无线传感器网络乃至医学应用等领域,具有广泛的应用前景和重要的理论研究价值,并且为学术界和工业界所广泛看好,是一个很值得研究的课题。

宽带信号的应用最早可回溯到一百年前意大利的无线电报发明人马可尼曾采用过的火花隙脉冲。在它的发展过程中,曾有数种不同的名字同时在使用,如冲激,时域,无载波,非正弦等。应用于雷达和通信的宽带技术的产生可追溯到20世纪60年代。由于技术工业发展水平的限制,宽带技术发展缓慢。美国从20世纪90年代中期以来,研制了多种宽带无线电通信、雷达、成像和高精度定位系统以及通信/定位/雷达等具有综合功能的宽带系统,作为军队和政府部门专用设备的宽带无线电系统已得到实际应用。

宽带技术在雷达方面的应用研究发展较早,也相对成熟^[7,8]。宽带雷达距离分辨率高,通常远小于目标尺寸,高的距离分辨率使它具有精确目标识别能力,能获得复杂目标的细微特征;并且穿透能力强,能穿透叶簇、地表、云层等障碍,探测并分辨隐蔽目标。因此,宽带雷达在雷达探测、成像、目标识别等方面具有广泛的应用价值,可用于地质探测、人员搜救、医务监护等诸多领域,以后还可能被用于道路检测、相机自动聚焦、RFID、呼吸心脏监护等用途方面,完成许多其他技术难以实现的特殊功能,因而其研究也备受重视。从20世纪60年代至今已有数百篇相关论文、专利发表,以及数种特殊用途的超宽带雷达问世。

而有关脉冲通信(宽带无线电通信在20世纪90年代前常称为脉冲通信)的研究可以回溯到20世纪40年代^[9-11],1942年初Louis de Rosa提出两项专利的申请,并在1954年获得批准;1945年,Conrad H. Hoepfner也提出了有关脉冲通信技术的专利申请,1961年获得批准。60年代后期,Gerald Ross和Henning Harmuth为脉冲通信技术的发展做出了很大的贡献,他们研究了脉冲传输系统的主要部件和脉冲收发信机的设计,主要集中在脉冲的产生和检测技术。从60年代开始,脉冲技术主要用于非通信领域的商业应用方面。宽带技术在通信方面的应用研究发展相对迟缓,第一个宽带无线电通信专利于1973年获得批准。直到1993年美国南加州大学的R. Scholtz教授将跳时码分多址的概念与方法引入宽带通信领域中,宽带通信才较快的发展。在早期的宽带通信研究方面,美国南加州大学做了大量的探索工作^[12,13],该技术在通信方面的应用研究才日益受到重视,尤其是在多径密集环境中的无线通信(如室内无线通信)和对保密性要求高的无线通信^[12,13](如战术无线通信)领域备受关注。

到了2002年,宽带通信迎来了一次里程碑式的发展。2002年2月,美国联邦通信委员会(FCC)正式将3.1~10.6 GHz的超宽带(Ultra-Wideband, UWB)频段批准用于民用通信,从而使得UWB无线通信技术引起了世界各国的广泛关注。与传统的窄带系统相比,UWB系统的优越性非常明显。首先,UWB系统发射功率谱密度非常低,因此被截获概率很小,被检测概率也很低,保密性强,同时还具有较好的电磁兼容和频谱利用率。其次,传统的无线通信在通信时需要连续发出载波,要消耗不少电能,而UWB系统是发出脉冲电波,由于只在需要时才发送脉冲电波,所以大大减少了耗电量,节省了电能。基于上述优越性,UWB技术将成为未来短距离高速商用无线通信系统实现的有力竞争方案,因此世界各国

对 UWB 技术的研究进入了一个空前的高速发展时期。

对于 UWB 技术,人们寄希望于两大用途:一是近距离的高速无线传输,二是雷达类的用途。在具体的民用方面,FCC 按照 UWB 的不同应用将其分成了三类,分别是:(1)地质勘探及可穿透障碍物的传感器等;(2)汽车防冲撞传感器等;(3)家电设备及便携终端之间的无线数据通信等。

利用宽带技术可以提供高数据率传输的能力与定位功能,可以设计依赖定位信息优化网络资源管理的 WPAN 或 WLAN,并应用于多媒体传输、计算机通信和家庭娱乐等领域。

利用脉冲超宽带信号对障碍物的良好穿透特性与精确测距功能,可以设计既具有通信功能也具有定位功能的脉冲超宽带无线传输与定位系统。该系统包括传输距离远(通信速率低)、分布式移动定位、便携、超低成本、超低功耗、定位可靠性和精度高等特点。因而可以广泛应用于传感器网络、消防、公共安全、库存盘点、人员监护与救生等重要领域。UWB 技术正在诸如需要低捕获和检测概率、抗多径的无线保密安全通信,短距离高速无线数据传输,精确测距与定位,雷达、透视、监控乃至医疗等应用领域里引起越来越广泛的兴趣。

民用更关注 10 m 左右的范围内,在个人身边的设备之间进行数据通信。这就是所谓的个人区域网用途。目前,短距离(10 m 以内,速率在 100 Mbit/s 以上)高速无线多媒体个域网/智能家域网领域是超宽带技术应用的重大热点。近年来,超宽带技术正在诸如短距离高速无线个域网 IEEE 802.15 WPAN,多媒体信息设备的高速无线互联(WiMedia)等应用领域里引起了越来越广泛的兴趣。

理论上超宽带无线系统在近距离下的最大数据传输速率可达几十 Mbit/s~几 Gbit/s。其最大的特点是进行这种高速通信时的耗电量仅为几百微瓦至几十毫瓦,而其他无线系统耗电量通常为几百毫瓦至几瓦,也就是说超宽带无线系统仅为现行系统功耗的 1/10~1/100。正因为耗电量低且能进行近距离高速无线数据通信,因此该技术有望用于信息家电及便携终端间的无线连接等各种民用用途。超宽带的这两个显著特点与同属短距离无线通信的蓝牙(Bluetooth)、IEEE802.11 系列无线局域网 WLAN 等现行的无线技术相比,受干扰的影响更小,具有与室内有线通信相当的优异性能。因此,该技术非常适用于摄像机、笔记本电脑、DVD 播放机及数码相机等信息家电产品的无线互联,如图 1.2 所示。

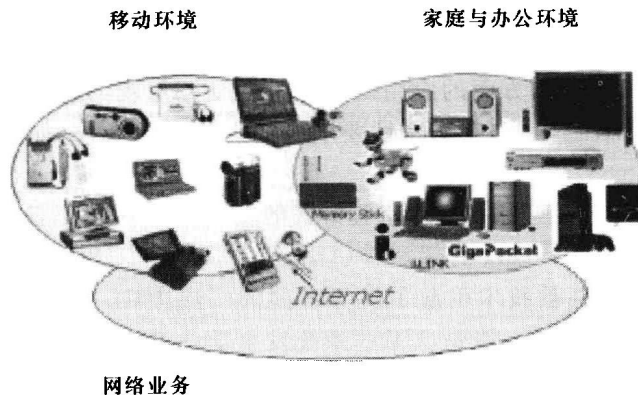


图 1.2 多媒体信息设备的高速无线互联

短距离高速无线多媒体通信应用。最积极制订产品开发计划的是美国 Fabless 半导体

风险企业 Xtreme Spectrum Inc., Time Domain Corp, 在欧洲的 ST 微电子公司。鉴于 UWB 是一种关键的通信技术,特别是为多媒体系统所需,故日本的消费电子公司及数字视频芯片公司也都对它抱有很大的兴趣。在 UWB 的推广方面,美国的相关企业显然处于非常有利的地位。美国在赢得了 FCC 的正式批准以后,UWB 的支持者正把目光移向亚洲与欧洲。例如,Xtreme Spectrum 公司正在忙于扩展一个全球性的范畴,首先是在亚洲,特别是在日本,然后是欧洲。

由于带宽很宽,超宽带能够提供相当于通用串行总线 USB 2.0 的速率,达 480 Mbps 以上,有无线 USB(Wireless USB)之称。早在 2004 年 2 月,英特尔就牵头成立了无线 USB 促进小组(Wireless USB Promoter Group),Wireless USB 标准制定工作目前进展十分顺利,物理层采用 UWB 技术,有望于 2004 年年底制定正式标准“Wireless USB Version 1.0”。按照该组织的规划,Wireless USB 的应用大体可分为三大领域:数字家电、个人计算机和便携终端。其中,最早开始配备该技术的应该是个人计算机。在个人计算机配备后不久,数字家电也应该很快开始采用;之后,手机等领域的应用也将开始。尽管超宽带技术的商业化应用仍需时间,但这项技术的发展潜力巨大,市场前景颇丰。英特尔、AT&T、索尼、摩托罗拉、飞利浦、IBM、微软等高新技术跨国巨型公司,都已涉足超宽带技术的开发和芯片的研制。

低速宽带技术的应用主要在雷达、定位、传感与成像监控。基于直接脉冲方式的低速超宽带无线技术因其在穿透方面的卓越能力而众所周知,目前是 IEEE 802.15.4a 任务组和 ZigBee 联盟正优先考虑的技术。国防、安全、法律和医疗等部门也对这项技术很感兴趣。有几家美国公司已获得 FCC 有条件授权来制造和销售 UWB 雷达和保密通信设备。美国国防部正在开发几十种采用超宽带技术的系统,包括战场航空器避让系统等。宽带技术还有其他非通信方面的重要应用。如能够辨识埋藏的物体或是墙后面的动静,对搜救或执法任务来说,这样的能力可能是非常重要的。超宽带的精准脉冲,也可用来测定室内发射器或物品的位置。图 1.3 是智能家庭中与定位相关应用的一例,当人员从一间屋(如书房)移动到另一间屋(如卧室)的过程中,系统可定位出该人员的具体走向,判断该人员是否具备进入另一间屋的授权,进入后能享受什么样的智能服务,等等。在无线传感网以及成像监控方面,商业建筑控制将在 IEEE 802.15.4/ZigBee 市场占据主要份额,而住宅自动化和工业应用将紧随其后。

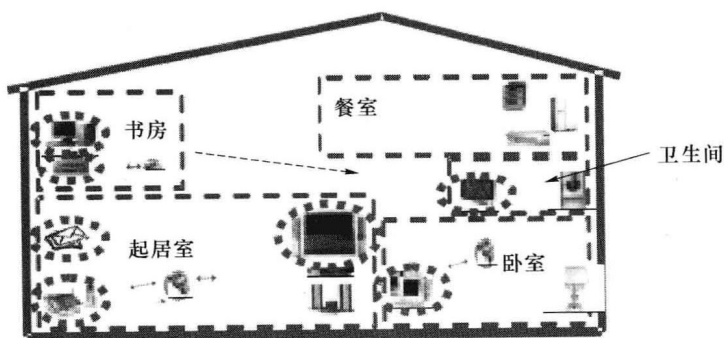


图 1.3 UWB 在智能家庭中的定位应用

宽带技术还有很多其他方面的应用。可以预见,宽带技术将在高速无线个域网 WPAN、无线家域网 WHAN、无线传感器网络等无线多媒体通信、高精度定位、监控、营救

与探测、雷达乃至医学等领域取得广泛应用。随着宽带技术的国际性标准化和 FCC 等管理部门将来进一步放宽超宽带频段及其发射功率限制,宽带技术的应用必将更加广泛。

1.1.2 宽带天线阵列的主要应用

目前,天线阵列已经在通信、遥感、雷达、电子战等民用和军用领域有着广泛的应用。民用方面,在移动通信中天线阵列的应用体现在了智能天线的应用上^[14-16],如图 1.4 所示。在我国第三代移动通信标准 TDS-CDMA 中,智能天线技术被采用,利用天线阵列的多波束以及波束扫描的能力实现空分多址,增加了小区的容量,提高了信干噪比。同时,天线阵列也被应用于射电天文,如图 1.5 所示为用于射电天文的甚大天线阵列(VLA),此甚大阵具有很高的增益,因而可用于天文观测。军事中,天线阵列广泛应用于路基、机载和舰载雷达中。如图 1.6 所示为天线阵列在路基雷达中的应用,这是两款路基雷达,一款为岸防路基雷达,而另外一款则为车载路基雷达,它们都是采用很多个天线单元组成的天线阵列来发现目标并对目标进行跟踪。图 1.7 所示为一种新型战机,它的机头前端装有一款天线阵列,它可以同时与本方飞机进行通信并对其他空中、陆地、海上目标进行定位和跟踪。如图 1.8 所示为天线阵列在舰船上的应用,它可以检测到敌方的导弹,并对其进行跟踪定位最终可以有效地拦截。

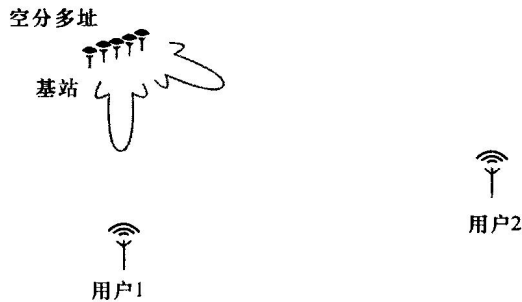


图 1.4 智能天线阵列

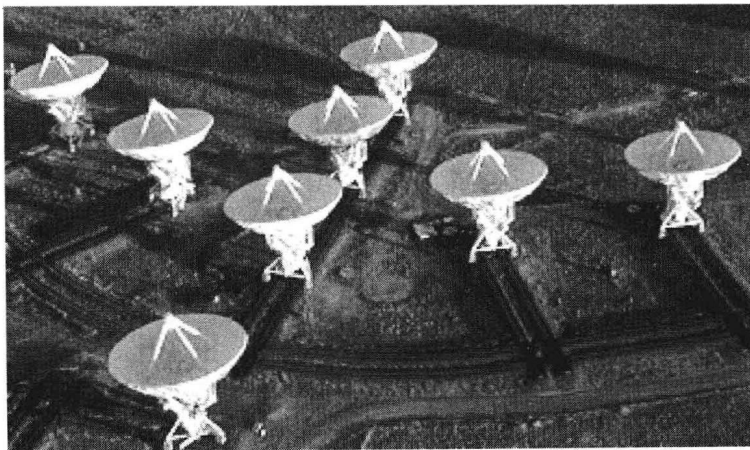


图 1.5 用于射电天文的甚大型天线阵列



图 1.6 路基雷达

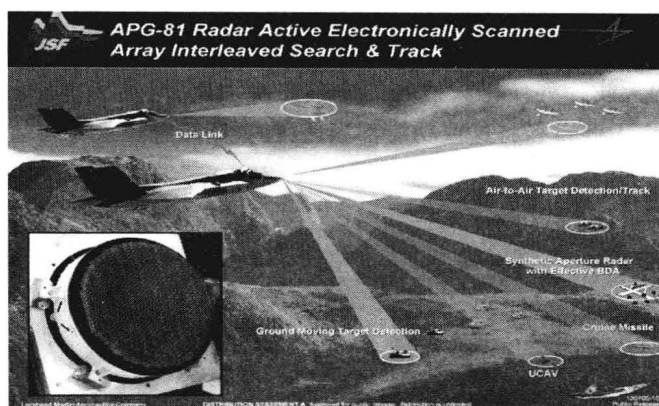


图 1.7 机载雷达天线阵列

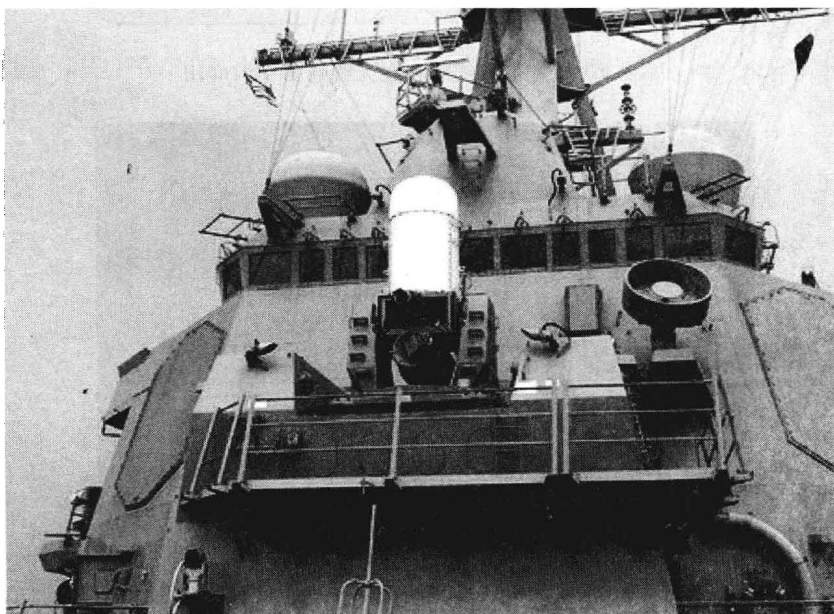


图 1.8 舰载天线阵列

由此可见天线阵列已经在民用、军事等多个领域得到了广泛的应用,其之所以取得成功主要因为具有以下几个特点:(1) 波束具有扫描特性,可以对目标进行快速实时的跟踪;(2) 具有同时产生多个波束的能力,可以同时多个目标完成任务;(3) 具有高增益特性;(4) 工作于特定频段,易于实现。

目前,随着无线通信的迅速发展,不论是民用还是军用都对天线阵列提出了更高的要求。在民用无线通信中,对于多功能的要求越来越强烈,要求在同一个无线通信系统中可以覆盖尽可能多的功能和协议^[17-21]。比如个人无线通信系统可以同时覆盖 GSM、CDMA、GPS、WiFi 等多个协议和频段,而为了减少系统的体积和成本,希望可以用同一个天线口径而达到覆盖这些协议的效果,因此,天线需要具有超宽带特性,而同时需要具有阵列扫描特性以提高系统的容量和智能化水平,如图 1.9 所示。在射电天文方面,我国提出了 FAST 计划^[22],如图 1.10 所示,制造一个 500 m 口径逼近抛物面射电天文望远镜,其馈源阵列要求覆盖多个频段并具有多波束、电扫描功能。同样,在军事应用中,如图 1.11 所示的伯克级导弹驱逐舰,其需要同时具有通信、雷达、电子对抗等功能,因此舰身上配备了超过 100 部天线阵列以完成这些功能。这么多的天线阵列使得天线间的电磁干扰加剧、增加了电磁散射截面、增加了成本,如果能够用同一个天线口径将这些功能都涵盖在内,则可解决这些问题。

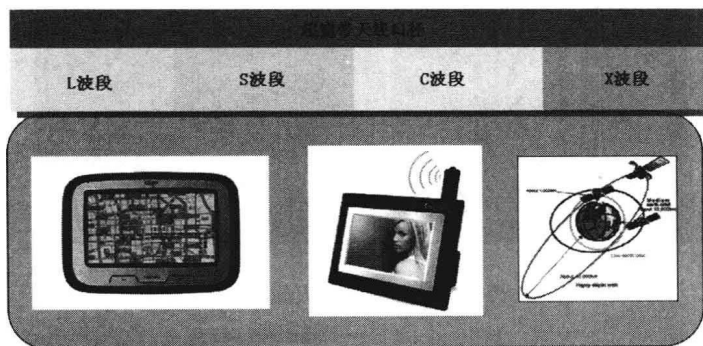


图 1.9 超宽带天线阵列在无线通信中的应用

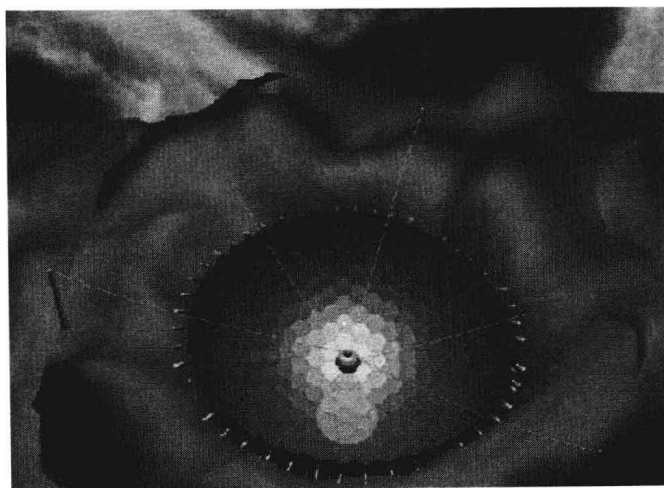


图 1.10 FAST 计划