

# 基于 MATLAB 的跳频扩频调制系统的实现

刘艳华

(盐城工学院 信息工程学院, 盐城 224051)

**摘 要:** 基于 MATLAB 平台研究跳频扩频调制器的实现, 给出了跳频扩频调制的原理, 利用 simulink 模块实现跳频扩频调制。选择 15 位的扩频码进行扩频, 跳频图案也采用 15 位的 m 序列产生。经过仿真, 观察仿真结果, 该模型能够实现跳频扩频调制, 跳频频点数 15 个, 跳频速率为 0.04s/跳。

**关键词:** 跳频; 扩频; m 序列; 跳频图案

**中图分类号:** TN914.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-6970.2015.09.025

**本文著录格式:** 刘艳华. 基于 MATLAB 的跳频扩频调制系统的实现[J]. 软件, 2015, 36 (9) : 101-103

## Realization of System of Frequency Hopping Spread Spectrum Modulation Based on MATLAB

LIU Yan-hua

(School of Information Engineering, Yancheng Institution of technology, Yancheng 224051, China)

**【Abstract】:** This paper studies the realization of the frequency hopping spread spectrum modulator based on MATLAB platform and provides the principle of frequency hopping spread spectrum modulation. Then the simulink module is used to realize the frequency hopping spread spectrum modulation. The length of spread spectrum code in spread spectrum is 15 and frequency hopping pattern is also obtained by m sequence with length of 15. Through the simulation, the author observes the simulation results. This model can realize frequency hopping spread spectrum modulation. Jump points are 15 and frequency hopping rate is 0.04 s per jump.

**【Key words】:** Frequency hopping; Spread spectrum; M sequence; Frequency hopping pattern

## 0 引言

跳频扩频是无线通信最常用的扩频方式之一。跳频通信系统的收发设备传输无线信号的载波频率按照预定规律或者算法进行离散变化, 也就是无线通信中选用的载波频率随伪随机码的控制而随机跳变。“跳频技术”是一种用伪随机码序列进行多频频移键控的一种通信方式, 是码控载波频率跳变的一种通信系统。其中跳频频率控制器是核心部件, 它具有产生跳频图案、同步和自适应控制等功能, 频率合成器在跳频控制器的控制下合成所需要的载波频率, 数据终端还需要对接收数据进行差错控制。

跳频通信系统的特点是载波频率在伪随机码的控制下不断地随机跳变, 它可以看作是载波频率按一定规律变化的多频频移键控 (MFSK) [1]。跳频系统的伪码是用来选择信道, 并不直接传输。与一般通信系统相比, 跳频通信系统的信道随伪码作随机变化, 跟踪其频点十分困难, 跳频通信是通信抗干

扰领域应用最广的一种通信方式[2-8]。在军事上, 主要用于干扰和抗干扰的斗争, 其频谱非常宽, 跳频通信比较隐蔽也难以被截获, 对方不清楚载频跳变的规律, 所以敌人很难追踪信号实施干扰。即使有部分频点被干扰, 仍能在其他未被干扰的频点上进行正常的通信。在民用上, 跳频技术在移动电话、蓝牙设备、婴儿监视器等方面也有广泛应用。

本文结合 QPSK 调制和跳频技术, 首先研究了跳频调制的原理, 然后借助 MATLAB/simulink 平台设计了跳频扩频调制器, 观察并分析仿真结果。

## 1 跳频调制原理

跳频通信是一种数字化通信, 是扩频通信的一种。在这种通信方式中, 信号传输所使用的射频带宽是原基带信号带宽的几十倍、几百倍甚至几千倍。但仅就某一个瞬间来说, 它只工作在某一个频率上。跳频扩频就是用扩频的伪随机码序列对近代信号进

行移频键控(FSK)调制,使载波的频率高速地跳变。根据跳变的快慢还分为快跳频和慢跳频两类。跳频系统的跳变频率有很多,多达几十个甚至上千个。待传送的信息和这些扩频码的组合实现选择控制,在传送过程中不断跳变。在接收端,由同步系统控制本地发生器产生与发送端完全相同的扩频码进行解扩,然后进行解调正确地恢复原有的信息。

跳频系统占用了比基带信息带宽要宽得多的频带。目前,跳频通信系统由于其保密性好抗干扰性强等优点主要应用在军事领域<sup>[4-5]</sup>,跳频系统的组成原理框图如图 1 所示<sup>[1]</sup>。

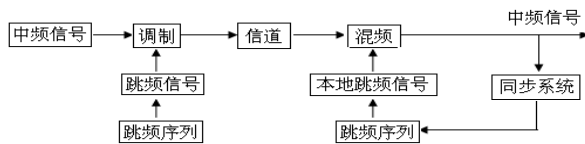


图 1 跳频系统组成框图

图 1 中,首先,信源信息经过基带调制得到一个中频信号。由一个伪随机码序列去控制产生频率随机变化的跳频信号,然后用该跳频信号对中频信号进行频率调制,得到频率随机变化的射频信号,发送到信道中。接收端要经过跳频同步系统产生本地跳频信号,本地跳频信号的变化与接收到的跳频信号变化一致,用本地跳频信号进行混频恢复出中频信号。

假设基带信息为  $d(t)$ ,它为双极性数字信号,可表示为

$$d(t) = \sum_{n=0}^{\infty} d_n g_d(t - nT_d)$$

式中,  $d_n$  为信息码,取值为 +1 或 -1,  $T_d$  为信息码元宽度,  $g_d(t)$  为矩形脉冲波形函数,在  $0 \leq t \leq T_d$  时间内为 1,其余时间为 0。

采用 PSK 调制方式,和频率为  $\omega_c$  的载波调制后的信号可表示为

$$s(t) = d(t) \cos(\omega_c t)$$

由伪随机码控制的频率合成器产生的跳变频率为  $f_i$ ,可表示为

$$f_i \in \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$$

其中  $f_i$  在  $iT_d \leq t \leq (i+1)T_d$  内的取值为频率集中的任一频率。它由伪码控制产生,  $T_d$  为每一个频率的持续时间,或者称为驻留时间。频率合成器生成不同频率的载波与  $s(t)$  相混频,就得到了最终的跳频发射信号。

$$s(t) = Ad(t) \cos[(\omega_c + f_i)t]$$

跳频系统频率的变化规律称为跳频图案,跳频图案在不同时刻有不同的频率选择,它表明什么时间用什么频率进行通信。跳频图案的好坏直接影响跳频通信系统的性能,包括跳频带宽、信道间隔、跳频频率的频点数、跳频速率、跳频周期等。

## 2 扩频跳频调制器的实现

根据上一节介绍的跳频原理,结合扩频原理,在 MATLAB/simulink 上搭建跳频扩频调制的仿真模型。跳频和扩频所用到的伪随机序列都采用 m 序列,采用先扩频后跳频,仿真模型分为扩频部分和跳频部分,下面分别进行介绍。

### 2.1 扩频模块模型

扩频模块部分采用 QPSK 扩频,内部结构如图 2 所示。

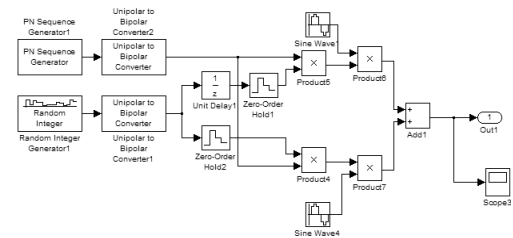


图 2 QPSK 扩频模块模型

图 2 中,信源信号由随机整数产生器 Random Integer Generator1 产生,经过 Unipolar to Bipolar1 模块进行单双极性变换转换成双极性信号,然后转换成相互正交的两路信号,再分别与随机码序列相乘进行扩频,扩频码由随机码序列产生器 PN Sequence Generator 模块产生,然后与相互正交的两路载波信号相乘再相加完成扩频与基带调制,得到一个中频 QPSK 信号。

### 2.2 跳频模块模型

跳频模块模型如图 3 所示。

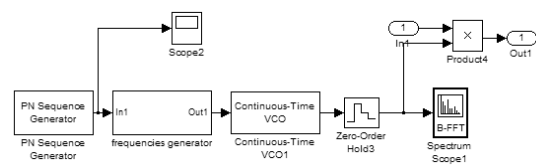


图 3 跳频模块

跳频模块部分重点是跳频图案的产生,图 3 中用 PN 码产生器生成的 m 序列控制压控振荡器来产生跳频图案。仿真中,用来产生跳频图案的 m 序列长度为 15,采样时间为 0.01s,每 4 位伪随机码转换成十进制数作为 VCO 的输入,控制 VCO 产生不断变化的跳频频率,VCO 的静态频率设为 3000Hz,输入灵敏度设为 1000Hz/V。图 2 的输出作为图 3 的输入就得到的跳频扩频调制的结果。

## 3 仿真结果分析

运行仿真模块,可以得到 15 位的 m 序列码为: 011110001001101,经过分析可以得到频点数为 15 个,顺序依次为 10K、11K、12K、13K、18K、4K、6K、8K、17K、5K、9K、14K、15K、7K、16K。

运行仿真模块,观察控制 VCO 的输入电压信号,得到控制信号数值依次为 7、8、9、10、15、1、3、5、14、2、6、11、12、4、13、7、8、9、10……,结合设置的 VCO 的静态频率为 3000Hz,输入灵敏度为 1000Hz/V,计算 VCO 的输出频率依次为 10K、11K、12K、13K、18K、4K、6K、8K、17K、5K、9K、14K、15K、7K、16K……与分析结果一致。

跳频扩频调制后的信号频谱如图所示 4 所示。

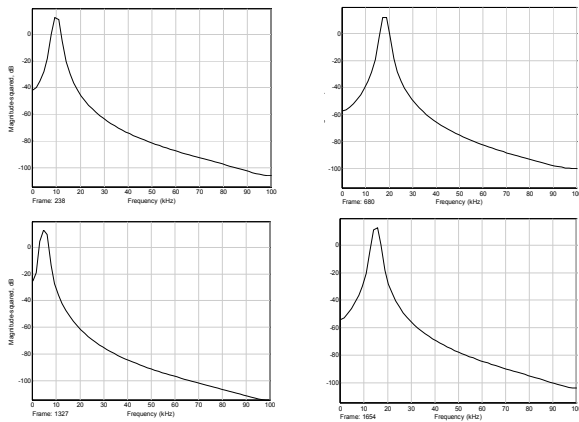


图 4 调制后信号频谱

跳频扩频调制后,信号的中心频率在以上分析得到的 15 个频率点随机跳变,图 4 中只截取了四个频率点的频谱图。由于扩频的作用,从频谱图上可以看出,信号的带宽被展宽了,展宽的倍数取决于扩频码的长度。

## 4 结束语

文中研究了跳频扩频调制的原理,给出了扩频

跳频调制器的仿真模型,及模块的参数选取。经过分析,跳频扩频调制器在展宽了信号频谱的同时,使已调信号中心频率随机变化,中心频率跳变规律取决于调频图案的设计,仿真模型是能够正常工作的,产生的频点数与跳频速率与预期一致。在实际应用中选择合适的 PN 码长度以及合适的采样时间,就可以得到符合要求的跳频图案。增加 PN 码长度得到足够多的跳频频点,缩小采样时间得到足够高的跳频速率。

在接收端如何快速捕获到跳频图案是跳频系统的重点和难点,也是下一步的研究目标。

## 参考文献

- [1] 赵刚.扩频通信系统实用仿真技术[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [2] 姚富强.通信抗干扰工程与实践[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 魏鹏,李永超.基于 FPGA 的  $\pi/4$  DQPSK 跳频调制器的设计与实现[J].电讯技术,2012,52(2):190-193.
- [4] 杜传报,王欣,张鹏.基于 RS 码的跳频信号发生器的设计[J].计算机技术与发展 2012,01.
- [5] 梅文华等著.跳频通信[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [6] 李任增,文福安.通信原理虚拟实验仿真平台的设计和实现[J].软件,2013,34(6):1-4.
- [7] 余炳泽,陈伟,沈兵.转发式卫星导航通信系统的卫星通信链路计算[J].新型工业化,2011,1(3):46-54.
- [8] 曹永盛,吴亚楠,赵安臻,等.16QAM/ASK 正交调制光标记交换系统的设计与性能仿真[J].新型工业化,2014,4(2):45-50.

(上接第81页)

产生的庞大电信数据,为区域管理分析领域提供便利非常有必要。本系统利用大数据技术,将信令数据中的位置信息及其他相关信息进行利用,给出了比较完整的区域监控和搜索的设计方案,并进行了实现,证明了方案的可行性。下一步将对流量告警功能进行进一步的实现,增强系统的功能。

## 参考文献

- [1] 赵露名.基于位置视频监控系统前台展示交互的设计与实现[J].软件,2014,35(10):91-94.
- [2] 赵科.大数据时代的警务信息工作探讨[J].武警学院学报,2013,09:88-90.
- [3] 王西点.基于手机位置的实时交通信息采集技术[J].中国交通信息产业,2009,01:128-130.
- [4] 韩鲁峰,孟凡宁,丛中昌.基于 Cellid 定位的精度优化算法研究与实现[J].移动通信,2013,14:61-64.
- [5] 任旭.基于手机信令方式的实时交通数据生成方法研究[A].中国通信学会无线及移动通信委员会.2013 全国无线及移动通信学术大会论文集(下)[C].中国通信学会无线及移动通信委员会,2013:5.
- [6] 吴松,雒江涛,周云峰,林举厅,舒忠玲.基于移动网络信令数据的实时人流量统计方法[J].计算机应用研究,2014,03:776-779.
- [7] 王明.基于实时流技术的诈骗短信预警系统的设计与实现[J].软件,2015,36(1):32-37.
- [8] 赵振财.分布式环境下大规模图数据上距离查询研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [9] 沈泽,雒江涛,周云峰,林举厅,舒忠玲.基于移动网络信令的区域人群属性分析的研究与应用[J].计算机应用研究,2014,03:756-759.
- [10] 毛晓汶.基于手机信令技术的区域交通出行特征研究[D].重庆:重庆交通大学,2014.
- [11] 吴小帆.CIN-SCF 系统可视化信令跟踪工具的设计与实现[J].软件,2013,34(8):78-81.