

文章编号: 1674-8085(2012)03-0075-03

一种应用小数编码 GA 算法的 MIMO 天线选择方法

楼 群

(江苏科技大学, 江苏, 镇江 212003)

摘要: 针对多输入多输出(MIMO)技术传统遗传算法(GA)的天线选择在进行遗传运算操作时, 会遇到二进制染色体编码与选择天线数不匹配的问题, 提出了一种用小数编码的 GA 遗传算法用于 MIMO 天线选择, 所提方法可以有效解决传统 GA 在遗传操作上的问题, 并具有较低的复杂度。

关键词: 多输入多输出系统; 联合天线选择; 遗传算法

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2012.03.016

A DECIMAL CODED GA ALGORITHM IN ANTENNA SELECTION OF MIMO SYSTEM

LOU Qun

(Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu 212003, China)

Abstract: Multiple-input multiple-output (MIMO) technology uses multiple transmit antennas and multiple receiving antennas to exponentially increase the channel capacity and spectrum utilization. Antenna selection is to select the transmit/receive the originator of the transmission signal better antenna for transmit/receive signals, thus reducing the hardware cost of the system. With the computational complexity is low, real-time to good advantage, but during the operation of the genetic operators, the experience does not match the binary chromosome encoding and select the number of antennas, this paper proposes a traditional antenna based on genetic algorithm (GA) to select using decimal encoding GA antenna selection algorithms. The proposed method can effectively solve the problem of the traditional GA on the genetic manipulation, and has the same low complexity.

Key words: Multiple-input-multiple-output; joint antenna selection; GA

Multiple-Input-Multiple-Output(MIMO) 系统具有很高的可靠性和传输速率, 这种性能上的提高得益于发送端和接收端采用的多天线配置, 但是这种配置必然要求收发端都配置多个射频电路, 整个系统的成本就会明显提高, 每根天线, 还需要提供独立的射频收/发电路, 系统所付出的硬件代价同样是极大的。天线选择技术的核心思想是选择出性能较好的发送天线或者接收天线进行信号传输, 使用相对较少的射频电路支持较多的天线, 从而使系统的成本不完全受射频电路数量的限制, 降低了系统的复杂度。传统的天线选择, 是通过穷举运算进行选

择, 效果好, 但是计算复杂度高。随着近代优化理论的完善, 遗传算法作为一种智能仿生算法, 有着计算复杂度较低、并行搜索解空间、鲁棒性好、收敛快等特点, 已经用于解决各种实际问题, 本文通过使用一种小数编码的遗传算法解决 MIMO 系统的天线选择问题。

1 MIMO 系统模型^[1]

MIMO 系统有 N_t 个发送天线, N_r 个接受天线, 在某一符号周期内 N_t 个输入信号进入空时编码器生成一个 $N_t \times 1$ 的信号向量, 向量通过信道, 由 N_r

收稿日期: 2012-03-07; 修改日期: 2012-04-12

作者简介: 楼 群(1989-), 男, 江苏徐州人, 硕士生, 主要从事电磁场与信号研究(E-mail: 13815345490@163.com).

个接受天线接受, 通过空时译码器还原成输入信号。 $N_r \leq M_r$, $N_t \leq M_r$, N_r , N_t 这两个天线子集分别是依据天线选择算法从 M_r , M_r 中选择出来的。

记 H 为 $M_r \times M_r$ 信道矩阵, H_p 为 $N_r \times N_t$ 的信号子集, 其对应着由天线选择算法选出来的最小误码率信道。系统的数学模型可以描述为^[2]

$$y_{nr} = \sqrt{\frac{E}{N}} H_p x_{nr} + v_{nr}, \quad (1)$$

式中: y_{nr} 是一个 $N_r \times 1$ 的接收信号向量; H_p 是 $N_r \times N_r$ 的信道矩阵; 满足循环对称复高斯分布; x_{nr} 为 $N_r \times 1$ 的发送信号向量; v_{nr} 为 $N_r \times 1$ 的噪声向量。

2 小数编码 GA 算法的建立

2.1 传统的 GA 算法

遗传算法^[3]特别是对于天线数目较多的情况, 具有计算复杂度低, 实时性好的优点, 但是传统的遗传算法在天线选择中, 如文献[4]中所述, 采用 0、1 掩码的方式对染色体进行运算, 在染色体进行交叉或变异操作时, 容易产生操作后的染色体编码中含有选择的天线数目与要求选择的天线数目不同的难题。

2.2 小数编码 GA 算法

为了根本上避免上述问题, 本文提出了一种采用 0-1 间的随机小数进行染色体编码的遗传算法运算, 染色体操作运算时同样采用 0-1 之间的小数进行, 在计算适应度时, 将小数从大到小进行选择, 选择数目等于要选出的天线数目。

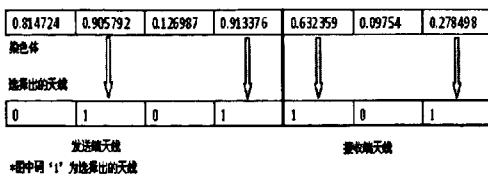


图 1 染色体与天线对应关系

Fig.1 The rule of correspondence between chromosome and antenna

假设 $M_r=4$ 、 $N_r=2$ 、 $M_r=3$ 、 $N_r=2$ 则染色体与选择出的天线之间的关系如图 1, 图中发送端天线 {2,4} 被选择出来, 接受端天线 {1,3} 被选了出来。但是在这种编码下, 遗传运算的操作也会有少许的不同, 本文将会在下面讨论这个问题。

对于选出的天线与信道^[5]矩阵的关系, 观察式 (1) 便可得, 对发送端的天线选择对应信道矩阵的列向量进行选择, 而对接收端的天线选择则对应着信道矩阵的行向量选择, 即发送端天线选择出的

第 i 根天线对应于信道矩阵的第 i 列, 接收端天线选择出的第 j 根天线对应于信道矩阵的第 j 行。图 2 表示出了这种关系。

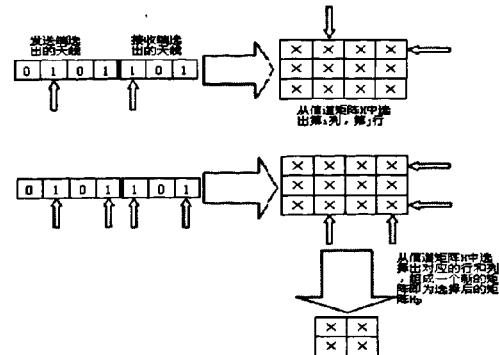


图 2 天线编码与信道对应关系

Fig.2 The rule of correspondence between antenna code and channel

小数遗传算法的基本运算步骤如下:

Step0: 初始化

首先, 要初始化父代种群, 种群的大小 $popsize$ 一般为 20-100, 染色体中所含的基因为收发端总共拥有的天线数之和, 即 M_r+M_r 。染色体中 M_r+M_r 个基因都是 0-1 之间的随机小数。在获知所要选择的天线数目后, 对小数从大到小取对应的位置, 前面 M_r 个位置取 N_r 个, 后面 M_r 个位置取 N_r 个, 将取出的位置置为 1, 其他置为 0, 这样每个染色体都对应着一个选择天线。

Step1: 适应度评估及染色体选择复制

适应度评估: 在每一代的种群中, 每个染色体的适应度都必须计算出来。种群中的每个染色体都对应着一组选出的天线, 而每组选出的天线又对应着一个信道矩阵 H_p , 这样, 根据信道矩阵 H_p , 便可以求出影响系统的参量。

Step2: 染色体交叉运算

小数遗传算法与传统遗传算法 (SGA) 在交叉运算上没有区别, 本文不在累述。

Step3: 染色体变异运算

传统遗传算法 (SGA) 的染色体变异运算, 采用变异概率, 将染色体中的基因随机的从 0 变为 1 或从 1 变为 0, 本文提出的小数遗传算法中基因都是由小数表示的, 而传统的变异运算是不能用在这里的。本文采用的是对于需要进行变异运算的基因, 给予其另一个随机的 0-1 间的小数, 由于这种运算对于整个染色体的适应度改变不是很大, 这样很可能使解集误入到次最优解, 因而考虑适当的提高变异概率, 即小数遗传算法的变异概率应当取值

稍大于传统遗传算法(SGA)。同样采用掩码的思路,依据变异概率 P_m ,对染色体中需要变异的基因进行选择,对于 $M_t=4$, $N_t=2$, $M_r=3$, $N_r=2$ 的情况,变异运算如图 3。

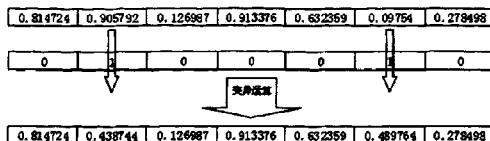


图 3 变异运算

Fig.3 Mutation

Step4: 更新种群

计算基因池中经过交叉、变异的染色体的适应度,依据适者生存的原则,使用染色体配对池中经过遗传运算的新染色体更新种群。本文采用的具体方法为:在种群中寻找适应度最小的染色体,比较它与配对池中生成的染色体适应度的大小,如果小,则用配对池中生成的染色体替换种群中适应度最小的染色体,如果大,则丢弃新生成的染色体,这样重复遍历所有配对池中生成的染色体后,就得到了新的种群。

Step5: 重复/结束

重复上述 step1-4,直到达到运算终止进化代数 m 为止, m 的取值为 50~500。这样,在整个遗传算法结束后,种群中适应度最大的染色体即为所求的最优解。由于采用的是小数遗传算法,意味着染色体中每个基因所代表的数都为小数,根据所需要选择的收发端天线数目,进行必要解码,从而得到性能优秀的 N_t 根发送天线、 N_r 根接收天线。

这里,要注意的是,种群大小 $popsize$ 和遗传运算的终止进化代数 m ,应根据实际的天线数目和要选择的天线数目进行设定,它们的设定,必须满足足够遗传算法的种群收敛。

3 仿真计算与分析

基于上述的小数编码的遗传算法,本文仿真了基于选择最大信道容量情况下系统的容量,并与使用穷举得出的最好结果进行比较。假设发送端天线数为 8,接收端天线数为 4,从其中选择出 3×3 传输天线,即 $M_t=8$, $N_t=4$, $M_r=3$, $N_r=3$ 。

基于最大容量的天线选择,此时使得^[6]

$$C = \log_2 \det \left(I_{N_r} + \frac{E}{N_t + N_r} H^H H \right) \quad (2)$$

最大时, MIMO 系统信道容量最大。在进行遗传时,迭代次数为 100 次,种群为 30 个,交叉概率 0.6,变异概率 0.1。结果如图 4 和表 1。

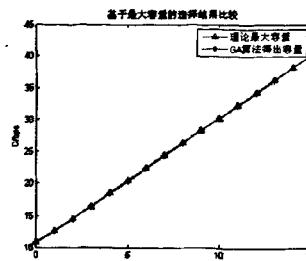


图 4 基于最大容量的选择结果比较

Fig. 4 The Comparison of results based on Max Capacity

表 1 基于最大容量的选择结果数据

Table 1 The comparison of statistics based on max capacity

信噪比/dB	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
理论最大容量	10.82	12.64	14.53	16.42	18.40	20.35	22.29	24.34
GA 算法得出容量	10.75	12.56	14.47	16.37	18.32	20.22	22.21	24.21
信噪比/dB	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
理论最大容量	26.34	28.28	30.22	32.29	34.27	36.25	38.23	40.26
GA 算法得出容量	26.25	28.23	30.20	32.20	34.15	36.17	38.19	40.13

从图 4 和表 1 可以看出小数编码的遗传算法在 MIMO 系统基于容量的天线选择上有较好效果。

4 结语

MIMO 系统中的天线选择是按照某种策略从多个发射天线或接收天线中选择一个子集从而获得一定增益,是一种低成本低复杂度的技术,受到普遍关注。本文提出了一种应用小数编码的遗传算法,并用它进行 MIMO 系统的天线选择,基于最大容量,给出了仿真结果,通过数据可以得出,使用此算法进行天线选择可以保证系统拥有较好效果。

参考文献:

- [1] Shahab Sanaye, Aria Nosratinia. Antenna Selection in MIMO Systems[C]. IEEE Communications Magazine, 2004:68-73.
- [2] Heath R W, Paulraj A. Antenna selection for spatial multiplexing systems based on minimum error rate[J]. IEEE International Conf. on Communications, Helsinki, Finland, 2001,7(11/14):2272-2280.
- [3] 汪定伟,王俊伟,王洪峰,等.智能优化方法[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [4] Lu Hoang-Yang, Fang Wen-Hsien. Joint Transmit/Receive Antenna Selection in MIMO Systems Based on the Priority-Based Genetic Algorithm[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2007,6: 588-591.
- [5] 马昌荣,王艳芬,钟虎.基于 BOK 调制的 Chirp 超宽带通信系统的 Simulink 仿真实现[J].徐州工程学院学报:自然科学版, 2011,26(2):32-37.
- [6] Telatar E. Capacity of multi-antenna Gaussian channels[J]. European Transactions on Telecommunications, 1999,10(6):555-595.

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>