

基于分布式天线系统的虚拟小区研究

[张恩展 姜永权 李韧 王莉]

摘要

在无线用户增多，而无线通信小区不能再微小化的情况下，提出了在分布式天线系统中构建虚拟小区，介绍了虚拟小区重组与切换过程及功率控制下的无线接入与信道分配策略。最后仿真了虚拟小区的系统性能，结果表明虚拟小区有较高的通信速率，虚拟小区网络可以服务更多用户，适用于密集用户的无线局域网通信。

» **关键词：** 无线通信 分布式系统 功率控制 虚拟小区

张恩展

汕头大学硕士，主要研究超宽带无线通信RAKE接收技术。

姜永权

教授，硕士生导师，主要研究高性能无线通信中的智能天线、OFDM、MIMO技术等。

李韧

硕士，主要研究移动通信中的MIMO技术、空时编码技术。

王莉

硕士，主要研究协作通信中的功率分配。

前言

随着移动用户的增多，蜂窝式网络越来越不能满足广大用户的需要，出现网络繁忙等问题。为了增加信道容量，蜂窝式网络不断把小区微型化，将带来频繁的小区间切换，给基站带来很大的压力，边缘切换时还会大量消耗功率，造成了资源的浪费；大量功率的消耗减小了柔性小区天线的覆盖面积，带来瞬间的盲区和阴影效应。在这种

情况下再进一步提高频谱利用率增加信道容量就显得力不从心了。从这些问题中可以看出蜂窝小区不能无极限的再划分下去；移动用户的大量增加，传统的蜂窝式网络通信不能满足需要，甚至是限制了用户数量的增加。基于这些问题的出现，本文提出了一种新型虚拟小区。

1 虚拟小区

新的虚拟小区，与传统蜂窝小区不同，是在分布式

天线阵中移动台自组小区。如图1，圆点代表天线，天线的行距和列距相同。根据相近最佳组合原则，一个总基站分别和一定数量的天线阵相连。此基站控制下行链路的功率分配，载频分配，信道分配。移动终端根据接入条件，智能化地选择需要接入的天线，图中移动终端A的接入天线为天线1、天线2、天线3。这样，移动终端A就组织了自己的小区。

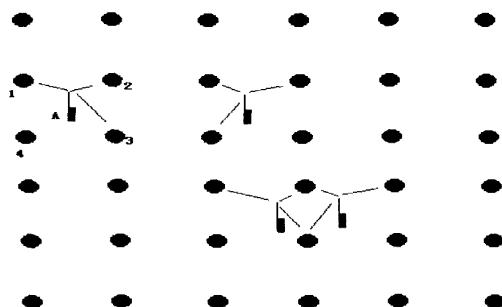


图1 分布式天线系统

虚拟小区的最少服务于用户的天线数目为2条，第3条是备用天线。在虚拟小区的网络系统中，服务于同一用户的天线数目与网络中可以服务的总用户数的关系在第5节中给出。

2 移动终端功率控制接入

在CDMA系统中功率控制对解决“边缘效应”、“远近效应”起了非常关键性的作用，提高了信道容量和通信质量。功率控制的基本依据有：功率平衡准则、信噪比平衡准则两大主流。功率控制方法有，从上下链路控制分为：前向功率控制和反向功率控制；从环路的类型上分为：开环功率控制和闭环功率控制；从比较门限上考虑分为：统一门限控制和自适应门限控制；从实现功率控制的角度考虑分为：集中式功率控制和分布式功率控制；还可以综合多种功率控制一起使用。本文在考虑功率控制准则的前提下综合运用上下行链路功率控制和功率门限控制来分析移动终端的接入。

2.1 上行功率门限控制下的接入

上行链路功率控制也称为反向链路功率控制，主要

是控制移动终端的发射功率，使基站接收到的所有移动台的功率或者信噪比基本平衡；判断是否需要某些天线继续为该移动台服务。可以克服传输中的“远近效应”，保证虚拟小区的“鲁棒性”，减小“冗余”度。上行功率门限控制如图2所示。

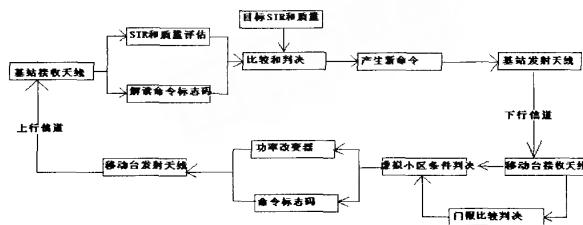


图2 上行链路门限功率控制

2.2 下行功率门限控制下的接入

下行链路功率控制也称为前向链路功率控制。与上行功率控制不同的是移动终端根据自己接收信号的SIR和信号的质量发送控制请求对基站天线的发射功率进行调节，如图3所示。

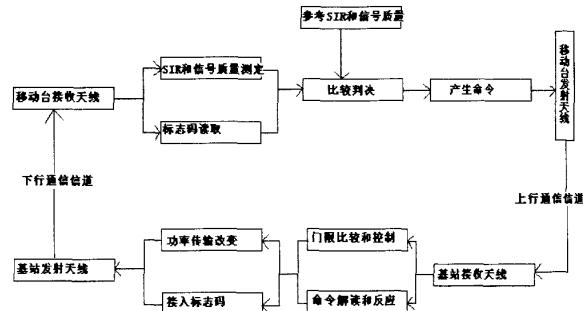


图3 下行功率门限控制接入

3 小区切换与信道分配

3.1 小区切换

随着移动终端的移动或者基站天线过渡繁忙，移动终端会自动切换基站天线，重组通信质量更好的小区。

物理状态下移动台移动远离正在通信的基站天线时，导致基站天线的通信功率增加，SIR增加，通信质量降低。终端根据自适应原理、最优化接入和小区重组条件

自动寻找附近的基站天线，选择最优天线接入，随后摒弃原来通信质量差的天线，保证通信质量的最优化。

移动终端的移动性导致移动终端建立的虚拟小区分布不均匀，多小区共用同一些天线，导致天线过度繁忙，降低了通信质量。虚拟小区的终端根据自己所在位置自动寻找满足虚拟小区建立条件的空闲或者不繁忙天线，重建新的虚拟小区，缓解某些天线的通信压力，完成了基站天线业务繁忙导致的切换，提高了基站天线的通信质量和业务容量。

上述切换如果在同一个基站或者几个基站组成的宏小区内的服务范围内，虚拟小区切换不会给基站带来切换的麻烦，为基站节省了大量运算，提高了基站通信能力。

3.2 信道分配

移动台发送接入信令时，根据下列原则进行信道分配。

(1) 根据基站的发射天线的发射信号强度（路径损耗最少）选择3根天线自动组成虚拟小区。两根天线是用来业务通信来用，信号强度相对弱的天线信息放入预接入备用集，在其他两根天线通信质量恶化时备用。

(2) 根据接收到的信号强度，移动台的功率控制和门限计算移动台的发射信号功率。

(3) 移动台和基站分别判断可行性接入，不影响已经接入用户。

(4) 根据信道的选择策略和条件进行以后的通信信道选择，完成正常的通信任务。

(5) 通信过程中实时监测信道的通信质量，进行相应的功率控制并及时地切换。

4 虚拟小区的信道容量分析

加性高斯白噪声下的香农信道容量^[9]，

$$C = B \log_2 (1 + S/N)$$

(1) 式中， B 为信号带宽， S/N 是信噪比， C 为信道容量。

在本文提出的虚拟小区中，设定虚拟小区发射天线数为 N ，接收天线数为 M 。根据香农信息定理和参考文献^{[7][8]}

中的MIMO信道容量计算信息，推导出虚拟小区的系统容量密度：

$$C = \log_2 \left[\det \left(\mathbf{I} + \frac{S}{N} \mathbf{H}^H \mathbf{H} \right) \right] \text{bit/s/Hz} \quad (2)$$

式中， \det 表示求矩阵的行列式， \mathbf{H} 是发射天线与接收天线之间的信道矩阵，上标 H 表示信道矩阵共轭转置， S/N 是信道的平均信噪比。

5 仿真分析

根据第4节内容仿真虚拟小区4根收发天线的信道容量，设噪声为高斯白噪声，信噪比从-10 dB到40 dB，信道环境为理想的环境，结果如图4所示。

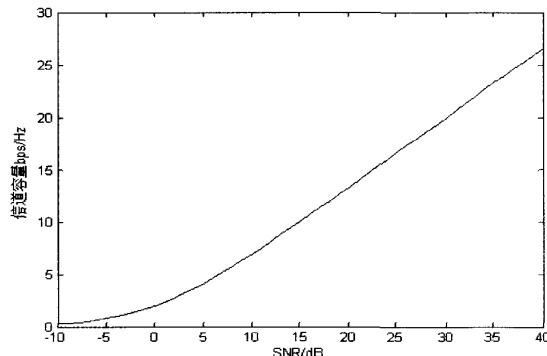


图4 不同信噪比下两根发射天线和两根接收天线的信道容量

从图中可以看出，信噪比在35 dB~40 dB之间的信道容量可达25 bit/Hz，贝尔实验室中提出的V-BLAST结构在实验室已经实现25 bit/Hz的速率。信噪比为24 dB~34 dB范围时频谱效率的理想值可以达到20~40 bit/Hz，传统通信小区很难达到的。

下面给出服务于同一个用户的天线数目和用户数量的关系，设在天线阵列中有100根天线，虚拟小区中的每根天线可以同时服务于50个用户，每个用户至少需要2根天线，关系如图5。从图中可以看出，服务于同一个用户所需要的天线数目越多，天线阵列服务的总用户数目会快速减少。在保证通信质量的前提下，天线数目越少，服务的用户数目越多。与传统的蜂窝小区相比较，虚拟小区网

络可以同时为更多用户提供服务。

图5 服务于同一用户的天线数目与用户数的关系

6 结论

本文提出了一种新的虚拟小区，与传统蜂窝小区不同，移动终端可自组虚拟小区，完成通信业务，大大地减少了基站的业务处理量。移动终端速度不同时，可以考虑虚拟小区的群切换^[5]，进一步完善虚拟小区的功能。在今后的移动通信中，虚拟小区将有很大的实用价值和发展空间。

参考文献

- 1 钱远盛. WCDMA系统的功率控制研究[J]. 广东通信技术 2005.10: 41-46
- 2 刘江宁,彭木根,王文博. TD-SCDMA系统五县资源管理算法研究[J]. 广东通信技术 2005.2 31-35
- 3 杨鹏. WCDMA系统中切换的研究[J]. 广东通信技术. 2005.2:26-44
- 4 Jing wang ,Yan Yao, Ming Zhao, Shidong Zhou, ect. Conceptual Platform Distributed Wireless Communication System [J]. IEEE,VTC 2002,593-597
- 5 张平. 基于多天线架构的智能群切换系统[J]. 中国科技论文在线,2004.12, 1-11
- 6 李世鹤. TD—SCDMA 第三代移动通信系统标准[M]. 人民邮电出版社,2003, 71-82
- 7 梁红玉,吴伟陵. MIMO系统的信道容量[J]. 2003, Vol.29, (2):60-61
- 8 李汉强,郭伟,郑辉. 分布式天线系统MIMO信道容量分析[J]. 通信学报,2005,Vol.26 (8):134 -138
- 9 樊昌信, 张甫翊等. 通信原理[M]. 国防工业出版社,2004.2: 56-59

(收稿日期: 2007-5-14)

广告索引

公 司

- 广东通信技术征订-----封二
- 广东通信技术征订单-----内插 1
- 广东通信技术形象-----内插 2
- 广东通信技术形象-----封三
- 广东亿迅科技有限公司-----封底

版 位

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>