

跳频扩频系统的 Matlab 模拟仿真实现

王向鸿, 赵海涛, 关晓东

(95588 部队, 陕西 西安 710306)

摘要: 跳频扩频技术采用特定的扩频函数及载波跳变来实现频谱展宽, 具有很强的抗干扰性, 并具有信息隐蔽、多址保密通信的特点; PSK 调制方式由基带脉冲控制载波相位。在 Matlab/Simulink 下建立了采用 BPSK 方式的跳频扩频 (FH-SS) 通信系统模拟模型, 并编程仿真实现该系统, 对跳频扩频通信的实现有重要意义。

关键词: 跳频扩频; BPSK; Matlab; Simulink

中图分类号: TN914-34

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2010)19-0074-02

Implementation of Matlab Simulation for Frequency-hopping Spread Spectrum System

WANG Xiang-hong, ZHAO Hai-tao, GUAN Xiao-dong

(Unit 95588 of PLA, Xi'an 710306, China)

Abstract: The frequency-hopping spread spectrum technology has stronger anti-jamming ability, and the features of information hiding and multipath interference communication through the given spread-spectrum function and hopped-frequency. The PSK modulation mode and carrier phase are controlled by base-band pulse. The model of frequency-hopping spread spectrum communication system with BPSK mode is set up with Matlab/Simulink. Finally this system is simulated with Matlab. It is very important for the communication system to realize the frequency-hopping spread spectrum communication.

Keywords: frequency-hopping spread spectrum; BPSK; Matlab; Simulink

跳频扩频 (Frequency-Hopping Spread Spectrum, FHSS) 通信系统抗干扰性能优异, 具有抗多径衰落、低截获概率、码分多址能力、距离分辨率高和精确定时等优点, 应用范围越来越广泛。扩展频谱通信系统^[1]按工作方式分为直接序列扩展频谱系统、跳频扩频系统、跳时扩频系统和混合方式, 跳频扩频系统应用较为广泛。本文重点研究了采用 Matlab/Simulink 建立 BPSK 方式的 FHSS 通信系统模型的方法, 并且编程实现该系统。

1 跳频扩频与 PSK

1.1 跳频扩频技术

扩展频谱通信系统^[2-3]是指待传输信息的频谱用某个特定的扩频函数扩展后成为宽频带信号, 送入信道中传输, 再利用相应手段将其压缩, 从而获得传输信息的通信系统。扩频技术是利用同域传输数据(信息)无关的码对被传输信号扩展频谱, 使之占有远远超过被传信息所必需的最小带宽。扩频函数常用的是伪随机序列。扩频信号是不可预测的伪随机的宽带信号, 其带宽远大于欲传输数据(信息)带宽, 发射端展宽频带是用独

立于所传数据的码来实现; 在接收机中必须有与宽带载波同步的副本, 利用同步的相同码解扩以恢复所传数据。

跳频是一种利用载波跳变来实现频谱展宽的扩频技术。在跳频系统中, 调制载波频率受伪随机码的控制, 不断地以伪随机规律跳变, 以躲避点频干扰和窄带干扰。其方法是把一个宽频段分成若干个频率间隔(称为频道/频隙), 由一个伪随机序列控制发射机在某一特定的驻留时间所发送信号的载波频率。在接收端, 本地恢复载波也受伪随机码的控制, 并保持与发送的跳频变化规律一致, 这样, 以频率跳变的本地恢复载波对接收信号经过变频(相乘)以后, 就能得到一个固定的中频信号即把原来的频率跳变解除, 这一过程称解跳, 然后对解扩信号再进行相应的解调即可恢复数据。

1.2 移相键控 (PSK)

移相键控 (PSK) 数字调制^[4-5]是受键控的载波相位按照基带脉冲而改变的一种数字调制方式。

在一个码元传输时隙 T 内, M 元数字相位调制的波形表示为:

$$\begin{aligned} S_m(t) &= g(t) \cos[2\pi f_c t + 2\pi m/M] \\ &= g(t) \cos(2\pi m/M) \cos(2\pi f_c t) - \\ &\quad g(t) \sin(2\pi m/M) \sin(2\pi f_c t) \\ &= \operatorname{Re}[g(t) e^{j2\pi m/M} e^{j2\pi f_c t}] \end{aligned}$$

式中: $g(t)$ 为基本脉冲波形, 对于常见的矩形脉冲, $g(t) = 1$; M 元数据符号映射到 M 个可能的相位 $\theta_m = 2\pi m/M$, $m = 0, 1, \dots, M-1$ 上, M -PSK 的等效基带信号是复信号 $g(t)e^{j2\pi m/M}$ 。

二进制移相键控(BPSK)系统抗噪声性能强、误码性能好、频谱特性好、抗衰落性能强及信道频带利用率等方面较优越, 广泛应用于数字通信系统。

2 仿真模型

Matlab 是一种功能强大的数据分析和工程计算语言^[4,6], Simulink 是其中一个可视化方框图系统建模和仿真平台, 将强大的数值计算能力和丰富的数据可视化能力、友好的图形用户界面融合为一体, 适合于科学计算、系统仿真, 系统建模直观, 更加贴近系统工程设计的思维模式。

在 Matlab/Simulink 中建立跳频扩频系统模型如图 1 所示。在发射端, 二进制信源数据采用 Bernoulli Binary Generator 产生, PN Sequence Generator 产生 PN 序列, 采用 BPSK Modulator Baseband 完成二进制移相键控(BPSK)数字调制; 在接收端, 采用 BPSK Demodulator Baseband 完成二进制移相键控(BPSK)数字解调。

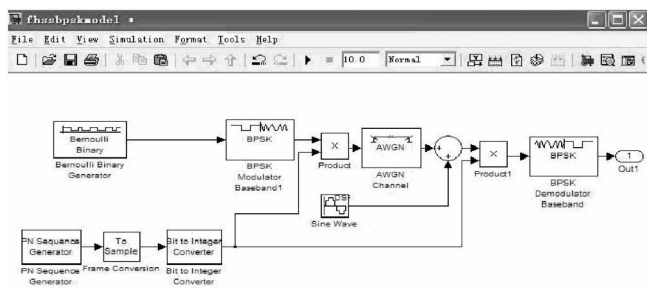


图 1 BPSK-FHSS 跳频扩频系统模型

3 仿真实现

Matlab^[4,7] 包括许多标准函数, 其信号处理工具箱可以解决通信中信号变换、调制解调、滤波、频谱估计、线性系统分析等多项功能, 并且能够通过图形用户界面显示结果。

利用 Matlab 通过 M 函数的编写, 可以进行编程仿真, 得出跳频扩频系统相应的信号波形。

图 2 所示为 BPSK-FHSS 跳频扩频系统发射端波形, 包括 Original Bit Sequence, BPSK Modulated Signal, Spread Signal (包括 6 个频率), Frequency-Hopped Spread Spectrum Signal 四个信号波形。

图 3 为 BPSK-FHSS 跳频扩频系统接收端波形, 包括 Lifting of Spread Spectrum Signal(解扩波形)及 Out

of Multiplication Signal(解调器中相乘器的输出波形)。

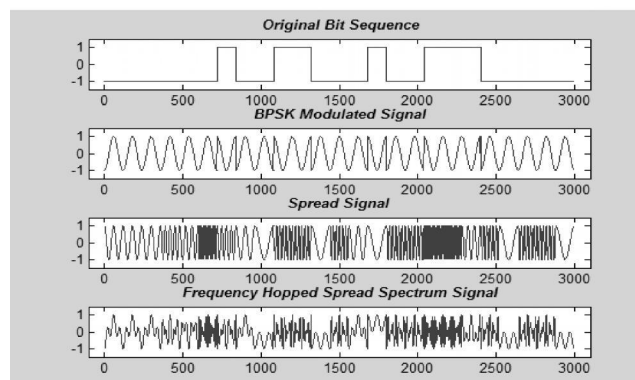


图 2 BPSK-FHSS 系统发射端波形

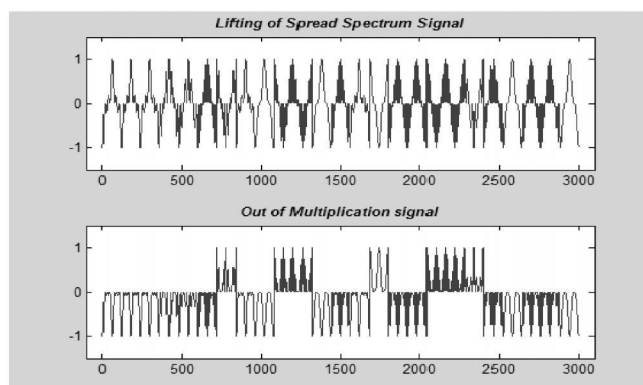


图 3 BPSK-FHSS 系统接收端波形

4 结 语

从整个系统的建模与仿真过程可知, 采用 Bernoulli Binary Generator, PN Sequence Generator, BPSK Modulator Baseband 及 BPSK Demodulator Baseband 数个主要模块, 分别通过 BPSK 调制、扩频、跳频完成发射, 加入高斯信道, 通过解扩、BPSK 解调完成接收。该仿真过程对系统的实现具有指导意义, 在具体设计扩展频谱系统^[8-10]中, 接收端产生的解扩用的伪随机序列必须同发送端的伪随机序列同步, 才能正确恢复信码, 保证系统的同步性和强抗干扰特性。

参 考 文 献

- [1] 李正周. Matlab 信号处理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [2] 胡广书. 数字信号处理: 理论、算法与实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] 曾兴雯, 刘乃安, 孙献璞. 扩展频谱及其多址技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [4] 邵玉斌. Matlab/Simulink 通信系统建模与仿真实例分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.

(下转第 80 页)

值之差不变为止。

然后将 MODBAP 与 RA 进行对比,图 7(d)~(f) 为 MODBAP 的实验结果,图 7(g)~(i) 为自适应阈值 RA 的实验结果。通过实验对比发现:MODBAP 能更加完整的检测出运动目标,且对光照的敏感性低于自适应阈值 RA;MODBAP 对输入阈值参数不敏感,阈值取值在合理范围内时,对实验结果没有明显影响;MODBAP 不需要构造精细的背景模型,采用 $\text{clock}()$ 函数的 100 帧均值测试 CPU 执行时间,可以发现 MODBAP 对每帧图像的平均处理时间为 0.023 s,可以有效解决简单场景的实时运动目标检测问题。

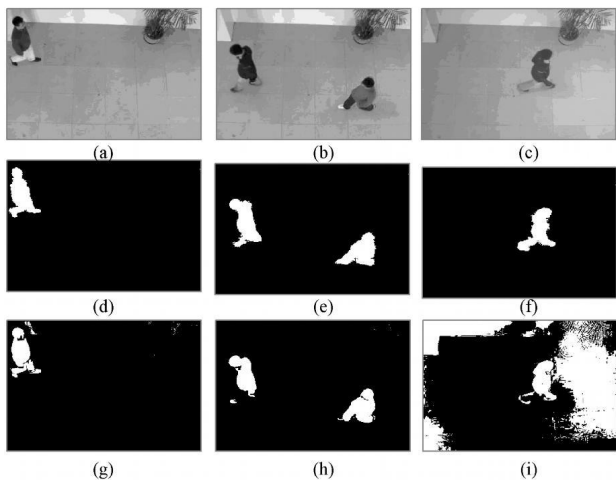


图 7 MODBAP 与自适应阈值 RA 的实验结果与对比

3 结 语

在固定摄像机视频监控系统简单场景的运动目标检测中,本文使用一种 MODBAP 方法,改善了传统运动目标检测技术的不足,提高了目标检测准确性和光照低敏感性,并且满足视频序列实时性,保证了监控系统后续处理能有充裕的时间。该方法准确、稳定、快速,在诸多固定摄像机视频监控系统具有很高的实用价值。

作者简介:冷 祥 男,1981 年出生,四川成都人,硕士,助教。主要研究方向为图像处理与模式识别。

高广珠 男,1959 年出生,江西九江人,硕士,副教授。主要研究方向为图像处理与模式识别。

何智勇 男,1955 年出生,湖南江华人,副教授。主要研究方向为视频信号处理。

参 考 文 献

- [1] LIPTON A, FUJIYOSHI H, PATIL R. Moving target classification and tracking from real-time Video[C]// Proceedings of IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. USA: Princeton, NJ, 1998: 8-14.
- [2] 艾海舟,吕凤军. 面向视觉监视的变化检测与分割[J]. 计算机工程与应用, 2000, 37(5): 75-77.
- [3] CUCCHIARA R, PICCARDI M, PRATI A. Detecting moving objects, ghosts and shadows in video streams[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(10): 1337-1342.
- [4] STAUFFER C, GRIMSON W E L. Learning patterns of activity using real-time tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 747-757.
- [5] STAUFFER C, GRIMSON W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking[C]// Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Colorado, USA: Fort Collins, 1999. 2: 246-252.
- [6] SUN Yun-da, LI Ming, WU Wei, et al. Background model initialization in moving object detection with shadow elimination[C]// Proceedings of the 7th International Conference on Signal Processing. China: Beijing Jiaotong University, china, 2004, 2: 1288-1291.
- [7] ZORAN Zivkovic. Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction[C]// Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition. Netherlands: Amsterdam University, 2004. 2: 23-26.
- [8] 魏志强,纪筱鹏,冯业伟. 基于自适应背景图像更新的运动目标检测方法[J]. 电子学报, 2005, 33(12): 2261-2264.
- [9] CANNY J. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6): 679-698.
- [10] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing [M]. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- [5] 樊昌信,张甫羽,徐炳祥. 通信原理[M]. 北京:国防工业出版社, 2004.
- [6] 陈杰. Matlab 宝典[M]. 北京:电子工业出版社, 2008.
- [7] 余莉,杨景曙,竺小松,等. 跳频信号的仿真模拟[J]. 电讯技术, 2001, 41(4): 70-74.
- [8] 苑雪,曾兴雯,申振宁. 跳频同步信号的干扰研究[J]. 西安电子科技大学学报, 2004, 31(6): 896-899.
- [9] 王红霞,滕振宇,潘成胜. 跳频同步信号的干扰仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(21): 5736-5739.
- [10] 胡修林,胡晓娇. 跳频通信系统抗干扰性能仿真研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(2): 39-41.

作者简介:王向鸿 男,1969 年出生,副教授,硕士。主要研究方向为信息处理。