

基于移动通信的智能天线技术研究

刘德现

(海南三亚田独镇 91982 部队 86 分队, 海南三亚 572011)

[摘要] 随着社会信息交流需求的急剧增加、个人移动通信的迅速普及，作为未来个人通信主要手段的无线移动通信技术引起了极大的关注。但是，移动用户量的迅速增加，以及移动用户对通讯质量的要求逐渐提高，在现有系统和有限的资源条件下，系统运营商不得不寻找一种新的方法来提高现有的 TDMA 系统的容量和通信质量。

[关键词] 智能天线技术；上下链路；移动通信

随着社会信息交流需求的急剧增加、个人移动通信的迅速普及，作为未来个人通信主要手段的无线移动通信技术引起了极大的关注。但是，移动用户量的迅速增加，以及移动用户对通讯质量的要求逐渐提高，在现有系统和有限的资源条件下，系统运营商不得不寻找一种新的方法来提高现有的 TDMA 系统的容量和通信质量。如何开发空间资源，将是一条解决目前频谱资源匮乏的有效途径。这些就是智能天线得以提出和发展的客观环境。

1 智能天线及其原理剖析

1.1 典型的智能天线

典型的智能天线有：1) ATR 光电通信研制的基于波束空间处理方式的多波束智能天线。天线阵元布局为间距半波长的 16 阵元平面方阵，射频工作频率是 1.545GHz。天线数字信号处理部分由 10 片 FPGA 完成，整块电路板大小为 23.3cm×34.0cm。2) WLL 无线本地环路智能天线。天线采用可变阵元配置，有 12 元和 4 元环形自适应阵列可供不同环境选用。射频工作于 1785MHz~1805MHz，采用 TDD 双工方式，收发间隔 10ms。

1.2 智能天线的原理

智能天线的基本思想是：天线以多个高增益的动态窄波束分别跟踪多个期望信号，来自窄波束以外的信号被抑制。但智能天线的波束跟踪并不意味着一定要将高增益的窄波束指向期望用户的物理方向。事实上，在随机多径信道上，移动用户的物理方向是难以确定的，特别是在发射台至接收机的直射路径上存在阻挡物时，用户的物理方向并不一定是最理想的波束方向。智能天线结构示意图如图所示：

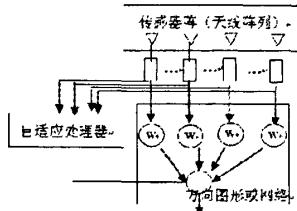


图 1 智能天线结构示意图

天线阵列与实时智能信号接受处理器组成的一个闭环反馈系统，智能天线通过这个反馈环路来自动调整天线的方向图，使它在干扰方向形成零陷，将干扰信号抵消，并且可以使得有用信号 SOD 加强，达到抗干扰的目的。

2 链路上的智能天线技术

2.1 上行链路上的智能天线技术

上行链路指的是移动用户到基站的通信链路。通过智能天线技术，可以在移动用户端实现智能化发射；而在基站端实现智能化接收。相对于基站而言，由于体积、价格等限制，目前在移动台（通常指手机）上采用智能天线这样的抗干扰技术还比较困难。未来移动通信系统工作频率更高，在满足半波长阵元间隔条件下，大线尺寸可以做得更小。在移动用户端使用智能天线也将成为可能。

由于在移动台采用智能天线受到各种限制；而在基站中天线的尺寸和功率可以根据需要进行合适的选择。因此智能天线将主要用在基站端，实现基站的智能化接收。从各种干扰（包括非期望用户）中提取想要的信号，充分利用信号的能量：实现“空分”的目的。

假设期望信号 $s_d(t)$ 来自 θ_0 方向， M 个干扰信号 $i(t)$ 来自于 θ_i 方向，噪声为 $n(t)$ ，则阵元接收的信号为：

$$x(t) = a(\theta_0)s_d(t) + \sum_{i=1}^M a(\theta_i)i(t) + n(t) \quad (式 1)$$

$a(\theta)$ 为信号的导向矢量。当所需的窄带信号从 θ 方向入射时，表示各阵元上所接收信号相应关系的矢量。对于均匀线性阵列来说， $a(\theta)$ 可以表示为：

$$a(\theta) = [1, \exp(-j\beta), \exp(-j2\beta), \dots] \quad (式 2)$$

经过加权后的工作就是如何确定最佳的加权因子，使得系统的输出达到要求。对于不同的目的和应用场合，自适应处理采用不同的准则。其中常用的最佳加权系数准则有以下三种：

- 1) 最大信噪比 (MSNR) 准则：最佳加权使得系统输出信噪比最大，该准则需要事先知道信号的来向。
- 2) 最小噪声方差准则：最佳加权使得系统输出噪声的方差最小，即在所需方向上输出为常数时阵列输出的平均功率最小，该准则需要事先知道信号的来向。
- 3) 最小均方误差 (LMS) 准则：最佳加权使得阵列输出和有用信号误差最小，该准则需要参考信号。

2.2 下行链路上的智能天线技术

下行链路指基站到移动用户的通信链路。通过智能天线技术，可以在移动用户端实现智能化接收；而在基站端实现智能化发射。在移动通讯中，智能化发射技术也是提高系统容量的重要方法，由于目前在移动台采用智能天线实现智能化接收受到体积、功耗、成本等方面的限制。目前在基站采用智能化发射技术，减小基站信号对非目标移动台的干扰，就显得十分重要。

若要在同一信道上采用 N 元阵列天线进行发射，而发射的信号矢量是：

$$S(t) = [s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)] \quad (式 3)$$

则需要构造一个 $M \times N$ 的最佳发射矩阵：

$$X(t) = WVS(t) \quad (式 4)$$

使得具有希望的空间特性。即将主瓣对准有用信号的入射方向，而将最低增益点对准干扰信号方向。对于收发共用类型全向智能天线，采用时分双工 TDD 方式更为合适。频分双工 FDD 方式由于上行（从用户到基站）与下行链路（从基站到用户）有一定的频率间隔，信号传播的无线环境受频率选择性衰落的影响各不相同，信道是不可逆的，所以上行链路的权值不能直接应用于下行链路。

3 小结

总之，由于移动台（特别是手机）在体积、电源上的限制，使智能天线在移动台难于实现，通过研究在基站端的智能天线接收（上行多用户信号的分离）与发射（下行选择性发送），即上行收与下行发，可以有效地对抗移动通信信道中的干扰。

【参考文献】

- [1] 童克波,宋柴方.无线通信中软件无线电结构的智能天线技术[J].江苏通信技术,2007.
- [2] 路军,张效文.软件无线电结构的智能天线在 CDMA 系统中的应用[J].铁道学报,2008.

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>