

基于 LabVIEW 的随相信号最佳接收机 教学仿真设计

刘 严, 韩建群

(渤海大学 工学院, 辽宁 锦州 121000)

摘 要: 为了充分整合学校信息化实验教学资源, 以培养学生综合设计和创新能力为出发点, 创造性地建设与应用高水平软件共享虚拟实验、仪器等教学资源, 提高教学能力。文中以随相数字信号最佳接收机的计算机仿真为实例做出了介绍和阐述, 包括随相数字信号的发送、信道的传输及其接收, 以及随相数字信号的最佳接收机等内容。利用 LabVIEW 仿真平台对系统的各功能模块进行了仿真设计、系统测试和仿真结果分析, 进而证明了用 LabVIEW 实现随相信号最佳接收机系统虚拟仿真实验教学的可行性。

关键词: 最佳接收机; 随相信号; 虚拟仪器; LabVIEW

中图分类号: TP303

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)06-0239-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.06.060

Simulation Design of Best Receiver on Alternating Phase Signal Based on LabVIEW

LIU Yan, HAN Jian-qun

(Institute of Engineering, Bohai University, Jinzhou 121000, China)

Abstract: In order to fully integrate the school informatization experimental teaching resource, to cultivate students' comprehensive design and creative ability as a starting point, creative construction and application of high level software shared teaching resources such as virtual experiment, instrument, improve the teaching ability. It is introduced and discussed by taking the computer simulation of the digital signal best receiver on alternating phase signal as example, including digital alternating phase signal transmission, transmission and reception of the channel, completion of digital signal best receiver, etc. Use LabVIEW simulation platform for the simulation design, system testing and the analysis of simulation results for the each system function module, which proves that the best receiver system can be realized with LabVIEW.

Key words: best receiver; alternating phase signal; virtual instrument; LabVIEW

0 引 言

随着现代通信信息技术的日益飞速发展, 计算机仿真已经成为通信系统研究和设计的重要手段和工具, 尤其在通信系统的教学和研究中发挥出越来越重要的作用和意义。人们通过计算机仿真, 来评价通信系统的性能, 通过分析仿真模型的运行结果来评价目标系统的性能, 进而指导后续系统的规划和原系统的升级。通过仿真, 还可以大大降低后续系统的失败风险, 查找出原系统中存在的问题, 从而提高系统的整体性能。因此计算机仿真是通信系统工程研发和教学的

不可替代的一环。尤其是近年来广泛应用的 System-View、LabVIEW^[1]等先进的面向不同层次的系统仿真平台, 用于电路和通信系统的仿真设计, 提供了强大的工具保障。

作为系统仿真技术的一部分, 通信系统的仿真^[2]相对较为复杂, 根据研究内容不同分为四个层次: 系统级、子系统级、波形级^[3]和电路层仿真。文中的主要内容是在现有的 LabVIEW 仿真软件的虚拟实验平台基础上, 对数字随相信号最佳接收机系统进行系统级和波形级^[4]的教学仿真设计。

收稿日期: 2013-07-24

修回日期: 2013-11-07

网络出版时间: 2014-02-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51277011)

作者简介: 刘 严 (1976-), 男, 辽宁锦州人, 硕士, 副教授, 研究方向为虚拟仪器应用技术; 韩建群, 博士, 教授, 研究方向为电机故障诊断与特征提取。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140224.0857.006.html>

在数字通信系统中,接收机接收的信号是淹没在噪声中的,需要将这些信号从噪声中提取出来。这些接收信号根据其参数的不同可以分为确知信号和随参信号两大类。确知信号是指它的幅度、频率、相位以及信号到达时刻等都是确知的。而在随参信号中,它的幅度、频率、相位是随机变化的。仅以 FSK 调制信号为代表进行分析,因为在这种信道中,由于噪声的影响 FSK 调制信号的振幅和相位都是随机变化的,故 FSK 信号更具有代表性。

1 随相信号最佳接收原理

随机相位信号简称随相信号,是一种典型且简单的随参信号,其特点是接收信号的相位具有随机性质。

仍然可以使用确知信号最佳接收的分析方法来研究分析随相信号最佳接收问题,即利用似然比准则对信号做出分析判断。由于随相信号的相位是随机变化的,分析起来和确知信号相比会更复杂一些,随之而来的随相信号最佳接收机结构^[5-6]也更复杂。下面介绍 2FSK 随相信号的最佳接收机。设 2FSK 随相信号为

$$s_1(t, \varphi_1) = A \cos(w_1 t + \varphi_1) \quad (1)$$

$$s_2(t, \varphi_2) = A \cos(w_2 t + \varphi_2) \quad (2)$$

式中, w_1 和 w_2 为满足正交条件的两个载波角频率; φ_1 和 φ_2 是每一个信号的随机相位参数,它们的取值在区间 $[0, 2\pi]$ 上服从均匀分布; $s_1(t, \varphi_1)$ 和 $s_2(t, \varphi_2)$ 持续时间为 $(0, T)$, 且能量相等,即

$$E_1 = E = \int_0^T s_1^2(t, \varphi_1) dt = E_2 = \int_0^T s_2^2(t, \varphi_2) dt \quad (3)$$

假设信道是加性高斯白噪声信道,则接收机输入端合成波为

$$y(t) = \begin{cases} s_1(t, \varphi_1) + n(t) \\ s_2(t, \varphi_2) + n(t) \end{cases} \quad (4)$$

在确知信号的最佳接收中,通过似然比准则^[7-8]可以得到最佳接收机的结构。然而在随相信号的最佳接收中,接收机输入端合成波 $y(t)$ 中除了加性高斯白噪声之外,还有随机相位。因此不能直接给出似然函数 $f_{s1}(y)$ 和 $f_{s2}(y)$ 。此时,可以先求出在给定相位 φ_1 和 φ_2 的条件下关于 $y(t)$ 的条件似然函数 $f_{s1}(y/\varphi_1)$ 和 $f_{s2}(y/\varphi_2)$, 即

$$f_{s1}(y/\varphi_1) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_n)^k} \exp \left\{ -\frac{1}{n_0} \int_0^T [y(t) - s_1(t, \varphi_1)]^2 dt \right\} \quad (5)$$

$$f_{s2}(y/\varphi_2) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma_n)^k} \exp \left\{ -\frac{1}{n_0} \int_0^T [y(t) - s_2(t, \varphi_2)]^2 dt \right\}$$

$$s_2(t, \varphi_2)]^2 dt \} \quad (6)$$

由概率论知识可得

$$f_{s1}(y) = \frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp \left\{ \frac{2A}{n_0} M_1 \cos(\varphi_1 + \varphi_0) \right\} d\varphi_1 = KI_0 \left(\frac{2A}{n_0} M_1 \right) \quad (7)$$

其中

$$M_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} \quad (8)$$

$$X_1 = \int_0^T y(t) \cos w_1 t dt, Y_1 = \int_0^T y(t) \sin w_1 t dt \quad (9)$$

式中, K 为常数; $I_0(\frac{2A}{n_0} M_1)$ 为零阶修正贝塞尔函数。

同理可得, 出现 $s_2(t)$ 时 $y(t)$ 的似然函数 $f_{s2}(y)$ 为

$$f_{s2}(y) = KI_0 \left(\frac{2A}{n_0} M_2 \right) \quad (10)$$

式中

$$M_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} \quad (11)$$

若 $I_0(\frac{2A}{n_0} M_1) > I_0(\frac{2A}{n_0} M_2)$ 则判为 $s_1(t)$ 出现; 反之, 则判为 $s_2(t)$ 出现。

根据零阶修正贝塞尔函数的性质可知, $I_0(x)$ 是严格单调增加函数, 故判决规则还可简化为 $M_1 > M_2$ 时判为 $s_1(t)$ 出现, $M_1 < M_2$ 时判为 $s_2(t)$ 出现。

根据以上判决规则得到 2FSK 随相信号最佳接收机结构, 如图 1 所示^[8-9]。

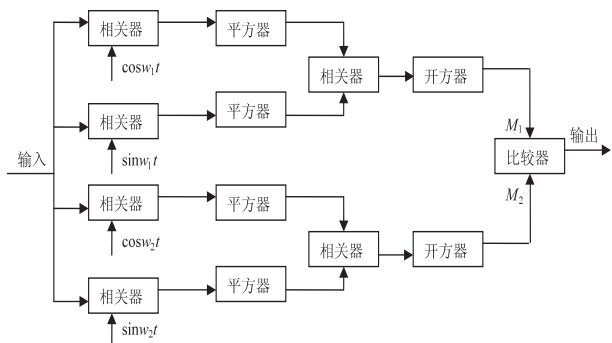


图 1 二进制随相信号最佳接收机结构

2 随相信号的最佳接收系统设计

2.1 前面板设计

采用图 1 随相信号最佳接收系统^[10]结构设计的 2FSK 随相信号最佳接收系统的前面板如图 2 所示。根据系统设计总体思路, 在图 2 中分别设置了输入序列信号、采样点数、采样率、码速率、载频、噪声幅值、判决结果等参数设置区域, 以及输入序列波形, 上下路相乘波形, 上下路积分波形和 M_1 、 M_2 输出波形等 12 个波形显示区域。为更好地适应实验教学需要, 在 2FSK 随相信号最佳接收系统的前面板参数选择区域, 可以

选择系统默认的输入序列比特,也可以根据实际实验情况灵活手动输入实验信号序列。

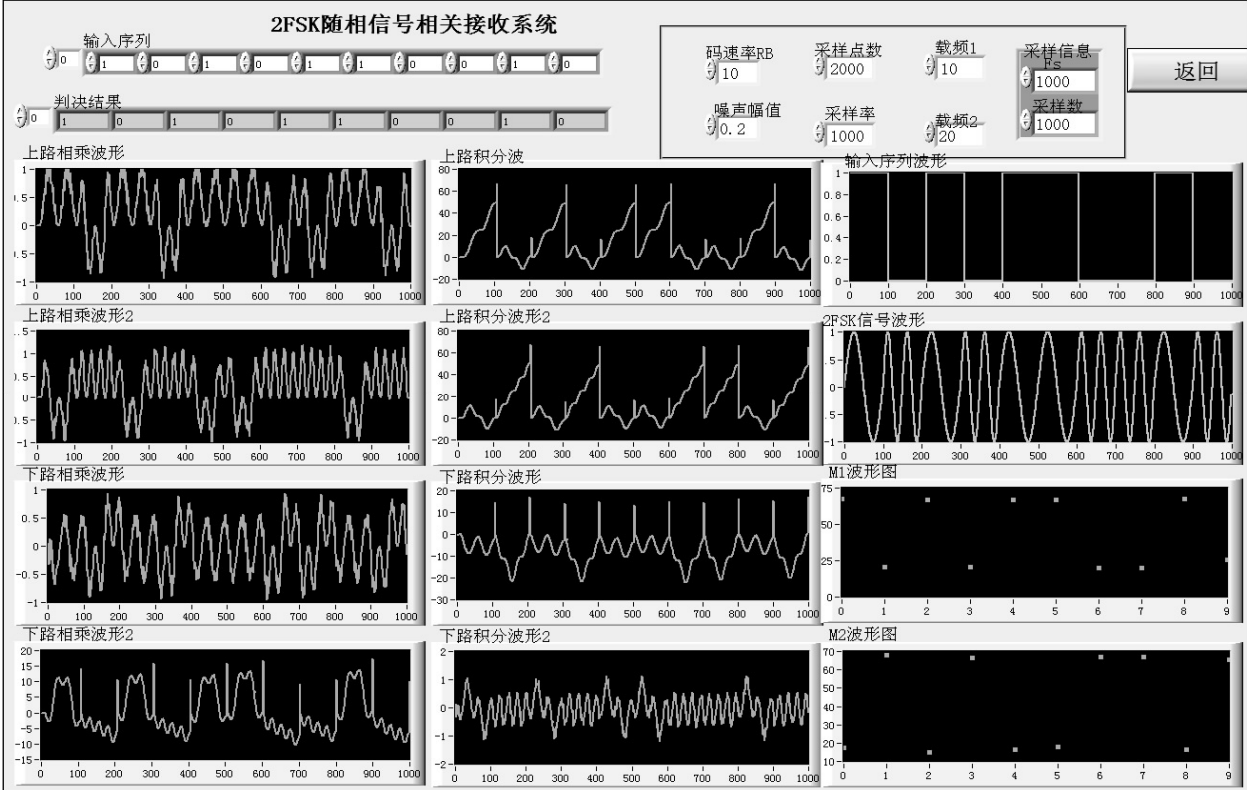


图2 2FSK 随相信号最佳接收系统的前面板

2.2 系统框图程序设计

2FSK 随相信号最佳接收系统信号流程如下:首先利用 2FSK 子模块产生的 2FSK 信号与四路载波相乘,其中上两路载波(频率相同的正弦、余弦信号)在同一个 for 循环中,将相乘结果先分别平方再相加,最后开方,得到数组 M_1 ;下两路载波在另一个循环中,同样的方法产生数组 M_2 。两个循环的次数均为“输入序列”数组的位数。最后对 M_1 和 M_2 进行比较,若 M_1 大于

M_2 ,输出“1”;反之,输出“0”。

系统中包含的 2FSK 子程序前面板如图 3 所示,后面板如图 4 所示。用两个“载波”子 vi 得到两个不同频率的载波,频率分别为 f_1 、 f_2 ,然后分别与上路产生序列子 vi 得到的“1”、“0”码序列 $s(t)$ 及下路“产生序列”取反(即翻转“0”、“1”子 vi)得到的 1、0 码序列 $s(t)$ 相乘,然后相加,得到 2FSK 信号。

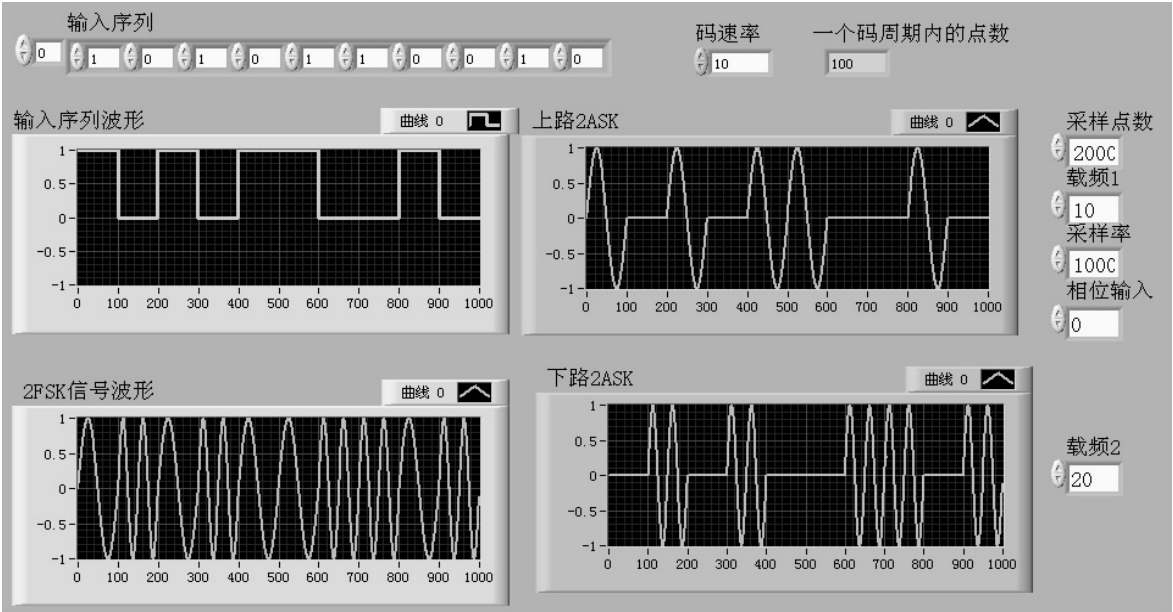


图3 2FSK 调制.vi 前面板

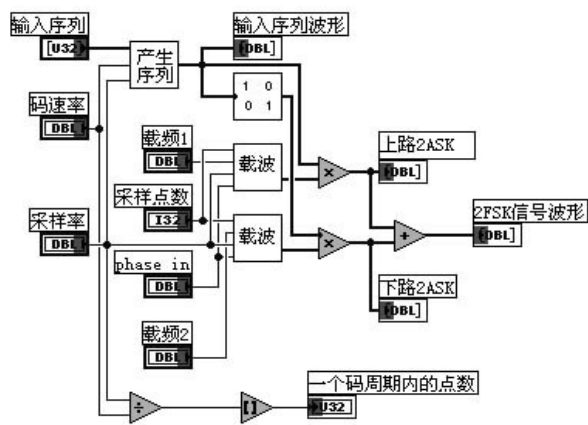


图 4 2FSK 调制. vi 后面板

3 系统测试

如图 2 所示,测试时选择手动输入信号序列:1010110010;采用率为 1 000/s;码速率为 10 bit/s;噪声幅值为 0.2,信道输出波形如图 5 所示。仿真结果表明改变图 2 中的噪声幅值至 1.2(此时有用信号的幅值为 1),可以看出文中系统在噪声干扰功率大大增强,信道传播环境变得更糟的情况下仍然能进行正确的判决和接收。其抗噪声能力与普通接收机^[11-12]相比,有了大幅度的提高。

输出波形图

曲线

图 5 信道输出波形图

4 结束语

文中以 2FSK 调制信号为例,在现有的 LabVIEW

仿真软件的虚拟实验平台基础上,对数字随相信号最佳接收机系统进行了仿真设计,实验结果充分证明了用 LabVIEW 实现随相信号最佳接收机系统虚拟仿真实验教学的可实现性,达到了提高虚拟仿真教学能力,拓展实践领域,丰富教学内容,降低成本和风险,开展绿色实验教学的目的。

参考文献:

- [1] 王家顺,邹红霞,高永明. 基于 LabVIEW 的空间机器人通信协议集成研究[J]. 计算机技术与发展,2012,22(3):157-160.
- [2] 张 燕,周西峰,郭前岗. 基于 LabVIEW 的超声信号小波阈值去噪方法[J]. 计算机技术与发展,2012,22(3):125-128.
- [3] 许国威,马胜前,危淑平. 基于 LabVIEW 与 MATLAB 的自适应滤波器设计研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(1):226-229.
- [4] 张 琪,侯加林,闫银发,等. 基于虚拟仪器的电路板故障检测与诊断系统的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(2):135-140.
- [5] 田 浩,段丽君. 基于 LabVIEW 的多功能数字滤波器设计[J]. 电子测量技术,2011,34(3):66-70.
- [6] 黄豪彩,杨灿军,陈道华,等. 基于 LabVIEW 的深海气密采水器测控系统[J]. 仪器仪表学报,2011,32(1):40-45.
- [7] 戴成梅,戴成建. 基于 LABVIEW 网络虚拟数字电路实验平台的研制[J]. 国外电子测量技术,2011,30(9):67-71.
- [8] 刘龙启,李 银. 基于 LabVIEW 的以太网数据监听与通信[J]. 国外电子测量技术,2012,31(7):62-65.
- [9] 李 环,任 波. 虚拟仪器通信原理教学平台的设计与开发[J]. 现代教育技术,2009(6):107-110.
- [10] 刘君华. 虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 教程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [11] 张国华,王如松. 虚拟仪器技术对改革实验教学的作用[J]. 四川职业技术学院学报,2006,16(2):104-105.
- [12] 朱 勇,刘庆玲,陈叙超. 通信原理实验的虚拟网络教学研究[J]. 实验室研究与探索,2005,24(3):49-51.

(上接第 238 页)

- 职业技术学院学报,2008,20(3):30-31.
- [9] 蒿建华. 灰色模型在人口预测中的应用[J]. 西安文理学院学报(社会科学版),2008,11(3):42-44.
- [10] 张晓伦. 灰色理论在软土路基沉降分析中的应用[J]. 路基工程,2008(1):40-41.
- [11] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 第 3 版. 北京:科学出版社,2005.

- [12] 梁东英. 基于灰色模型的不同开采强度矿井瓦斯涌出量的预测[J]. 能源技术与管理,2005(3):8-9.
- [13] 王学萌,张继忠,王 荣. 灰色系统分析及实用计算程序[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2001.
- [14] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB 7 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [15] 汪同三. 组合预测-理论、方法及应用[M]. 北京:北京科学文献出版社,2008.

基于LabVIEW的随相信号最佳接收机教学仿真设计

作者: [刘严](#), [韩建群](#), [LIU Yan](#), [HAN Jian-qun](#)
作者单位: [渤海大学 工学院, 辽宁 锦州, 121000](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201406060.aspx