

智能天线电路选型

·实用技术·

王超, 王映民

(中国人民解放军信息工程大学 信息工程学院, 河南 郑州 450002)

【摘要】概述了智能天线的基本概念、原理、算法和研究现状,探讨了其在实际应用中亟待解决的一些问题,结合国内外关于智能天线和 MIMO 相关技术及应用和前景,阐述了智能天线技术研究中的难点和应注意的问题。

【关键词】智能天线; 多输入多输出; 分集; 空间复用; 联合检测

【中图分类号】TN828.6

【文献标识码】B

Circuit Selection of Smart Antenna

WANG Chao, WANG Ying-min

(Information Engineering University of PLA, Henan Zhengzhou 450002, China)

【Abstract】 This paper comprehensively summarizes the basic concepts, principles, algorithm and research situation of smart antenna, and discusses several problems that need to be solved urgently in practical applications. Finally, in the light of the applications of smart antenna, MIMO related technologies and development prospect, this paper presents the authors' opinions on the difficulties and problems that should be considered in the research of smart antenna.

【Key words】 smart antenna; MIMO(multiple-input multiple-output); diversity; spatial multiplexing; joint detection

1 引言

在无线通信领域中,面临着如何抗同道干扰及多径衰落等问题,智能天线的出现在很大程度上解决了这些问题。智能天线技术是移动通信中最具有吸引力的技术之一,它可最大限度地利用有限的信道资源,减少系统干扰,从而能显著地扩大系统容量,提高频谱利用率。

到目前为止,无线系统中的智能天线都被作为增强技术,在它们的设计阶段都没有考虑复杂度和性能折衷的优化;而在下一代无线系统中,智能天线技术将是系统设计固有的部分。智能天线主要分为波束转换智能天线(switched beam antenna)和自适应阵列智能天线(adaptive array antenna)。

目前对于智能天线的研究主要集中在:

1) 高级智能天线处理算法的设计和开发,该算法对变化的传播特性和网络条件具有适应性和健壮性。

2) 系统性能的优化策略和不同无线系统、平台之间的透明操作。

3) 根据信道和干扰模型对提出的算法和策略进行实际性能的评估,研究合适的性能度量 and 仿真方法。

从而有效地提高无线通信系统性能。传统无线通信理论一直将多径传播视为造成无线信号衰落的干扰之一,而 MIMO 天线系统采用多个发射和接收天线,恰恰利用了传播环境的多径特性,极大地提高了前向和反向链路的容量,在采用相同的频率和时隙、不增加发射功率和带宽的前提下,对于准静态、平坦衰落信道,只要接收

天线数大于发射天线数 ($M_r > M_t$), MIMO 系统的容量会随发射天线数量的增加呈线性增加。

随着移动通信的蓬勃发展,用户数量迅速增加,频谱资源越来越紧张,如何利用现有频谱资源进一步扩展容量已成为移动通信发展的关键问题。智能天线技术能降低系统干扰,提高系统容量和频谱效率,因此受到业界的广泛关注。

2 智能天线及 MIMO 无线系统

1) 智能天线原理

智能天线不同于常规的扇区天线和天线分集方法,它可为每个用户提供一个很窄的定向波束,使信号在有限的方向区域发送和接收,充分利用了信号发射功率,降低了信号全向发射带来的电磁污染与相互干扰。

从方向图来区分,天线主要有全向天线和定向天线两种,这两种方式的覆盖区域形状是固定的。智能天线可产生多个空间定向波束,动态改变覆盖区域形状,使天线主波束对准用户信号到达方向,旁瓣或零陷对准干扰信号到达方向,且自动跟踪用户和应用环境的变化,从而有效抑制干扰,提取用户信号,提高链路性能和系统性能。与时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)或码分多址(CDMA)相对应,智能天线是一种空分多址(SDMA)技术。它与其他的多址方式相配合,增加了自由度,因此可有效地增加系统容量,减小干扰和衰落,降低系统成本。在不增加系统复杂度的情况下,使用智能天线可满足服务质量和网络扩容的需要。

2) 智能天线收发机结构

如图1所示,在一个多发射多接收天线系统中,发送的数据块需要进行编码和复星座图的映射。在空时加权后每个符号被映射到一个发射天线;信号通过无线信道后在接收天线中首先进行解复用,然后通过加权、解调、解码来恢复最初的发送数据。



图1 智能天线收发机结构

描述智能天线收发机特征的性能度量均为方误差(Mean Square Error, MSE)、信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)、误比特率(Bit Error Rate, BER)、可达吞吐量、需要的发射功率和信道容量等,发射和接收机制均需根据这些指标进行优化。

3) MIMO 无线系统

随后出现的 MIMO 技术则通过增加空间维数来增大系统容量。MIMO 智能天线在发射端和接收端均采用多天线(或天线阵),如图2所示。假设发端有 N 个天线单元,收端有 M 个天线单元。信息流经过空时编码形成 N 个信息子流,再经由 N 个发射天线发射出去。接收端 M 个接收天线同时接收这 N 个信息子流,然后利用空时解码将这 N 个信息子流分离出来。

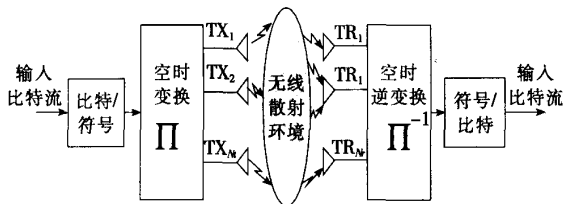


图2 MIMO 系统框图

MIMO 的特点就在于通过先进的空时编、解码处理,可实现各发射天线和接收天线之间的通道响应相互独立。于是,多发射天线和多接收天线之间就建立起多个共用同一频带的并行空间通道,每个通道可独立传输信息。因此,MIMO 智能天线能在不增加带宽的情况下,成倍地提高通信系统的容量和频谱利用率。

对于 MIMO 信道,给出了大量的发射机制,这些机制分别可使频谱效率最大、速率最高、信噪比最大,它们都依赖信道状态信息(CSI)在发射端和接收端的已知程度。CSI 在接收端通过信道估计可获得,然后通过反馈可通知发射端。然而,对于频分双工(FDD)系统则必须考虑到信道的互易性。信道估计可通过发射训练序列方法或者盲估计来获得。盲估计通常是利用接收到的信号的一些

特性,比如恒定包络和有限字符等进行估计。总之,设计 MIMO 收发机要特别关注以下4个关键参数:(1)在发射端和接收端 CSI 的可靠性;(2)发射信号的特征(调制、复用和训练信息);(3)要优化的性能度量;(4)计算复杂度大小。

现将两种技术的主要区别列于表1,以便于比较。

表1 两种技术的比较

项目	智能天线技术	MIMO技术
空间排列	阵元间距小	阵元间距尽可能大
工作原理	空分多址	空分复用
发射/接收情况	不需要同时使用	需同时使用
信号处理机构	在基站采取措施即可	在基站和移动台需同时采取措施
信号处理方法	波到达方向估计方法和基础波束形成算法	空时编码方法

3 智能天线的优点

1) 增加覆盖范围

在接收端由于天线阵列对信号进行相干接收,这样就会产生阵列或波束成形增益,该增益与接收天线的数目成正比,这样也会延长电池的使用时间。

2) 降低功率和成本

智能天线可对特定用户的传输进行优化,这样就会使发射功率降低,从而降低放大器的成本。

3) 改善链路质量,增加可靠性

由于通过独立的衰落路径可接收到独立的信号副本,而在这些信号副本中一般会有一个或者多个副本没有受到衰落,这样多个独立的维数就会减小信号波动的影响,产生分集。分集的形式包括时间分集、频率分集、码分集和空间分集等。当用智能天线对空间域进行抽样时就会产生空间分集。在非频率选择性衰落的 MIMO 信道中,最大的空间分集阶数等于发射天线数目和接收天线数目的乘积。多个发射天线通过采用特殊的调制和编码机制就可以产生发射分集,而多个接收天线的接收分集取决于对独立衰落信号的合并。

4) 增加频谱效率

通过不同方法精确地控制发射功率就会减小干扰,从而增加使用同样资源的用户数目。通过波束成形技术可产生一种新的多址接入方式——空分多址(SDMA)。SDMA 可实现资源的复用,增加数据速率,从而增加频谱效率。该增益也被称为空间复用增益。通过利用多个独立的空间维数来同时传送数据,在 MIMO 系统中这种独立的空间维数被称为 MIMO 信道特征模式。在不相关瑞利衰落的 MIMO 信道中,其信道容量与收发天线数目的最小值成正比。

通常设计智能天线主要集中在上面提到的某一种增

益,如波束成形、分集增益、复用增益。最近这些增益之间的相互折衷已成为研究的焦点。

4 智能天线的应用

1) 用于 FDMA 系统

与通常的三扇区基站相比,采用智能天线的 C/I 值平均提高约 8 dB,大大改善了基站覆盖效果;频率复用系数由 7 改善为 4,增加了系统容量;在网络优化时,采用智能天线技术可降低无线掉话率和切换失败率。

2) 用于 TDMA 系统

无线能量在时间和空间上都受到限制,智能波束切换规则可提高 C/I 指标。据研究,用 4 个 30° 的智能天线代替传统的 120° 天线, C/I 可提高 6 dB,提高了服务质量。在满足 GSM 系统 C/I 比最小的前提下,提高频率复用系数,增加了系统容量。

3) 用于 CDMA 系统

智能天线可进行话务均衡,将高话务扇区的部分话务量转移到容量资源未充分利用的扇区;通过智能天线灵活的辐射模式和定向性,可进行软/硬切换控制;智能天线的空间域滤波可改善远近效应,简化功率控制,降低系统成本,也可减少多址干扰,提高系统性能。

4) 用于无线本地环路系统

基站对收到的上行信号进行处理,获得该信号的空间特征矢量,进行上行波束赋形,达到最佳接收效果。由于本系统采用 TDD 方式,可将上行波束赋形数据直接用于下行发射信号,实现下行波束的赋形。天线波束赋形等效于提高天线增益,改善了接收灵敏度和基站发射功率,扩大了通信距离,并在一定程度上减少了多径传播的影响。

5) 用于 DECT,PHS 等系统

DECT,PHS 都是基于 TDD 方式的慢速移动通信系统。欧洲在 DECT 基站中进行智能天线实验时,采用和评估了多种自适应算法,并验证了智能无线的功能。从日本在 PHS 系统中的测试看,采用智能天线可减少基站数量。近期受移动“本地通”业务的启发,我国一些地方提出利用 PHS 等技术建设“移动市话”,期望与蜂窝移动网争夺本地移动用户群。由于 PHS 等系统的通信距离有限,需要建立很多基站,若采用智能天线技术,则可降低成本。

6) 用于第三代移动通信

在第三代移动通信系统中,我国 TD-SCDMA 系统是应用智能天线技术的典型范例。TD-SCDMA 系统采用 TDD 方式,使上下射频信道完全对称,可同时解决诸如天线上下行波束赋形、抗多径干扰和抗多址干扰等问题。该系统具有精确定位功能,可实现接力切换,减少信道资

源浪费。

5 发展方向及需解决的问题

1) 降低系统硬件成本

现在的智能天线技术主要用于基站。但包括有源天线、移相器、高功率放大器以及驱动这些组件的电路所需的费用都很昂贵,从而限制了该技术的使用。今后需要找到价格低廉的硬件技术解决方案。只有这样,该项技术才能得到广泛应用。

2) 自适应算法的技术性能

智能天线技术的核心是自适应算法。现已提出的各种算法不是对干扰信号的抑制效果不理想就是算法过于复杂收敛较慢。需要找到真正快速收敛且性能优良的自适应算法。

3) 向多用户和较大的到达角度扩展

现在的智能天线技术只适用于到达角度扩展较小,同时用户数又较少的平坦郊区和乡村环境。而在到达角度扩展的多径丰富场合,还无法对波达方向进行估计。鉴于对干扰抑制的效果取决于天线阵元的数目,但目前天线阵元的数目不可能太多,因此使得抑制干扰的数目十分有限。

同时,目前的移动系统的工作频段和移动台的尺寸等制约了智能天线技术的应用,需要努力克服。此外,还需包括宽带信号波束的高速成形处理和智能天线的测试平台等问题。

6 展望

随着技术的发展,智能天线已从理论走向了实用。智能天线在宽带无线网络中也起着很重要的作用。美国 Turbo wave 研制的用于 Wi-Fi 的右旋圆极化智能天线最大增益可达 16 dB;专门研究智能天线集成 IC 的 Motia 公司也推出了适用于 Wi-Fi 的 Javelin 芯片,该芯片将智能天线技术集成到 2.4 GHz 无线 RAN 卡和接入点上,摩托罗拉公司已宣布将采用 Motia 公司的智能天线技术扩大未来 Wi-Fi 设备的覆盖范围,提高信号强度;FIDELITY COM TECH 公司也推出了其专利,适用于无线局域网(WLAN)的智能天线产品,并称其能在几毫秒时间内动态改变天线方向图;Vivato 公司在其 802.11b Wi-Fi 交换机中使用了智能天线,以实现较大的室内和室外覆盖范围。

近年来,无线本地环路(Wireless Local Loop,WLL)的蓬勃发展使人们对智能天线刮目相看,它的无线基础设施安装方便、价格低廉。WLL 系统是为固定用户服务而不是为移动用户服务的,它的目的是为居民和商业用

(下转第 68 页)

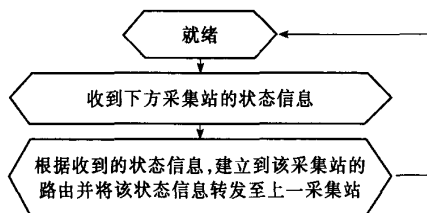


图 10 路由表建立流程

4 硬件实现及测试结果

按照上述分析，基于 ARM9 内核处理器 AT91RM9200 设计了采集站的硬件系统，并对其网络传输速度进行了初步测试。

4.1 系统硬件框图

采集站硬件结构如图 11 所示。

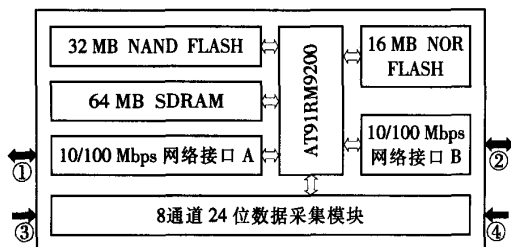


图 11 采集站硬件框图

其中：网络接口 A 采用 AT91RM9200 内置 MAC+外部 PHY(LXT971A)方式实现；网络接口 B 采用外接 LAN 91C111 实现。每个采集站最多可以采集 8 个通道的地震数据，最大采样速率为 32 Kb/s，每个通道的存储深度为 4 MB。图中：①②为网络传输接口；③④为模拟通道输入接口。

4.2 测试结果

基于上述硬件进行了初步的测试。其中主机测试环

境为 WinXP 操作系统，100 Mb/s 网卡；采集站运行 Vx-Works 实时操作系统，100 Mb/s 网络接口，按照 2 中所述方法进行 IP 的动态分配和路由表建立，并采用标准的 FTP 协议进行了网络传输性能测试，实际测得的数据传输速率为 2.1 MB/s，完全满足可控震源野外地震勘探的需要。

5 结论

在可控震源地震数据采集系统中：采用嵌入式以太网技术可有效地解决大数据传输问题；采用接力式网络拓扑结构及其相应的 IP 动态分配和路由建立机制，可以较好地适应野外特殊工作环境，简化了系统连线，方便系统的滚动施工，提高施工效率。

参考文献

- [1] CHAPMAN W M L, BROWN G L, FAIR D W. The Vibroseis System: A High Frequency Tool[J]. Geophysics, 1981,46(12):1657~1666.
- [2] 陈祖斌,林 君,于生宝,等. 轻便浅层地震可控震源的研制[J]. 仪器仪表学报, 2003,24(3):311~314.
- [3] 祖庆夕. A/D 转换与地震仪的发展[J]. 中国煤田地质, 2004,16(5): 50~52.
- [4] 孙传友,高光贵. 遥测地震仪原理[M]. 北京:石油工业出版社,1992: 70~97.
- [5] FOROUZAN B, COOMBS C, FEGAN S C. 数据通信与网络[M]. 潘亿,朱丹宇,译. 北京:机械工业出版社,2000.
- [6] STEVENS W R 著. TCP/IP 详解卷 1:协议[M]. 范建华,胥光辉,张涛,等译. 北京:机械工业出版社, 2000.

作者简介:

张林行(1977-),讲师,博士生,主研分布式测控系统;

林 君(1954-),教授,博导,主研智能仪器、电子测量技术及信号处理;

陈祖斌(1971-),副教授,博士,主研智能仪器和现代信号处理。

责任编辑:刘伯义

收稿日期:2006-06-26

(上接第 31 页)

户提供有线质量的语音和数据业务。采用 CDMA 和智能天线技术的新兴 WLL 系统可提高覆盖距离,增加可靠性和增大容量。

智能天线使 CDMA 系统更有效地利用无线频谱,为业务密集的区域及无线宽带接入提供了高度的灵活性。第三代移动通信系统的标准之一:中国的 TD-SCDMA 初步实现了环形 8 阵元自适应天线。智能天线是一项新技术,它的发展将会大大地推动通信事业的发展。

参考文献

- [1] YOSHIO K. The Software Antenna:A New Concept of Kalei doscopic Antenna in Multimedia Radio and Mobile Computing[M]. Era.IE-

ICE Trans.Com,1997.

[2] 吴伟陵. 移动通信中的关键技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社, 2000.

[3] 张平,王卫东,陶小峰. 移动通信系统[M]. 北京:人民邮电出版社, 2001.

[4] TSOULOS G. Wireless Personal Communications for the 21st Century:European Technological Advances in Adaptive Antennas[C]. IEEE Com. Magazine,1997:102~109.

作者简介:

王 超(1981-),硕士研究生,主研第三代移动通信;

王映民(1965-),博士,教授。研究方向为信号处理、第三代移动通信等。

责任编辑:蔡国良

收稿日期:2006-05-22

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>