

多阵元天线系统 BPSK 码元优化聚焦通信

麦晓冬

(广东轻工职业技术学院 电子通信工程系, 广州 510300)

摘要:在蜂窝移动通信网络中, 多阵元天线系统的BPSK调制码元分布优化问题决定了码间干扰抑制性能和信道优化。提出一种基于S变换和模拟退火算法的多阵元天线系统BPSK调制码元优化分布设计算法, 建立多阵元天线系统的信道模型, 并进行BPSK调制码元帧格式设计, 采用S变换的高斯窗函数进行能量聚集, 改变移动通信信道中的时变、空变及多径效应, 提高了信道传输性能。仿真实验表明, 采用该算法进行蜂窝移动通信网络的天线系统设计, 能有效抑制干扰, 优化天线阵列分布, 提高接收阵元信道冲激响应增益, 改善提高通信质量。

关键词:天线; 移动通信; 码元分布; 粒子群算法

中图分类号: TN911

文献标识码: A

文章编号: 1001-7119(2014)08-0152-03

Optimal Focusing Communication of Multiple Array Antenna System with BPSK Code

Mai Xiaodong

(Department of Electronic and Communication Engineering, Guangdong Industry Technical College, Guangzhou 510300, China)

Abstract: In cellular mobile communication network, BPSK modulation symbol distribution optimization problem of multi array antenna system is the key for the inter-symbol interference suppression and channel optimization. BPSK code optimization distribution algorithm of multiple array antenna system is proposed based on S transform and simulated annealing algorithm. Channel modeling of multi element antenna system is established, BPSK modulation symbol frame format design is taken. Gauss window function of S transform is used for the energy accumulation, time-varying, empty variable and the multipath effect of signal are changed, and the transmission performance of the channel is improved. Simulation results show that the designed antenna system can effectively suppress interference, and optimize the antenna array distribution. The receiving array channel impulse response gain is improved, and communication quality is improved.

Keywords: antenna; mobile communication; element distribution; particle swarm algorithm

0 引言

常见的移动通信天线的BPSK码元分布和数字调制技术有频移键控(FSK)、相移键控(PSK)和正交幅度调制(QAM);其中FSK调制技术采用低带宽正交调频技术进行TURBO码等纠错编码设计,无法有效实现对信道变化的跟踪^[1,2];对多阵元天线系统BPSK调制码元的码间干扰的抑制中,采用自适应学习粒子群算法描述信号载体的散射特性,聚焦于提取通信信号的功率谱等

谱分析特征^[3],通过对码间信道的谱分析,研究码间干扰的各种物理特性,比如高阶谱、LOFAR谱分析等,实现对干扰的抑制和码元分布设计。在这个过程中,需要进行编码结构的设计,传统方法在接收端信号波形发生畸变,导致在信号传输中不能充分利用有限的带宽,通信性能受限^[4,5]。

解决上述问题的核心在于优化多阵元天线系统BPSK调制码元分布设计,本文提出一种基于S变换和模拟退火算法的多阵元天线系统BPSK调制码元优化

收稿日期: 2014-01-02

基金项目: 广东省高等职业教育教学改革项目(20130201037); 广东省高职教育信息技术类专业教学指导委员会教学改革项目(XXJS-2013-24)。

作者简介: 麦晓冬(1980-), 男, 广西贵港人, 软件工程硕士, 讲师, 研究方向: 计算机应用, 数据挖掘。

分布设计算法,仿真实验表明,采用该方法进行无线蜂窝移动通信的天线设计,码间干扰得到有效抑制,接收天线上的波达方向角的聚焦特性更为稳健,提高了通信质量。

1 基于S变换的码间干扰抑制

在BPSK调制码元帧格式设计的基础上,进行蜂窝移动通信的多阵元天线系统BPSK调制码元优化分布算法设计,传统方法中采用自适应学习粒子群算法进性干扰抑制,描述信号载体的散射特性,算法流程详见文献[3],该算法描述信号载体的散射特性,信号在带限多径信道中传播,BPSK调制码元分布不能有效抑制码间干扰,在接收端信号波形发生畸变,影响了通信质量,本文对此方法进行改进,引入S变换方法,对自适应学习粒子群天线码元码间干扰抑制算法进行改进,S变换作为一种合理有效的时频变换,最早由Stockwell R. G于1996年提出,算法经10多年的应用和发展,在多阵元天线通信信号处理领域展示了强大的时间序列分和离散信号处理功能,S变换的连续时间变量正反变换形式可表示为:

$$S(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\tau^2(\tau-t)^2}{2}} e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\tau, f) d\tau e^{j2\pi ft} df \quad (2)$$

式中, $S(\tau, f)$ 表示连续函数, $h(t)$ 经S变换的正变换后得到的功率谱,其中 f 为连续函数的频率, τ 为窗函数中位数点,一般为控制时间轴上的高斯窗位置所用。S变换的高斯窗函数随着连续函数频率 f 的变化而成反比例缩小,在低频信号处理上显示为高斯时间窗的时间窗较宽,具有较好的频率分辨能力,从而能有效改变移动通信信道中的时变、空变及多径效应。然而,在高频信号处理中,高频段的时间窗较窄,无法对信号的时频分辨特征很好拓展,造成了时频联合特征提取过程中特征损坏,无法有效分辨,从而产生码间干扰。故如何实现高频信号下利用S变换对自适应学习粒子群算法进行改进,抑制干扰,优化码元分布成为研究难点。对于S变换,窗函数的调整需要满足归一化条件,即:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \omega(t, f) = \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{f^2}{2} - j2\pi ft} = 1 \quad (3)$$

由连续信号S变换的定义式可见,S变换域Fourier变换互逆,根据Fourier变换的可逆性,同样可推知S变换的可逆性,可得两者在时频域相互变换中不会导致信息丢失,这为利用FFT实现S变换的快速计算提供了理论可能,为蜂窝移动通信天线系统中优化码元结构,改善BPSK调制码元帧格式提供了保证。在多阵元天

线系统的中接收到的探测信号 $P_r(t)$:

$$p_r(t) = p(t)*h(t) + n_p(t) \quad (4)$$

式中, $h(t)$ 为天线系统收、发节点间的信道冲激响应函数, $n_p(t)$ 为叠加在探测信号上的本地干扰噪声。

BPSK调制码元的码间干扰噪声为:

$$n_i(t) = S(t)*h(t)*n_p(-t) + n_s(t)*p(-t)*h(-t) + n_s(t)*n_p(-t) \quad (5)$$

为了消除 $p(-t)$, 消除码间干扰将 $r(t)$ 与天线阵列的码间传输信号 $p(t)$ 作卷积运算, 得到:

$$r(t) = r(t)*p(t) = S(t)*p(-t)*\delta(t)*p(t) + n(t) \equiv S(t)*\delta(t) + n(t) \quad (6)$$

式中 $n(t) = n_i(t)*p(t)$ 为噪声干扰项,从而得到干扰抑制后的BPSK调制码元输出项为:

$$n(t) = n_i(t)*p(t) = S(t)*h(t)*p(t)*n_p(-t) + p(-t)*h(-t)*p(t)*n_s(t) + p(t)*n_p(-t)*n_s(t) \quad (7)$$

其中包含信号分量与噪声的卷积及噪声 $n_s(t)$ 与噪声 $n_p(t)$ 的卷积,采用S变换的高斯窗函数进行能量聚集,改变移动通信信道中的时变、空变及多径效应,提高了信道传输性能。

2 基于模拟退火的码元空间优化分布

模拟退火算法(simulated annealing, SA)是一种随机优化算法,由Metropolis第一次于1953年提出,本文采用模拟退火算法对传统的自适应学习粒子群算法进行码元分布改进,采用S变换的码间干扰抑制得到干扰抑制后的BPSK调制码元输出,在BPSK调制码元分布中引入了退火权重 λ 和扰动系数 α_1 ,抑制畸变效应,提高算法搜索粒子的质量,假设BPSK调制码元的模拟退火扰动变量($M_{ij}, i=1, D; j=1, N$),定义为:

$$M'_{ij} = \lambda M_{ij} + \alpha_1 \Delta M_{ij} \quad (8)$$

式中, $M_{ij}(i=1, D; j=1, N)$ 表示天线未扰动时的变量值, λ 表示退火权重($\lambda < 0.2$), D 表示变量总数, N 表示BPSK调制码元模拟粒子数,采用Cauchy分布描述信号载体的散射特性,为:

$$y_{ij} = T \operatorname{sgn}(u - 0.5) \left[\left(1 + \frac{1}{T} \right)^{|2u-1|} - 1 \right] \quad (9)$$

得到信号在带限多径信道中传播中的码元空间增益为:

$$\Delta M'_{ij} = y_{ij} (B_i - A_i) \quad (10)$$

式中 $\Delta M_{ij} \in [A_i, B_i]$ 。多阵元天线系统BPSK调制码元分布优化算法退火规划如下:

$$T(k) = T_0 \exp(-ck^{V/N}) \quad (11)$$

采用上述方法,规划蜂窝移动通信网络的码元空

间分布路径,获取了码间通行数据的空间聚焦和信道均衡效益,提高通信质量。

3 仿真实验与结果分析

为验证本文算法在蜂窝移动通信网络天线设计和通信传输的性能,进行仿真测试和结果分析,首先基于仿真软件HJRAY进行蜂窝移动通信的多阵元天线设计和建模,仿真系统发射阵元位于分布初始间隔为30 m,采用100个接收阵元组成的垂直线列阵分布于复杂通信背景中,空间距离为30~39 m,阵元间距为1 m,通信距离为2 km。多径扩展时间接近100 ms,进行信号发射和接收测试,优化BPSK调制码元的空间分布。

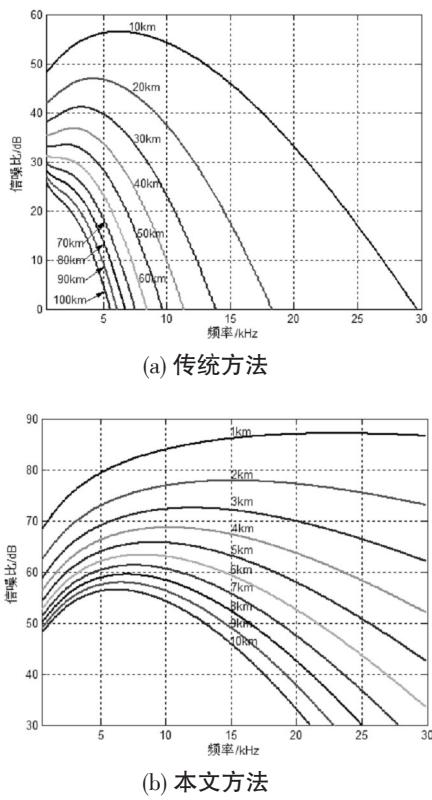


图1 天线接收端传播距离和带宽信噪比的关系

Fig.1 Relationship of bandwidth SNR and propagation distance in antenna receiver

采用实地通信测试实验的方法,发射地点位于北纬 $34^{\circ}32'05''$ 、东经 $107^{\circ}11'24''$,接收地点位于北纬 $34^{\circ}33'53''$ 、东经 $107^{\circ}12'28''$,以上条件参数,可得频率为1~30 kHz,距离为1~100 km,带宽为1 Hz时,接收端信噪比与频率、传播距离的关系如图1所示。图1中,分别给出了采用本文方法得到的在不同天线码元分布距离下输出信噪比关系和传统方法的输出信噪比,对比可见,采用本文方法输出信噪比较高,展示了本文方法

能很好抑制码间干扰,输出能量得到很好聚集,提高通信增益。

最后得到信道冲激响应自相关累加输出如图2所示,可见,采用本文方法设计的天线系统,接收天线上的信道冲激响应表征的波达方向角的聚焦特性更为稳健,输出信道冲激响应有较好的增益,对移动通信信道有较好的优化作用,节省了阵元能量开销,且提高了通信质量。

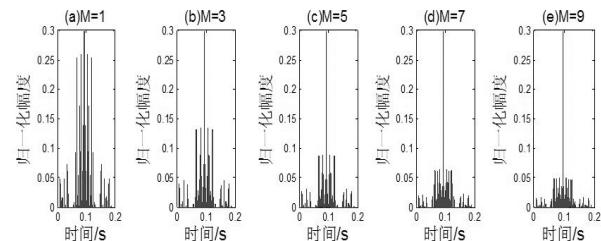


图2 接收阵元的信道冲激响应累加输出

Fig. 2 impulse response cumulative output of channel in receiving array elements

4 结论

为提高蜂窝移动通信天线信道的时间和频率扩展能力,提高通信速率和效率,研究了多阵元天线系统的BPSK调制码元的分布设计问题,提出一种基于S变换和模拟退火的码间干扰抑制和BPSK码元优化分布设计算法。研究成果表明,本文方法能很好抑制码间干扰,输出能量得到很好聚集,提高通信信号增益,接收阵BPSK调制码元阵列分布得到优化,节省了阵元能量开销,且提高了通信质量。

参考文献:

- [1] 刘家亮,王海燕,姜喆,等.垂直线列阵结构对PTRM阵处理空间增益的影响[J].鱼雷技术,2010,18(4):263~267.
- [2] 海凛,张业荣,潘灿林.混合分集多天线系统基于相关性的分析信道建模[J].物理学报,2013,62(23):238402-1~238402-1-9.
- [3] 李树荣,雷阳,张强,等.一种求解最优控制问题的混合WNN-PSO算法[J].系统仿真学报,2013,25(3):425~429.
- [4] YuSW.Hybrid optimization algorithms based on particle swarm optimization and genetical gorithm[J].Systems Engineering and Electronics,2011,33(7):1647~1652.
- [5] Alatas B, Akin E, Ozer A B. Chaos embedded particle swarm optimization algorithms [J]. Chaos, Solitons & Fractals, 2009, 40(4): 1715~1734.

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>