

新一代智能天线技术在第三代移动通信系统中的应用

刘世龙

(天津滨海职业学院,天津市 300451)

摘要: 阐述了智能天线技术的基本原理和发展过程及其在第三代移动通信系统中的应用和挑战。分析了智能天线技术在3G系统中应用的优点以及所面临的挑战。指出智能天线技术所具有的良好发展前景,使人们对智能天线技术保持较高的期望。

关键词: 阵元;定向发送和接收;基站;多址干扰;空分多址(SDMA)

中图分类号: TP333 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-582X(2007)02-0035-04

一、引言

在现代通信领域中,移动通信使人们的信息交流变得快捷方便。自1983年蜂窝移动通信系统诞生以来,移动通信的发展就十分迅猛,经历了以调频模拟电话信号传输和频分多址(FDMA)为主要标志的第一代通信系统,目前大量使用的是以窄带数字信号传输和时分多址(TDMA)或码分多址(CDMA)为主要标志的第二代通信系统,以传输多媒体宽带数字信号为主要标志的第三代移动通信系统即将投入商业运行。但是,一方面随着信息时代的到来,人们对移动通信的需求与日俱增,另一方面频谱资源匮乏的问题不仅依然存在,而且日趋突出。利用有限的频率资源来最大限度地满足人们对移动通信的渴求一直是移动通信系统研究的热点。上世纪90年代初,国外一些学者提出了智能天线系统(Smart Antenna System)的概念,它以提高系统容量和传输质量为最终目的。采用智能天线技术还可以扩大小区的覆盖范围,降低手机的功耗,减小系统的初装费用,降低系统对功率控制精度的要求。因此,智能天线技术已被确定为第三代移动通信系统的关键技术之一。同时,从目前来看,利用智能天线技术也是提高已有移动通信系统容量的唯一途径。如何有效地增加通信系统的容量已经成为人们密切关注的问题。经过仔细研究分析,人们发现,由于智能天线技术在频分、时分、码分基础引入了空分的概念,通过信号在时间域和空间域的联合处理可以较好地解决这些问题。因此智能天线技术已经成为第三代及以后移动通信系统中的一项关键技术。

二、智能天线技术的基本原理

智能天线技术的核心部分是一组自适应天线阵列系统。它使用自适应天线阵列系统,合理优化空中的无线接口的容量,从而扩大基站覆盖范围,提高信号质量。传统的蜂窝系统需要尽可能保持全向信号的覆盖模式。因为传统的基站以全向方式向各个方向发布射频广播信号,一方面,原始射频信号的发射能量只有很少的在某一特定方向范围的部分能量能够到达所要寻找的用户,射频广播信号的绝大部分能量都被浪费了,另一方面,被浪费的射频信号部分可能形成减弱其他用户的信号质量的干扰信号。因此随着网络容量的不断扩大,用户数量不断增加,单纯提高信号的发射功率,会得到事与愿违的效果,因为发射功率增高同时也使相应的干扰增加。随着用户间的干扰增加,信噪比不断恶化,甚至引发通话过程中的掉话现象。

采用自适应天线阵列系统的设计目的就是要克服传统的蜂窝系统的最大弱点,将发射功率的能量尽可能地集中发射到所要寻找的用户。自适应天线阵列系统通常包含4~8个天线,利用专门的无线资源管理算法控制发射的射频信号能量,动态地集中发射给所要寻找的特定用户,同时避免射频信号干扰网络中的其他用户,这样就大大提高了信

收稿日期:2006-12-10

作者简介:刘世龙(1971-),男,天津市人,天津滨海职业学院讲师,从事通信技术研究。

噪比,实现定向发送和接收。

智能天线技术主要用于无线通信系统中的基站建设方面。智能天线的形式多种多样,一般采用多波束切换智能天线和自适应阵列智能天线等形式。多波束切换智能天线类似于传统的扇区天线,它在基站利用多个并行波束覆盖整个用户区域,随着用户位置的移动,多波束切换智能天线根据用户位置的不同选择不同的波束,使得用户接收到的信号最强。自适应智能天线是目前在无线通信领域研究和应用较多的智能天线系统,它是在传统的自适应天线阵列基础上发展起来的。自适应智能天线能够自动适应地调整天线阵列加权向量,使得期望信号的性能达到最佳。

采用智能天线技术的基站一般由一个自适应天线阵列和一组无线收发信机组成其射频部分,这一组无线收发信机将使用同一个本振源。每个射频收发信机都有模数转换电路和数模转换电路,将接收到的基带模拟信号转换为数字信号;将待发射的数字信号转换为基带模拟信号,完成模拟信号和数字信号的相互转换。而所有的接收发射数字信号都通过一组高速数字总线和基带数字信号处理器连接。

基站接收到的信号是来自多个用户终端的信号。它是存在多址干扰、衰落、多径传播和多普勒频移等效应,并存在其它干扰和白噪声的上行信号。首先在基带进行上行波束合成,得出智能天线的总接收数据。然后实现其下行波束合成(调整基站中各个发射机所发射信号的幅度和相位)。把通过智能天线的下行波束合成(附形),可以获得最佳接收效果,作为一个简化的特例,假定组成智能天线系统的各射频收发信机是全同的,由于其上下行电波传播条件相同,则可以直接将此上行波束赋形矩阵使用于下行。

三、智能天线技术在3G系统中的应用

智能天线的一个较为突出的应用是在第三代移动通信(3G)系统TD-SCDMA中。2005年7月,信息产业部有关负责人表示,第三代移动通信(3G)“中国标准”TD-SCDMA商用首批基站下线,全系统产品进入成熟期,完成全面商用准备。中国发展3G的条件已基本具备。TD-SCDMA系统将智能天线技术作为核心的关键技术之一,与其它标准相比,可以提供较大的系统容量。由于TD-SCDMA是基于TDD(时分双工模式)的移动通信系统,TDD系统的上、下行工作在同一频率,可以利用信道的互易性,用上行信道参数的估计值作为下行发送的先验值,比较容易实现自适应天线算法。同时,智能天线技术和联合检测技术的结合使得在TD-SCDMA系统中可以应用联合时—空信号处理技术进行多用户检测。

在FDD(频分双工模式)系统中,由于FDD系统的上下行链路存在较大的频率间隔(一般大于40MHz),因此上下行链路信道的衰落特性不相关,从上行链路得到的天线加权向量不能直接应用于下行链路。但是,通过理论分析和现场实测,用户信号的空间角度和到达时间等信息并不随频率的改变有较大的变化,因此在FDD系统中智能天线可以根据用户的到达角或者到达时间等空时信息来获得用户的参数,从而实现波束成形。

对于应用智能天线技术来说,TDD(时分双工模式)比FDD(频分双工模式)有着天然的优势,但在FDD方式下应用智能天线也是完全可行的。3GPP协议为智能天线在WCDMA中的应用留下了许多方便,如定义了辅助扰码和辅助导频。同时,发射分集技术可以和智能天线比较完美地结合在一起,为系统带来更大的性能提高。同时,CDG(CDMA Development Group, CDMA发展组织)又为智能天线技术应用于CDMA系统特别是CDMA2000系统提出了建议,较全面地从空中接口、基站、基站控制器及交换等各个方面为支持智能天线技术最终的应用提出了综合的分析意见。这些都将为智能天线系统最终为协议所接受起到推动作用。

四、智能天线技术在3G系统中应用的优点

近几年来,第三代移动通信的发展受到人们越来越多的关注,由于智能天线技术在应用时域、频率、功率和码字等资源的基础上又引入了空分多址(SDMA),因此日益受到人们的重视。

一方面,由于智能天线的应用,可以根据用户方位的不同应用智能天线进行空间滤波,减少同信道干扰。对于蜂窝系统而言,系统的容量越大,则频谱资源的利用率越高。在CDMA系统中,系统容量主要是受多址干扰(MAI)的限制,系统中干扰的减少即意味着容量的增加。由于智能天线可以根据用户方位的不同,实现空间滤波,因此极大的降低了用户间的多址干扰,从而可以增加系统的容量。通常,在无线通信系统中,由于受到移动终端的限制,智能天线主要应用在基站。在基站应用智能天线,当天线阵元数目为M时,理论上讲,基站接收到的信号可以带来 $10 * \lg M$ dB的增益,这意味着在相同的链路质量的条件下,移动台可以发送更低的功率,从而进一步减少了系统的多址干扰。同样,在移动台的发送功率保持不变的条件下,由于智能天线所带来的接收增益,链路质量得到了改善,因此移动台可以发送更高的数据速率。这也正是第三代移动通信系统所追求的二个目标。相对应的,智能天线的应用,也可以降低基站的发送功率。

另一方面,智能天线的应用,使得人们认识到在传统的FDMA, TDMA和CDMA之外,还可以再引入SDMA。SDMA可以单独应用,也可以和传统的多址方式结合而实现。在第三代移动通信系统中,由于高速数据业务的开展,

使得功率和码资源都受到限制,因此,应用智能天线时可以通过 SDMA 对不同位置的用户进行功率和时隙等的复用,从而提高系统的容量。在应用智能天线的 3G 系统中,由于可以利用智能天线的波束成形所带来的空分特征,对于不同方位的用户,可以对其应用的码频率资源进行复用,这样就提高了码资源的利用率,提高了系统的吞吐量。

在所有无线基站设备的成本中,最昂贵的部分是高功率放大器(HPA)。特别是在 CDMA 系统中要求使用高线性的 HPA,更是其主要部分的成本。智能天线使等效发射功率增加,在同等覆盖要求下,每只功率放大器的输出可能降低 $20 * 1gN$ dB。这样,在智能天线系统中,使用 N 只低功率的放大器来代替单只高功率 HPA,可大大降低成本。此外,还带来降低对电源的要求和增加可靠性等好处。

概括起来,智能天线技术在 3G 系统中应用的优点主要表现为以下几个方面:

- (1)降低了系统的干扰。
- (2)增加了 CDMA 系统的容量。
- (3)提高了基站发射机的等效发射功率。
- (4)提高了基站接收机的灵敏度。
- (5)改进了小区的覆盖。
- (6)降低了天线基站的成本。

五、智能天线技术应用面临的挑战

智能天线技术对移动通信系统尤其是 3G 系统容量方面的改善是以增加系统的复杂度为代价的。智能天线技术在 3G 系统中的应用还应用面临着几个方面的挑战。

第一,必须考虑设备的复杂性。智能天线的性能将随着天线阵元数目的增加而增加。但是增加天线阵元的数量,又将增加系统的复杂性。此复杂性主要是在基带数字信号处理的量将成几何级数递增。现在,CDMA 系统在向宽带方向发展,码片速率已经很高,基带处理的复杂性已对微电子技术提出了越来越高的要求,这就限制了天线元的数量不可能太多。

第二,从技术角度讲,智能天线技术是在自适应天线技术基础上发展起来的,在 3G 系统中,由于信号一般为宽带信号,因此信号经过信道以后存在频率选择性衰落,产生多径,这样对智能天线的接收产生了较大的影响,使得智能天线系统不能同时对所有的径进行处理;同时,移动通信系统是典型的多用户系统,即便在一个小区,用户的数目往往以数十,甚至数百计,而智能天线阵列一般只能同时在干扰方向上形成 M 减 1(M 为智能天线阵元数目)个零陷,所以,智能天线技术真正做到只接收有用信号,而消除其它干扰信号的目标,还存在一些技术上的难度。因此,从技术角度来讲,智能天线技术还没有完全适合移动通信系统的要求,所以,目前人们对于其在移动通信系统,尤其是 3G 及 B3G 系统中的应用仍在进行深入的研究。

第三,从运营商角度讲,一方面,智能天线技术从原理上的确能够改善链路质量和增加系统的容量和覆盖,但这需要对现有的系统做出较大的改变和重新部署。智能天线是一种多天线系统,因此现有基站系统的射频部分就需要做较大的改变,增加天线和与之相关联的射频器件,并增加相应的基带信号处理单元,而这也正是基站系统中较为昂贵的器件,因此,应用智能天线技术需要较大的投入。另一方面,应用智能天线技术以后,由于智能天线所引入的波束成形技术,在某些方向上使移动台提高信号接收质量的同时,也会对这个方向上的其它小区产生较大的干扰,因此就会改变原有的网络规划和小区划分,使得需要对网络进行必要的调整。而对整个移动通信系统无线网络来讲,这种调整将是全局性的,对于系统性能的影响具有很多不确定性。

结论:

智能天线技术目前所存在着的技术和应用问题,使得众多的运营商对其在移动通信系统中的应用持中立态度,但智能天线技术所具有良好的发展前景,又使得人们对智能天线技术保持较高的期望,密切关注其发展。

1. 在移动通信技术的发展中,智能天线已成为一个最活跃的领域,近年来,几乎所有先进的移动通信系统都将采用此技术。

2. 智能天线技术对移动通信系统带来的优势是目前任何技术所难以替代的。在使用智能天线时也必须结合使用其它基带数字信号处理技术,如联合检测、干扰抵消及 Rake 接收等等。目前,国际上已经将智能天线技术作为一个三代以后移动通信技术发展的主要方向之一。

参考文献:

- [1] 吴伟陵等编著. 移动通信原理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA 移动通信系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

[3]彭林,朱小敏,朱凌霄.WCDMA无线通信技术及演化[M].北京:中国铁道出版社,2001.

[4]宋铮,张建华,黄治.天线与电波传播[M].西安:西安电子科技大学出版社,2005.

[责任编辑:郭周凯]

Application of New Smart Antenna Technology in the Third Generation Mobile Communication System

LIU Shi - long

(Tianjin Binhai Vocational Institute, Tianjin 300451 China)

Abstract: This article elaborates basic principle and the developing process of the smart antenna technology. It also elaborates the application and the challenge in the third generation mobile communication system. It analyzes the merit of the smart antenna technology application as well as the challenge faced in the 3G system. Finally it points out that the smart antenna technology has the good prospects for development.

Key words: array element, directional send and receive, base depot; multiple access disturbs, Spatial Minute Multiple Access (SDMA)

(上接第 26 页)

参考文献:

[1]天津市墙体材料革新和建筑节能办公室.墙改与节能[Z]. 2002,4.

[2]杜文英.美国砌块建筑外墙的类型及控制缝设置[J].建筑砌块与砌块建筑,2003,(4).

[责任编辑:冯金泉]

Control & Prevention of Common Quality Problems in Buildings of Small Concrete Hollow Blocks

GAO Zhi - quan¹, RAO Chun - ping²

(¹. Tianjin Huaxia Construction & Development Co. Ltd., Tianjin 300042 China;

². Tianjin Industrial and Commercial Vocational Technology College, Tianjin 300270 China)

Abstract: This paper analyses the reasons for the common quality problems such as walling cracks and wall leakage in constructions being built of small hollow blocks used in the present buildings, and provides some precautionary measures. Practice proved that such quality problems can be fully prevented if adequate measures are adopted.

Key words: small concrete hollow blocks; quality control; walling cracks; wall surface leakage

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，一直致力于专注于微波、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>