目 录

第一章 绪 论 4
1.1 研究背景和意义 4
1.2 国内外研究现状 4
1.3 本文内容安排 5
第二章 跳频通信理论基础 6
2.1 跳频通信简介 6
2.1.1 跳频通信系统的概述 6
2.1.2 跳频技术的应用背景和发展趋势 6
2.2 跳频通信系统的结构组成 8
2.2.1 跳频系统的发送部分 8
2.2.2 跳频系统的接收部分 9
2.3 跳频的主要技术指标 10
2.4 跳频系统的关键技术 11
2.4.1 跳频合成器 11
2.4.2 跳频的调制方式 11
2.4.3 跳频系统的同步 11
2.5 跳频图案的要求 11
2.6 跳频信号的解跳和解调 12
2.7 本章小结 14
第三章 跳频通信系统仿真 15
3.1 MATLAB简 介 15
3.2 Simulink 仿真介绍 15
3.2.1 Simulink 基础知识简介 15
3.2.2 Simulink 的设计和开发 16
3.3 跳频系统仿真模型 17
3.3.12 FSK信号的调制仿真 17
3.3.22 FSK信号的解调仿真 19
3.3.3 跳频通信系统仿真模型的建立 21
3.3.4 S一函数的仿真流程 22
3.3.5 跳频通信系统的仿真框图 23
3.3.6 仿真模型中示波器的仿真结果显示 27
3.4 误码率分析 29
3.5 本章小结 30
第四章 总 结 31
参考文献： 32
致 谢 33

摘　要

在科技的日益发展中，扩展频谱通信是一种新型的通信方式。跳频通信是扩展频谱通信中的一种，跳频通信和自适应通信、扩展频谱通信以及高速数字数据通信系统被称为“90年代的通信技术。由于扩展频谱通信、跳频通信极强的抗干扰能力和多址通信性能，使其在军事和民用上都得到越来越广泛的应用。本文讲述了扩频通信的基本概念和跳频系统的主要特点。重点介绍了跳频技术的基本原理以及实现方法。在阐述跳频通信基本原理和实现方法的基础上，利用 Matlab 提供的可视化工具 Simulink 建立了跳频通信系统仿真模型，详细讲述了各模块的设计。在给定仿真条件下，对该跳频通信系统在宽带噪声干扰工作机制下进行了仿真，得到了宽带噪声干扰下的误码率信噪比曲线。结果表明，跳频通信系统的抗干扰能力优于传统的定频通信，在战术通信中有更高的可靠性。

【关键词】:扩展频谱通信　跳频通信　抗干扰　误码率　信噪比

ABSTRACT

In the development of science and technology,the spread spectrum communication is a kind of new way to communicate.Frequency hopping communication is spread spectrum communication of frequency hopping communication and adaptive communication, spread spectrum communication and high speed digital data communication system known as "90's communications technology".Due to the spread spectrum communication,frequency hopping communication strong anti-interference ability and multi-access communication performance,so that in the military and civilian up to get more and more widely.This paper introduced the spread spectrum communication of the basic concepts and frequency hopping system main characteristics. Frequency hopping communication technology has the very strong anti-jamming ability,so the frequency hopping communication has also spread spectrum communication technology in the study of a key.In this paper the frequency hopping communication basic principle and method, and on the basis of the use of Matlab provide visual tools Simulink established the frequency hopping communication system simulation model,the detailed design of each module in tells the story.In a given simulation conditions,the frequency hopping communication system in broadband noise under the working mechanism is simulated,and get the broadband noise ber under Signal to noise rate curve.The results show that the frequency hopping communication system of anti-interference ability is better than that of traditional fixed frequency communication in communications have higher tactics reliability.

【**Keywords** 】:spread spectrum communication;Frequency hopping communication; Anti-interference;The bit error rate;Signal to noise rate

第一章　绪 论

1.1　研究背景和意义

跳频通信是现代通信技术的热点技术之一。跳频通信最初用于军事抗干扰通信，后来又在移动通信中得到广泛的应用。跳频通信信息传输系统，有利于提高系统的抗干扰性能，改善性噪比。跳频通信方式主要有：直接序列扩频，跳频扩频，线性调频。本文主要研究跳频通信系统，跳频通信系统就是用伪随机码序列构成跳频指令来控制频率合成器，在多个频率中进行有选择的频移键控。

MATLAB的Simulink动态仿真环境很强大，具有方便、直观、灵活的优点[1]。MATLAB集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体，构成了一个方便的、界面友好的用户环境。在这个环境下，对所要求解的问题，用户只需简单地列出数学表达式，其结果便以人们十分熟悉的数值或图形方式显示出来[2]。本文根据跳频扩频通信的原理，利用MATLAB提供的可视化仿真工具Simulink建立跳频扩频通信系统的仿真模型，研究扩频通信的特性，为研究以扩频通信为基础的现代通信提供理论依据。

1.2　国内外研究现状

目前，跳频通信在民用通信中的应用，在GSM 数字蜂窝系统中，跳频技术可以提高抗衰落、抗干扰能力。跳频技术对于静态或慢速移动的移动台具有很好的抗衰落效果，而对于快速移动的移动台由于同一信道的两个连接的突发脉冲序列其位置差已足以使他们与瑞利变化不相关，因此跳频增益很小，这就是跳频所具有的频率分集。由于跳频是频率在不断的变化，频率的干扰是瞬时的，因此跳频具有干扰分集。蓝牙 (Bluetooth) 也采用跳频技术来抗工业干扰。GSM 系统基地台工作在935MHz-960MHz, 移动台工作在890MHz-915MHz, 信道分配采用TDMA方式，每载波分为8个时隙，采用跳频技术实现分集接收，跳频速率为271Hops/s。蓝牙工作在ISM频段(工业、科学、医疗频段，在2.4GHz到2.48GHz之间),跳频速率为1600Hops/s, 频带宽度为1MHz, 使用79个频率或者23个频率。

所以跳频通信因其秘密性和抗干扰性，国内外广泛应用于军事和民用领域，其工作方式一般以语音为主，也可传输数据。目前流行的蓝牙技术和无线局域网技术都有跳频技术的身影。随着跳频技术的不断发展，其应用也会越来越广泛。

1.3 本文内容安排

本文主要研究跳频通信系统的仿真，利用Matlab的Simulink仿真软件进行跳频通信系统的仿真。Simulink 仿真软件是我们大学期间主要学习过的软件，是一个对动态系统进行建模、仿真和对仿真结果进行分析的一个软件包，是在 MATLAB 中建立系统方框图和基于方框图的系统仿真环境。所以用此软件能更好的研究跳频通信系统。

首先是绪论，讲解本文的相关知识，对跳频通信有个简单认识以及内容安排。第二部主要讲解跳频通信系统的基础知识，对跳频通信系统有个基本的了解。第三部分介绍相关仿真软件和仿真的过程，包括仿真电路图，仿真调试方法，电路图分析。最后一部分是对本论文的一个总结。通过这四大部来研究，简单而清晰。

利用所学知识，并通过文献搜索与学习，结合Matlab的Simulink仿真软件。先建立仿真模型图，再建立仿真框图，最后进行仿真并且对跳频通信系统的抗干扰能力的分析。 按照这个基本技术路线一步一步进行下去，最后完成对跳频通信系统的仿真。

第二章　　跳频通信理论基础

2.1　跳频通信简介

2.1.1　跳频通信系统的概述

跳频通信，即扩展频谱通信与光纤通信、卫星通信，　一般被誉为进入信息时代的三大高技术通信传输方式，它是上世纪40年代发展起来的一种技术，用来为战争环境下的军队提供可靠安全的通信13]。20世纪50年代，美国麻省理工学院研究成功NO　MAC 系统，成为了扩频通信研究发展的开端。时至今日，随着民用、军用通信事业的发展，频带拥挤的矛盾日益突出。而信号处理技术、大规模集成电路和计算机技术的发展，推动了扩频通信理论、方法、技术等方面的研究发展和应用普及。

跳频通信主要有以下几种方式：直接序列扩频、跳频扩频和线性调频4]。

跳频就是用伪随机码序列构成跳频指令来控制频率合成器，可以看成载波频率不断变化的多频移频键控13]。跳频指令由所传递的信息码与伪随机序列模二相加构成，其发送频率由跳频指令随机选择。调制器将发送端的信息码序列与伪随机序列调制，频率的合成由不同的跳频图案控制。在接收端，接收到的信号与噪声经滤波后送至混频器。接收机本振信号的跳变规律与发送端相同，而且也是一频率跳变信号，接收机的中频为两个合成器产生的对应的频率的频差。要使收发双方的跳频与频率合成器产生的跳变频率同步，需要收发方的伪随机码同步。经混频后，得到一个不变的中频信号，将此中频信号进行解调，就可恢复出发送的信息。

2.1.2　跳频技术的应用背景和发展趋势

跳频通信主要用于战术无线电通信和民用移动通信，其工作方式一般以语音为主，也可传输数据。跳频通信具有良好的组网能力、低截获概率及抗干扰性，跳频技术提高了军事装备的抗截获和抗干扰能力，在军事领域得到了极大的发展，向通信对抗提出了严峻的挑战。开展跳频通信抗干扰技术的研究，寻求干扰跳频通信的方法，已成了当前通信对抗领域十分紧迫而困难的任务之一[5]。

随着跳频技术的不断发展，其应用也越来越广泛。在战术中，电台采用跳频技术可以提高通信抗干扰能力。早在70 年代，跳频系统的研究就开始了，现已开发的跳频的波段应用为：在 VHF　波段(30—300MHz)　的低端30—88MHz、UHF　波段(300MHz　以上)以及 HF 波段(1.5—30MHz)。跳频速率和数据数率，随着研究的不断深入，也越来越高，现在美国 Sanders　公

司的CHESS 高速短波跳频电台已经实现了5000跳/秒的跳频速率，最高数据数率可达到19200bps。此外， CHESS 跳频电台以 DSP 为基础，采用了差动跳频 (DFH) 技术，与一般的跳频电台有所不同。CHESS 跳频电台，通过现代数字处理技术，较好地解决了多径衰落、短波系统带宽有限、信号间相互干扰等问题。同时，它的瞬时信号对其信号的影响很小， 因为其带宽很窄。跳频电台可以实现更高跳速、更高数据速率，正是跳频通信系统的未来发展方向，新型的跳频电台也已逐渐应用软件无线电这个概念。当前的军事通信中，短波自适应跳频电台已经占有了很重要的一部分。短波信道有许多固有特点，与VHF/UHF 频段不同，例如，受天气变化、多径时延、幅度衰落等因素的影响，信道条件变化不可捉摸。但是短波通信的可靠性，随着各种新技术的出现，得到了技术上的保证，这些新技术中包括自适应跳频技术。它通过自动搜索无干扰或未被占用的跳频信道进行跳频，分析波段上的频率占用率，不仅降低了短波频谱大量占用的影响，也避免了自然干扰。它会根据需要有效的适应恶劣环境，自动地改变跳频序列。它在海湾战争中体现出了优越性，因此引起了各国的高度重视。

远近效应，在现有的 DS/CDMA 系统中是一个很大的问题。由于远近效应只发生在大功率信号的某个频率上，当载波频率跳变到另一个频率时则不受影响，因此远近效应在跳频系统中并不明显，这使得移动通信中易于应用和发展远近效应。在数字蜂窝移动通信系统中，如果链路间采用低互相关的跳频图案异步跳频，或者采用相互正交的跳频图案同步跳频，可以完全消除或基本消除链路间的干扰，对提高系统的容量具有重要意义。此外，跳频的频率分配具有很大的灵活性，是瞬时窄带系统，在现有频率资源比较缺乏的条件下，这一特性具有重要意义。

在组网技术中，跳频的多址性能具有很重要的意义。加拿大Laval 大学，提出了将快跳频技术应用到光纤网络中。该系统将传统跳频系统中的频率合成器用 Bragg 光栅替代，跳速达到10G 数量级。系统在比特误码率为10^{9}，30个用户的条件下，数据速率为500Mb/s。在具有相同数量的用户使用时，FFH/CDMA 系统的比特误码率明显优于 DS/CDMA 系统，与采用非相干DS/CDMA 技术的光纤网络相比1[6]。

此外，跳频技术在 GSM、室内无线通信、无线局域网、水下通信、卫星通信、微波、雷达等多个领域也得到了十分广泛的应用[7]。

跳频系统本身也存在着一些局限和缺点，如跟踪式干扰能力有限，信号隐蔽性差，以及抗多频干扰性能不够等，而另一种扩频方式直接序列扩频却有较好的抗多频干扰的能力和隐蔽性。这两种扩频技术结合起来，就构

成了直接序列/跳频扩展频谱技术。这种技术在直接序列扩展频谱系统的基础上，又具有载波频率跳变的功能。直扩系统所用的伪随机序列和跳频系统，在时间上是相互关联的，使用同一个时钟进行时序控制，因为它们用的伪随机跳频图案由同一个伪随机码发生器生成。意大利 Telettra 公司的 Hydra V 电台是采用了直接序列/跳频混合扩频技术的第一代战术电台，采用了直接序列扩频 DBPSK 调制方式，提高了电台的抗干扰性能，比单独采用跳频技术多获得9dB 的处理增益[8]。

此外，跳频是瞬时窄带系统，其频率分配具有很大的灵活性，在现有频率资源十分拥挤的条件下，研究跳频通信技术具有重要意义。

2.2 跳频通信系统的结构组成

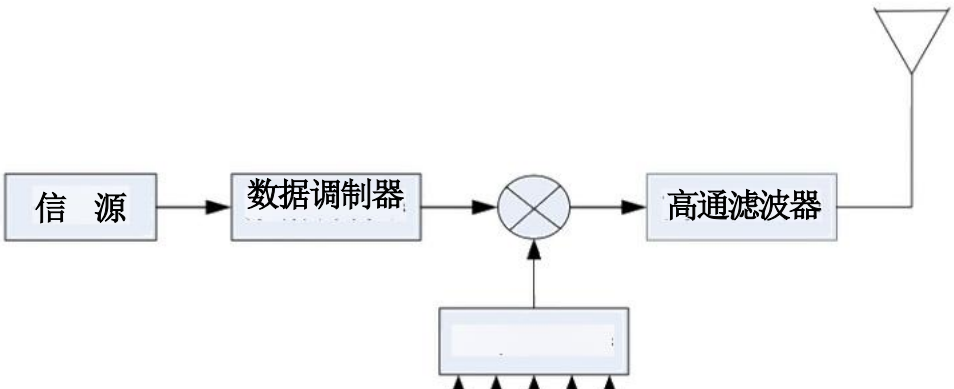
跳频通信系统主要由发送端和接收端两部分组成19]。

在发送端，用信源产生的信息流去调制频率合成器产生的载频，得到射频信号，频率合成器产生的载频受伪随机码的控制，按一定规律跳变。

在接收端，接收端接收到的信号经高通滤波后送至混频器，在混频器与本振信号相乘并经中频带通滤波后，得到一个不变的中频信号，经中频放大器放大后，送到信息解调器恢复出原信息信号。

2.2.1 跳频系统的发送部分

发送端包括：信源、数据调制器、频率合成器、跳频序列发生器、高通滤波器、以及发送端天线等[101。其原理框图如图2-1所示：



频率合成器

跳频序列发生器

图2-1　跳频通信系统发送端原理框图

信源输出的是双极性二进制码，用频率合成器合成载波信号。跳频系统通过伪随机地改变发送载波频率，用跳变的频率来调制基带信号，得到载波频率不断变化的射频信号，然后发送到信道中。

在传统的定频通信系统中，载波频率是固定的，因为发射机中的主振荡器的振荡频率是固定设置的。 一般要求主振荡器的频率应能遵照控制指令而改变，这样是为了得到载波频率是跳变的跳频信号。这种产生跳频信号的装置叫跳频器。通常，跳频系统的频率合成器输出什么频率的载波信号是受跳频指令控制的，跳频器是由频率合成器和跳频指令发生器构成的。在时钟的作用下，频率合成器不断地改变其输出载波的频率，跳频指令发生器不断地发出控制指令。因此混频器输出的已调波的载波频率，也将随着指令不断地跳变，从而经高通滤波器和天线发送出去，这就是跳频信号。跳频图案，就是跳频器输出的跳变的频率序列。跳频图案的产生取决于跳频指令。通常，跳频指令是利用伪随机发生器来产生的，或者由软件编程来产生此跳频指令。所以，跳频器是跳频系统的关键部件，更具体地说，是能产生伪随机性好的跳频指令发生器和频谱纯度好的快速切换的频率合成器。由跳频信号产生的过程可以看出，在原理上，不论是模拟的或数字的定频发送系统，只要加装上一个跳频器，就可变成一个跳频的发送系统。但是，信道机的通带宽度在实际系统中尚需考虑。

2.2.2 跳频系统的接收部分

接收端部分包括：高通滤波器、频率合成器、跳频序列发生器、带通滤波器、同步电路、数据解调器、信宿以及接收端天线等[1]。其原理框图如图2-2所示：

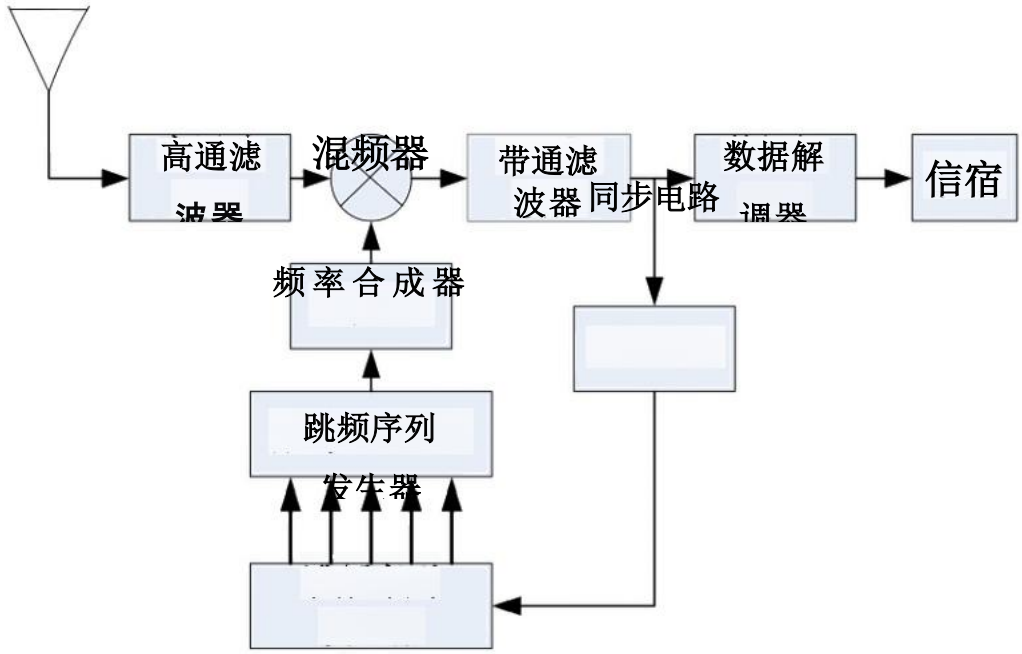


图2-2 跳频系统接收端原理框图

定频信号的接收设备中，接收方法一般都采用超外差式，即接收机本地振荡器的频率与所接收的外来信号的载波频率产生频差，即相差一个中频。经过混频后，混频产生组合波频率成分和一个固定的中频信号。中频带通滤波器的滤波作用，将滤除组合波频率成分，而使带通中频信号进入解调器。所要传送给收端的信息即为解调器的输出。

跳频信号的接收过程与定频相似。要求频率合成器的输出频率要比外来信号高出一个中频，是为了保证混频后获得带通中频信号。要求本地频率合成器输出的频率也随着外来信号的跳变规律而跳变，是因为外来的信号载波频率是跳变的，这样才能通过混频获得一个固定的带通中颇信号。跳频器产生的跳频图案应当与所要求的高出一个中频，并且收、发跳频要求完全同步。所以，为了确定其跳频的起、止时刻，接收机中的跳频器还需受同步指令的控制。可以看出，跳频系统的关键部件是跳频器，同时跳频系统的核心技术是跳频同步。

相关器中进入的接收信号，与本地信号相乘，再经过滤波器，得到的信号送入同步系统进行判决。同步系统将调整本地伪码系统，直到滤波器输出接收信号为止。如果系统未同步，则滤波器输出的是噪声信号。

2.3 跳频的主要技术指标

对于跳频通信系统的技术性能，应注意下列各项指标：

(1)跳频带宽

跳频带宽，即为跳频系统工作时的最高频率与最低频率之间所占的频率宽度。跳频带宽越宽，跳频的频率数目越多，跳频的速率越快，跳频码的周期越长，跳频系统的同步时间越短，跳频系统性能越好。跳频部分频带的抗干扰能力，受跳频带宽大小的影响。跳频带宽越宽，跳频系统抗宽带干扰能力越强。

(2)跳频频率数

跳频电台工作时跳变的载波频率点的数目，称为跳频频率数目。跳频的频率数目，取决于抗单频干扰及多频干扰的能力。跳变频率数目越多，抗疏状干扰、单频以及多频干扰的能力越强。

(3)跳频速率

跳频速率，是指跳频电台载波跳变的速率，通常用每秒钟频率跳变的次数来表示。抗跟踪式干扰的能力与它有关。跳频速率越高，抗跟踪式干扰的能力越强。

(4)跳频周期

跳频周期是指每一跳占据的时间。它等于跳频驻留时间和信道切换时间之和，与跳频速率成倒数关系。其周期长度决定跳频图案延续时间的长度，这个指标与抗截获的能力有关。

(5)跳频系统的同步时间

跳频系统的同步时间，是指系统使收发双方的跳频图案完全同步，并建立通信所需要的时间。同步建立时间越短越好、越隐蔽越好。

2.4 跳频系统的关键技术

2.4.1 跳频合成器

在跳频系统中，其核心部分是跳频控制器，简称跳频器，它的主要作用是产生受伪码控制的随机跳变的载波频率。对跳频控制器的主要要求有：

(1)要求输出信号的频谱要纯，输出频率有很好的稳定度和准确度；
(2)跳频图案要多，频率跳变的随机性要强；

(3)要求频率转换速度要快，输出频率数要多。

跳频控制器主要由频率合成器和伪码产生器组成。因此跳频器的关键是频率合成器。所谓频率合成器是以一个或少量的标准频率，导出多个或大量的输出频率。频率合成器通常可分为直接式频率合成器、间接式频率合成器及直接数字式频率合成器三类。

2.4.2 跳频的调制方式

跳频通信系统一般采用 FSK、ASK、PSK 等非相干解调的调制方式，尤其以2FSK方式最为常用，本文跳频通信系统采用2FSK 调制方式。

2.4.3 跳频系统的同步

跳频系统的同步是跳频通信能否建立的关键。

同步的含义是：跳变图案相同、跳变的频率序列(也称频率表)相同、跳变的起止时刻(也称相位)相同。因此为了实现收发双方的跳频同步，收端首先必须获得有关发端的跳频同步信息，包括采用什么样的跳频图案，使用何种频率序列，在什么时候从哪一个频率上开始起跳，并且还需要不断的校正收端本地时钟，使其和发端一致。

2.5 跳频图案的要求

载波频率跳变的规律叫做跳频图案，跳频图案是由跳频指令控制频率合成器所产生的频率序列，是跳频通信技术中的一个关键问题。对跳频图案的要求包括：

1、每个跳频图案跳变的频率在被传输的全部平带内；

2、周期很长，要求达到实际通信中图案不重复；

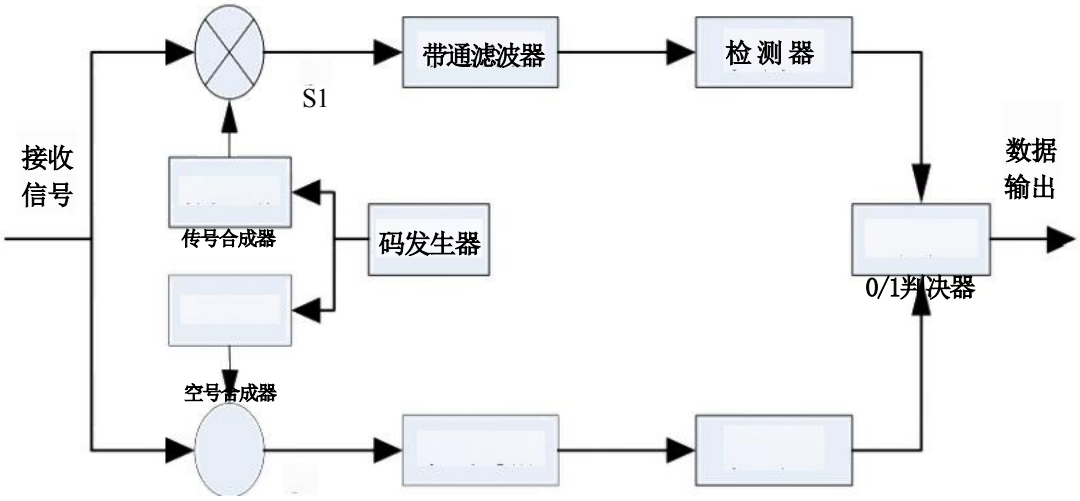
3、保密性高，为了实现多址通信要求，提高跳频系统的保密性能要求在给定的允许重合数下，构成跳频序列集合中的序列数目尽可能的多；

4、随机性好，因为由伪随机码控制频率合成器产生的频率，在所用的频率集中是随机出现的，而且出现得概率应该是均等的，否则在某些频率上出现概率明显大于其他频率，则在此频率上遭到的干扰机会就更多，对系统的影响就更大；

5、跳频序列集合中的任意跳频序列，在允许的延时和频率漂移条件下，各种跳频图案间可能重叠的频隙数最小。

2.6 跳频信号的解跳和解调

跳频信号的解跳。跳频系统的接收机，应对发射信号进行相应的反变换。首先，为了完成解跳功能，将每个接收到的跳频信号切普 (Chip) 变换到窄带滤波器的通带内。为了恢复发射端的原始信息流，需要再将已解跳的信号送到基带解调器。解跳乘法器及其后的带通滤波器，能否从接收信号中提取有用信号的能力，将影响跳频接收机的性能[2]。双通道“传号-空号”跳频接收机的原理框图如图2-3所示：



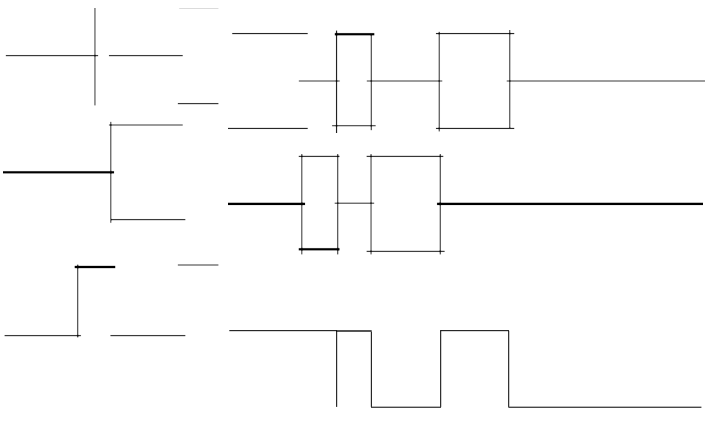


图2-3双通道传号/空号跳频接收机原理框图

S1

（传号）

S2

（空号）

数据输出

在二进制的FH 发射机里，数据的传输采用2FSK 时，是用发射某个频率(切普)表示“传号”,而发射另一个频率表示“空号”来实现的。对于每一个信息比特，无论只发一个切普，还是发多个切普(每个切普都一定是两个频率中的一个)，接收机应能判断两个频率中哪一个是有用信号。因此，接收机必须能够同时观测两个交替信道，或者先对一个取样，然后紧接着对另一个取样。

跳频信号的解调。在跳频系统中，多采用非相干的包络检测器。典型的非相干跳频解调器如图2-4所示：

这个解调器适用于每比特信息多个频率切普的接收机，其中切普判决是根据顺序而来的每一对切普进行的。这个解调器设计成适合于“1”和“0”频道的顺序取样。也就是说，本地频率合成器把发射“1”所对应的频率插到接收机的积

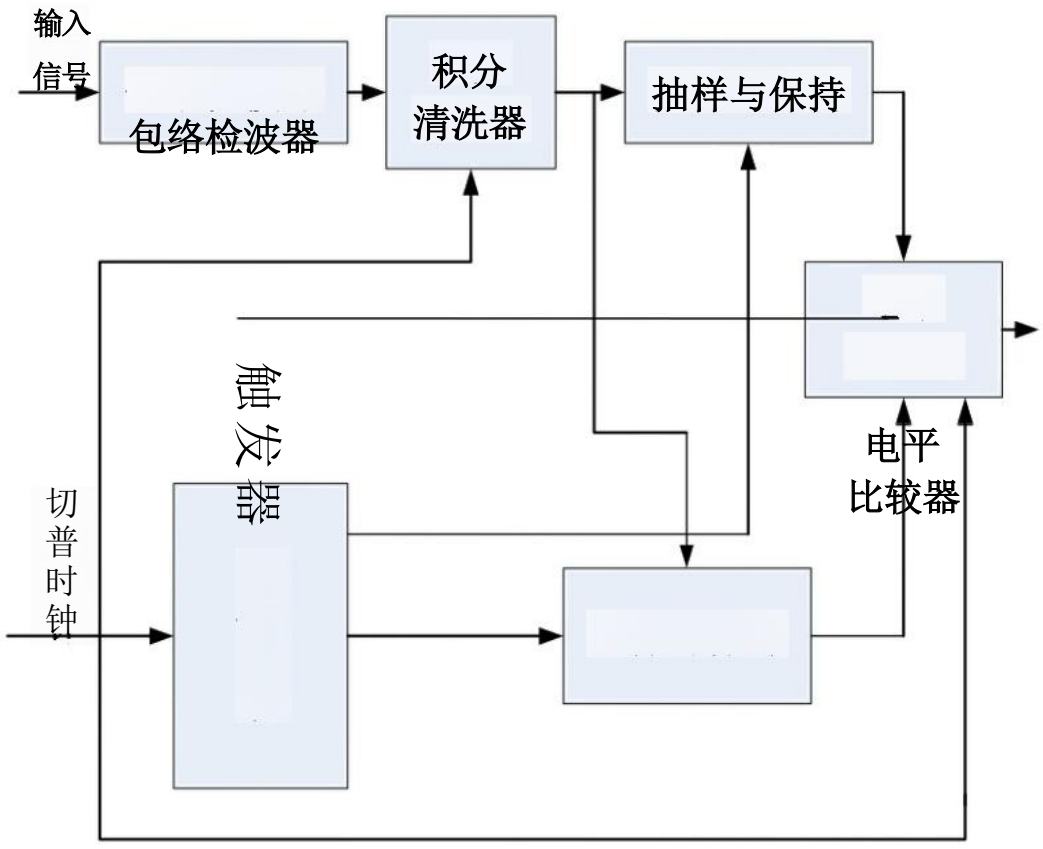


图2-4 非相干跳频解调器

分清洗电路判决器中，而后紧跟着是一个与发射“0”对应的频率。每次交替都占用半个切普周期取样。

2.7 本章小结

跳频通信系统简介出发，从它的发展历程和应用行业以及它的发展趋势出发，跳频通信因其抗干扰性，广泛应用于军事和民用领域。目前流行的蓝牙技术和无线局域网技术都有跳频技术的身影。跳频通信系统因其可以提高抗衰落和秘密性以及抗干扰性，随着跳频技术的不断发展，其应用也会越来越广泛。后面讲解到它的结构由发送部分和接收部分组成，跳频的主要技术指标有跳频带宽、跳频频率数、跳频速率、跳频周期、跳频系统的同步时间。跳频带宽越宽，跳频系统抗宽带干扰能力越强跳频速率与周期成反比。跳频系统中，其核心部分是跳频控制器，跳频控制器的关键是频率合成器。解跳和解调，通过跳频系统的接收机来进行讲解。

第 三 章　跳频通信系统仿真

3.1　MATLAB　简 介

MATLAB诞生于20世纪70年代，具有其他仿真软件所无可比拟的矩阵运算能力和系统仿真能力。MATLAB　可以实现算法、绘制函数和数据、创建用户界面、进行矩阵运算、连接其他编程语言的程序等，主要应用于控制设计、工程计算、图像处理、信号处理与通讯、金融建模设计与分析、信号检测等领域1。MATLAB的基本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似，故用MATLAB来解算问题要比用C,FORTRAN　等语言完成相同的事情简捷得多，并且MATLAB也吸收了像Maple等软件的优点，使MATLAB成为一个强大的数学软件[13]

MATLAB是英文MATrixLABoratory （矩阵实验室）的缩写.它是美国的MathWorks公司推出的用于数值计算和图形处理的数学计算环境[14]。该软件包括：矩阵计算、数值分析、建模和系统控制、数字信号处理等应用程序。　MATLAB语言简洁、紧凑、使用方便，有丰富的运算符号和库函数，还具有结构化的控制语句和面向对象编程的特点。

MATLAB的基本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似，故用MATLAB 来解算问题要比用C,FORTRAN　等语言完成相同的事情简捷得多，并且MathWorks 也吸收了像Maple 等软件的优点，使MATLAB成为一个强大的数学软件1151。

随着其版本的不断提高，各种工具箱的扩充和完善，MATLAB 的功能越来越强，从而被广泛应用于仿真技术、自动控制和数字信号处理等领域。

3.2　Simulink　仿 真 介 绍

3.2.1　Simulink 基础知识简介

Simulink 是MATLAB软件的应用，是一个对动态系统进行建模、仿真和对仿真结果进行分析的一个软件包，是在MATLAB中建立系统方框图和基于方框图的系统仿真环境。

Simulink将工程中通用的方框图设计方法与仿真系统建模统一起来，其采用的是基于时间流的链路级仿真方法。这种系统中，仿真结果可以实时的通过可视化模块，将输入输出数据显示出来，可以更加方便地对系统进行可视化建模，

使系统设计、模型检验和仿真调试工作更为方便。经过多年的应用，**MATHWORK** 公司开发出了很多工具箱，其中包括Simulink通信系统[16]。此系统目前已成为科

学研究和工程应用的软件工具包[151。

Simulink能够完成大部分系统的动态仿真，提供了大量的内置模块，用户只需要知道模块的参数配置、输入输出等少数外部接口即可，而不必去关心其内部实现方式[16]。这些模块都是图形化的。整个Simulink的建模过程都是在图形用户界面上完成的，这样可以使得用户把更多的精力投入到系统模型的构建，而非语言的编程上。Simulink 本身可以实现微分方程和差分方程的求解等复杂的数值计算问题，用户只需要根据问题类型及精度要求对求解器类型进行配置即可。通过对这些基本模块的调用，再将它们连接起来，就可以构成所需要的系统模型，从而进行系统仿真与分析。

3.2.2 Simulink 的设计和开发

Simulink 非常有利于建造和管理一个大型系统，其模型具有层级结构。Simulink 模块库中的非线性字库中含有一种专用的模块子系统模块，这样是为了便于实现分层设计，同时Simulink 还为子系统模块提供了封装(MASK) 功能[17]。

(1)子系统模块

动态模型包含许多环节时，可以把此系统按功能分块，其中每一块都可以建立一个子系统。在设计中使用子系统，可以减少窗口中的模块数，降低模型的复杂度，并易于对模型进行修改和扩充。具体地说，可以采用“自顶向下”的设计方式，也可以采用“自底向上”底设计方式。详细的设计步骤将在快跳频系统设计中介绍。

(2) 封装功能

Simulink 通过封装可以为子系统建立用户自定义的图标和对话框，具有封装功能是 Simulink 模块一个十分实用的特点，可以用简单的图标来代替子系统，从而在当前窗口中隐藏子系统的设计内容。此外，子系统中的每个模块都有一个对话框，因此仿真的时候，需要分别定义参数，这相对来说，比较麻烦。而封装功能，可以使仿真模型有一个更友好的界面，可以简化用户定义仿真参数的过程。

(3)用户自定义模块的设计

用户自定义 Simulink 模块的设计步骤为：

1、根据公式和算法编写核心部分的 S-函数。

2、通用S一函数模块处理 S—函数后，可以转化为用户自创建的模块。

3、根据要求的功能，可以构造用户子系统，其中包括 S一函数模块、输入端口、输出端口和一些其它的附加功能模块。

(4)利用Simulink 中的封装功能，将子系统封装起来，其生成用户自定义的图

标和封装对话框，将为整个子系统进行统一的设置。

这样，就完成了用户自定义的Simulink 模块，其中包含的子系统能完成所要求的功能。

3.3 跳频系统仿真模型

我们大学期间主要学过三种调制方式，分别是：2ASK（二进制数字调制法)、2PSK(二进制相移键控)、2FSK（二进制移频键控)。本文利用的是2FSK这种调制方式进行仿真。

3.3.1 2FSK 信号的调制仿真

(1)建立2FSK 信号调制模型。2FSK 信号时由频率分别为 fi 和 f_2 的两个载 波对信号源进行频率上的控制而形成的，其中 fi 和 f_2 是两个频率有明显差别的 且都远大于信号源频率的载波信号。2FSK 信号产生的 simulink 仿真模型图如图

3-1 所示。

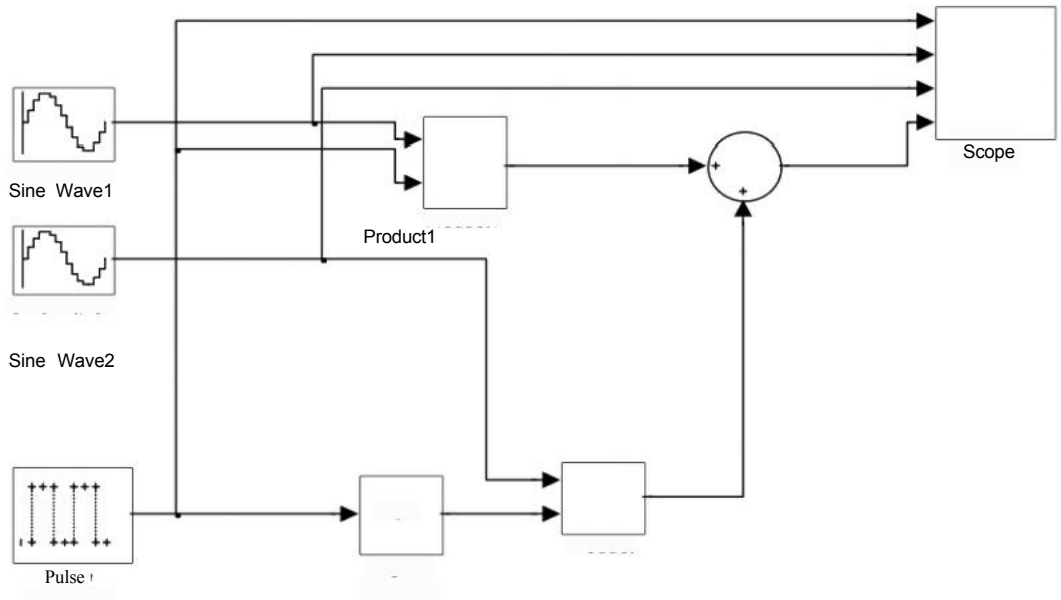


图3-1 2FSK 信号调制仿真模型图

(2)参数设置。其中sine wave和 sine wavel 是两个频率分别为 fi和 fz的载波，Pulse Generator 模块是信号源， NOT 实现方波的反相，经相乘器和相加器生成2FSK 信号。

本来信号源B(t)序列是用“0”、“1”信号产生，在此为了方便仿真就选择了基于采样的Pulse Generator信号模块。各参数设置如下图3-2所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
https://d.book118.com/348124055063006075