

TD-SCDMA下行链路智能天线波束赋形算法仿真

冯广丽,卢朝东

(河南工程学院 计算机科学与工程系, 郑州 450007)

摘要: 研究了TD-SCDMA系统下行链路最大信干比波束赋形算法, 搭建下行链路的MATLAB仿真平台, 并在TD-SCDMA系统下行链路的2种信道环境下, 对最大信干比波束赋形算法进行了MATLAB仿真。实验结果表明, 波束赋形技术能够有效地抑制多径衰落, 总体性能优于全向发送技术, 且能提高系统性能。

关键词: 智能天线; 最大信干比; 波束赋形; 多径衰落

中图分类号: TN929.53

文献标识码: A

文章编号: 1001-7119(2012)06-0022-03

Simulation of Downlink Smart Antennas Beamforming Algorithm Based on TD-SCDMA System

FENG Guangli, LU Chaodong

(College of computer science and technology, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: A beamforming algorithm based on maximal signal-to-interference ratio has been studied in downlink of TD-SCDMA system, and the downlink MATLAB simulation platform has been built. We simulate the beamforming algorithms based on maximal signal-to-interference ratio at two circumstances of downlink TD-SCDMA channel model using MATLAB. The result of experiment shows that beamforming technique can suppress multipath fading efficiently, and is better than Omnidirectional transmission technology to the extent of overall performance. Beamforming algorithms can improve the performance of TD-SCDMA system.

Key words: smart antennas; maximal signal-to-interference ratio; beamforming; multipath fading

在TD-SCDMA下行链路中小区内的每个用户同时接收到来自基站的同时隙其他用户的数据, 而一个时隙里的所有数据除去用户本身所需的数据, 其余的用户数据对本用户而言皆为干扰信息。因此, 基站应该尽量将期望用户的信号发送给期望用户, 而给其他用户造成尽量小的干扰, 可以通过波束赋形算法^[1,2]来实现。

1 TD-SCDMA下行链路波束赋形原 理

1.1 MISO系统模型

以小区中的用户作为研究对象, 基站端对用户 k 的

数据信号 $d^{(k)}=(d_1^{(k)}, d_2^{(k)}, \dots, d_N^{(k)})^T, k=1, 2, \dots, K$ 乘以加权值后, 使得在接收端用户 k 收到的本用户的数据信号的功率值比上小区内同一时隙的其他用户收到的用户 k 的数据信号功率达到最大。假设基站端有 K_s 根天线阵元^[3,4], 终端为一根天线阵元。设小区同一个时隙的用户数共有 P 个, 码道数为 K , 信道冲激响应窗长为 W , 则下行信号传输过程用矩阵表示为:

$$e^{(p)} = A^{(p)} d + n \quad (1)$$

$$A^{(p)} = (A^{(1,p)}, A^{(2,p)}, \dots, A^{(k,p)}) \quad (2)$$

$$A^{(k,p)} = C^{(k)} \cdot H^{(k,p)}, k=1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$C^{(k)} = (C_{u,l}^{(k)}), u=1, 2, \dots, Q+W-1; l=1, 2, \dots, W; k=1, 2, \dots, K \quad (4)$$

$$C_{u,l}^{(k)} = \begin{cases} C_{u-l+1}^{(k)} & 1 \leq u-l+1 \leq Q \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$H^{(k,p)} = I^{(N)} \otimes (h^{(k,p)} \otimes w^{(k)}), k=1, 2, \dots, K \quad (6)$$

$$h^{(k,p)} = (h_1^{(k,p)}, h_2^{(k,p)}, \dots, h_n^{(k,p)}, h_1^{(k,p)}, h_2^{(k,p)}, \dots, h_n^{(k,p)})^T \quad (7)$$

则用户 k 到移动台 k 经历的组合信道响应为

$$b^{(k,p)} = C^{(k,p)} H^{(k,p)} \otimes w^{(k)} \quad (8)$$

1.2 最大信干比算法

终端接收到的属于本身的期望信号功率^[5]为:

$$R^{(k,p)} = E\{b^{(k,p)} b^{(k,p)*}\} = w^{(k)} H^{(k,p)} C^{(k,p)} H^{(k,p)*} w^{(k)} \quad (9)$$

同一时隙其他用户终端接收到的属于终端 p 的信号的功率为(不考虑小区间干扰):

$$\begin{aligned} I(k,p) &= \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq p}}^p E\{b^{(k,l)} b^{(k,l)*}\} \\ &= \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^p w^{(k)} H^{(k,l)} H^{(k,l)*} C^{(k,l)} H^{(k,l)*} H^{(k,l)} w^{(k)} \end{aligned} \quad (10)$$

从发送端考虑,发送信号的信干噪比为

$$\rho_{SNR}^{(k,p)} = \frac{w^{(k)} H^{(k,p)} H^{(k,p)*} H^{(k,p)} w^{(k)}}{w^{(k)} H^{(k,p)} \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq p}}^p H^{(k,l)} H^{(k,l)*} w^{(k)}} = \frac{w^{(k)} H^{(k,p)} H^{(k,p)*} w^{(k)}}{w^{(k)} H^{(k,p)} R_{in}^{(p)} w^{(k)}} \quad (11)$$

$\rho_{SNR}^{(k,p)}$ 的数值介于矩阵 $R_{in}^{(k,p)}$ 的最小特征值和最大特征值之间,其中矩阵 $R_{in}^{(k,p)}$ 的最大特征值满足:

$$R_{in}^{(k,p)} R_{in}^{(k,p)*} w^{(k)} = \lambda_{max} w^{(k)} \quad (12)$$

通过对矩阵 $[R_{in}^{(k,p)} R_{in}^{(k,p)*}]$ 进行广义特征分解^[6],最大特征值对应的特征向量即为所求赋形权值 $w^{(k)}$ 。

2 TD-SCDMA下行链路仿真流程图

如图1所示为TD-SCDMA下行链路智能天线波束赋形仿真流图^[7,8]。

在基于MISO^[9]下行链路级仿真中,本文使用了Matlab仿真工具。仿真条件为:基站发送两个用户数据,每个用户占用2个码道;信道环境按照3GPP TR 25.996 V6.1.0中的多径衰落传播环境给出的参数进行设置;采用了空时分组码的系统发射天线数目为2(天线间距为 4λ),接收天线数目为1;未采用空时分组码的系统发射和接收均为单天线;扩频因子SF=16,发送端采用QPSK调制;一个时隙中可用midamble码的最大数目为8;各发射天线上的功率相等;发送端滤波器采样率为4;接收端准确估计信道的衰落;未使用信道编码,并且信号到达接收端时已达到了精准的同步。

3 仿真结果分析

如图2图3所示,本文就下行链路全向发送和智能天线波束赋形两种发送方案。图中曲线1表示用户数 $K=2$ 时的性能曲线;曲线2表示用户数 $K=4$ 时的性能曲线;曲线3表示用户数 $K=8$ 时的性能曲线。二幅仿真图有一个共同点即:使用了智能天线波束赋形算法后的系统性能要比全向发送时好很多,采用波束赋形后系统的误比特率性能要提高0~3 dB左右,特别是在case2中,这种趋势尤为明显。这说明在信道环境比较恶劣的情况下,即多径数量比较大的时候,使用智能天线波束赋形技术显得尤为必要,此时它能大幅度地改善系

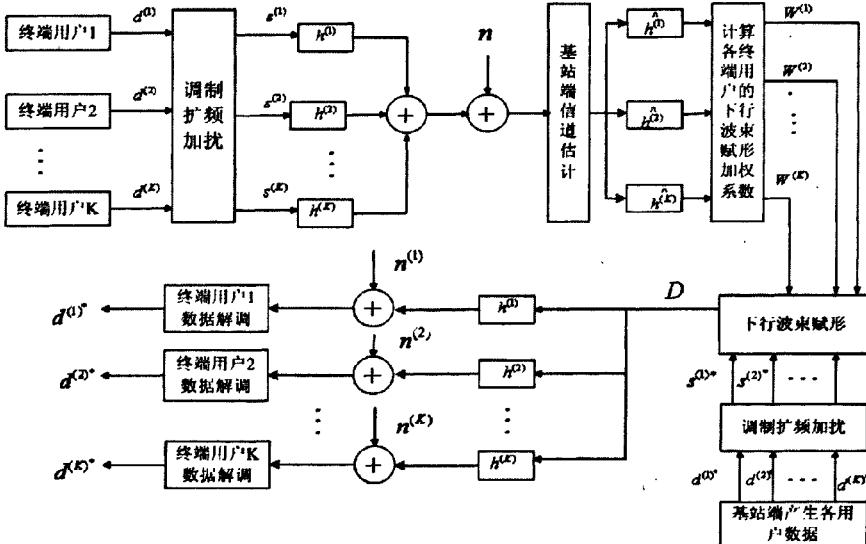


图1 TD-SCDMA下行链路智能天线波束赋形仿真流图

Fig. 1 TD-SCDMA downlink Beamforming for smart antenna simulation of flow chart

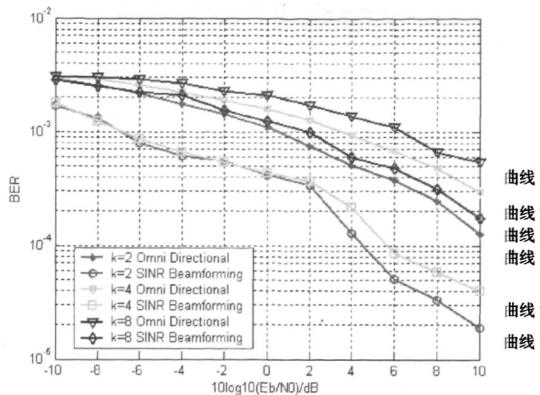


图2 case1且移动台运动速度为3 km/h

Fig.2 X and the mobile station velocity is 3 km/h

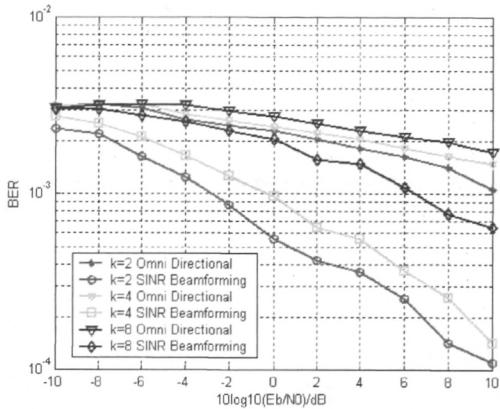


图3 case2且移动台运动速度为120 km/h

Fig.3 X and the mobile station velocity is 120 km/h

统的性能。因此,波束赋形技术能有效地抑制多径衰落。

参考文献:

- [1] 桑怀胜,李峥嵘.智能天线的原理、自适应波束形成算法的研究进展与应用 [J].国防科技大学学报,2001,23(6):83-89.
- [2] 王文博等编著.时分双工CDMA[M].北京:北京邮电大学出版社,2001.
- [3] J S Thompson, P M Grant and B Mulgrew .Smart antenna arrays for CDMA systems [J],IEEE Pers. Commun.,1996, 3: 16-25.
- [4] 袁翔.移动通信系统中的智能天线技术[J].中兴通信技术,2002,6:43-45.
- [5] C.Swales,M Beach, D Mcgreenhan.The performance enhancement of multibeam adaptive base-station antennas for cellular land mobile radio system [J],IEEE Trans.On VT, 1990,39(1):56-67.
- [6] Z Rong Simulation of Adaptive Array Algorithms for CDMA Systems[J]. M.S. Thesis, Virginia Tech, Sept 1996.
- [7] P B Rapajic and B S Vucetic. Adaptive receiver structures for asynchronous CDMA systems [J]. IEEE Journal on Selected Areas in communications, 1994,12(4):685-697.
- [8] 3GPP TSG, R1-01-0992, Micro-cell wideband directional channel model[J]. Tech. Rep., Nov. 2001.
- [9] D Gesbert, M Shafi, Da-shan Shiu, P J Smith and A Naguib From Theory to Practice: An overview of MIMO space-time coded wireless system[J].IEEE Journal on Selected Areas in Communications, April 2003, 21(3):281-302.

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>