

超短波跳频信号的侦察方案探讨

王爱粉, 刘 炯, 苟彦新

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘 要:随着跳频通信的使用日益广泛,外军装备跳频电台的数量日益增多,对宽带范围内跳频信号的侦察已迫在眉睫。针对现代超短波跳频信号的侦察,本文提出了跳频信号侦察的一种方案——软件无线电,接着简要地介绍了压缩接收机、信道化接收机、声光接收机、FFT 数字接收机的优缺点,最后提出了两种新的组合侦察方案,并对最后一种侦察方案进行了实验研究。

关键词:跳频信号;压缩接收机;信道化接收机

中图分类号: TN971.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2002)01-0043-03

目前 FH 技术在军事通信中已得到了广泛应用。由于 VHF/UHF 跳频通信具有跳频速度快、跳频带宽大、频率集数量大、跳频码重复周期长等特点,所以要想以高概率将其截获是很困难的,而要对其进行测向、干扰就更加困难。因而世界各国越来越重视对跳频通信对抗(侦察、测向、干扰)技术的研究。

1 现代跳频通信的侦察技术

1.1 软件无线电

由于数据通信业务量剧增,因此现代通信对数据通信提出了更高的要求。为了在有限的频带上传输更大容量的数字信息,通信系统不断采用复杂的通信技术。随着微电子学的飞速发展、数字信号处理技术的不断改进及 DSP 芯片不断地换代推出,都促使着通信终端向数字化、集成化方向发展。在 80 年代末,就已经有人提出了全数字化接收机的概念,进而又产生了软件无线电的概念。这一概念一经提出便引起了许多专家、学者的兴趣,并投入了深入的研究。软件无线电的出现,会使无线电通信的发展最终经历了由模拟到数字,由固定到移动和由硬件到软件的三次变革。

软件无线电(Software Radio),更确切的含义是由软件定义的无线电。其中心思想是,利用尽可能接近天线的宽带 A/D 和 D/A 转换器,尽可能使更多的无线电功能在一个开放性模块化的平台上由软件实现,从而达到研制出具有高度的兼容性、灵活性和良好经济性的无线电通信系统的目的。

由于跳频信号瞬时频率不断快速跳变,所以截获跳频信号比定频信号困难得多。从理论上讲,截获跳频信号可采用宽带快速搜索接收机,如:压缩接收机^[1]、声光接收机、信道化接收机、数字式 FFT 接收机等。信道化接收机是目前认为较好的跳频信号侦察接收机,尤其是采用多频段信道化技术和声表面波技术,在 20~500 MHz 频段上实现实时侦收跳频信号是可能的。信道化接收机的优点是截获概率高,灵敏度高和动态范围大。其缺点是因设备量太大,虚警概率较高,近期难以成为对跳频信号侦察的实用装备。压缩接收机因具有很高的频率搜索速度和频率分辨力,技术上已经比较成熟,目前配置适当的数字处理设备和显示设备,已实现对跳频信号的侦察。但是压缩接收机会丢失信号的调制信息,不能用于解调跳频信号,并影响对信号某些技术参数的测量。综上所述,采取组合接收机是未来跳频信号侦察的趋势。

1.2 自适应——信道化——FFT

自适应——信道化——FFT 组合接收机前端是由自适应配置的多路接收实现信道化,再经并行 FFT 和 DSP 处理,其结果用显示器显示出来^[2-3]。

收稿日期:2001-02-15

作者简介:王爱粉(1977-),女,山东菏泽人,硕士生,主要从事军事通信抗干扰研究。

自适应接收机初步进行了粗略的分频段信道选择处理,与全信道化接收机相比,能够大大减小整个硬件的复杂性。信道化接收机的理想实现应采用 G_p (G_p 为跳频信号的处理增益) 个支路,但采用自适应配置的信道化接收机总的信号支路数可能等于或小于 $G_p/10$ 。自适应接收机首先由 N 个频谱上分离的能量检测器组成,每个能量检测器与宽带辐射计具有相同的形式,只是其输入滤波器带宽为 B_s/N (B_s 为跳频信号的整个频谱范围)。积分时间正好为驻留时间 T_h 。接收机中的每条信号支路在每一跳跃周期内对 N 个频段完成一次能量测量。在检测逻辑电路中,根据所采用的检测算法,将加到前面级的 N 个原始输入信号中的最多 M 个信号 ($M < N$) 加到较高分辨率的信道化接收机中。交换矩阵将检测逻辑确定的正确信号加到信道化接收机上。总共需要的支路数为 $M \times (G_p/N)$,而不是信道化接收机中的 G_p 条支路。

以截获频率在 30 ~ 90 MHz、信道间隔为 25 KHz 的 FH 信号为例,若采用纯信道化接收机,需要 2 400 个并行信道,设备量太大,不能适应实用的要求。若采用 FFT 接收机,目前的 DSP 器件性能满足不了处理上述信号的要求。在采用自适应信道化接收机减少信道数的基础上,再采用信道化——FFT 方案,只要进行合理设计,就可以大大减少设备复杂度。若信道化部分采用 3 个并行进入信道,每个信道的频率覆盖范围为 20 MHz,对于 20 MHz 的频率范围用一路 FFT 处理仍有困难,方案中将 20 MHz 又划分为 10 路,每路覆盖 2 MHz。为了减少设备量,10 路信号用 5 个并行的 FFT 器件处理,即把 10 路信号两两配对分成 5 组,每组有两路信号分别送到复 FFT 处理器的实部和虚部进行 FFT 变换,这样并行的 FFT 器件和预处理器在数量上就减少了一半。经 FFT 后得到信号的实部和虚部,然后在预处理器中分别计算出两路信号的功率谱。

1.3 压缩——FFT 数字化宽开接收机

压缩——FFT 数字化宽开接收机前端用压缩接收单元快速搜索信号,并给出被截获信号的频率码送入 FFT 进入 DSP 处理,再送显示控制主机,此种组合方案,综合两种接收机的优点,达到高速实时处理的要求^[4]。

所谓宽开接收即宽带接收,要求接收机具有多个信号同时截获和处理的能力。FFT 数字化宽开接收是将 A/D 转换器置于接收机前端,使压缩接收单元搜集到的频率信息转换成数字形式,通过 FFT 等一系列的数字信号处理完成接收机的截获和分析功能。

压缩——FFT 数字化宽开接收机可用于超短波跳频通信侦察和网台识别^[5]。由于在超短波频段,跳频信号有时达到几百跳,甚至上千跳,因此,相对而言对接收机的搜索速度要求更高。另一可行方案是选用速度更快、运算点更多的 FFT 处理芯片,或采用多路并行的处理方法,以确保在要求的频率分辨率下载获更高跳速跳频电台的需要。

2 压缩——FFT 方案的实验研究

我们对上述 3 种方案进行了分析比较,方案 1 是未来跳频通信的发展趋势,但目前由于现有器件性能的影响,制约着软件无线电台的速度,短期内还难于大规模使用,方案 2 由于体积比较大,在实验室难于实现,我们对第三种方案进行了大量的实验研究,首先用模拟的跳频电台产生跳频信号,把压缩接收机接收的信号,进行调整数据采样,送往 TMC2310 数据处理芯片进行 FFT 运算,TMC2310 是美国 TRW 公司生产的多功能专用信号处理器,通过参数设置可执行不同点数的加窗或不加窗的 FFT 运算,在 20 MHz 最大时钟下,完成 1 024 点 FFT 运算仅需 514 μ s,比 TMS320C30 快 7 倍,比 TMS320C25 快 20 倍左右。显示控制主机的作用是完成人机接口,用以控制接收机的工作参数(搜索频率、分辨率、门限等)并把结果进行显示。在实验室环境中,模拟跳频电台产生 200 H/s 跳频序列,跳频时序为: ($f_2, f_3, f_7, f_0, f_9, f_2, f_8, f_1, f_5, f_6$),经试验可获得稳定的跳频图案如图 1 所示,达到了实时处理要求,取得了良好效果。

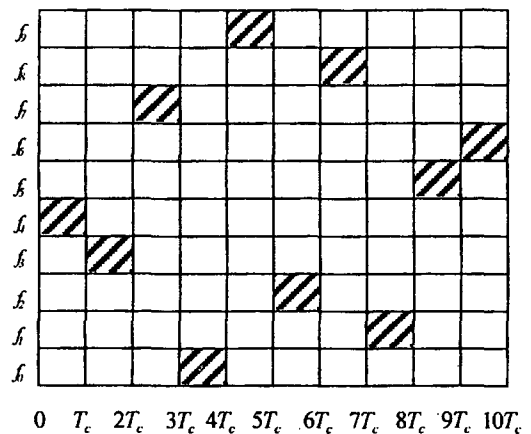


图 1 试验获得的跳频图案

参考文献:

- [1] Poh1 A, Posch C. Digitally controlled compressive receiver[J]. Proceedings of the IEEE, 1996, 3(10): 62-67.
- [2] 山娟苗. 短波侦察接收机的宽开接收技术及应用[A]. 中国电子学会电子对抗分会. 第九届学术年会论文[C]. 辽宁锦州:中国电子学会电子对抗分会, 1995. 465-470.
- [3] 汤汉屏. 一种短波移动信道的跳频同步系统[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2001, 2(3): 58-61.
- [4] 杨小牛. 数字化宽带快速搜索接收机[A]. 中国电子学会电子对抗分会, 第十届电子对抗年会论文[C]. 四川成都:中国电子学会电子对抗分会, 1997. 337-342.
- [5] 李富详. 短波高速跳频系统数字化接收技术的研究[D]. 北京:中科院信息情报研究所, 1997.

(编辑:门向生)

The Exploration of Scout UHF Frequency Hopping Signals Scheme

WANG Ai-fen, LIU Jiong, GOU Yan-xin

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: With more and more frequency hopping communications being used in foreign armies, it is urgent for us to scout broad band frequency hopping signals. Aimed at the modern UHF frequency hopping signal reconnaissance, the paper presents a UHF frequency hopping signal reconnaissance scheme, that is, the software radio station, and then briefly introduces the advantages and disadvantages of the compressive receiver, channelized receiver, acousto-optic receiver and FFT digital receiver. Finally the paper puts forward two types of new combined reconnaissance schemes and test the last one.

Key words: frequency hopping signal; compressive receiver; channelized receiver

(上接第 38 页)

- [2] HSP50214B. Intersil Corporation Data Sheet[S].
- [3] HSP50016. Intersil Corporation Data Sheet[S].
- [4] Evans J B. The Rapidly Deployable Radio Network[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1999, 17(4): 689-703.
- [5] 齐崇英, 陈西宏. 软件无线电技术在防空 C³I 系统中的应用[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2001, 2(4): 40-42.

(编辑:门向生)

New Advancement in Software Radio

WANG Wen-yi¹, HUANG Wen-zhun¹, XIA Mu²

(1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China;
2. The third Research Institute of the Air Force, Beijing 100085, China)

Abstract: According to the fact that Software radio has wide application vista in aspect of military use and civil use, this paper details the key to technology of Software radio, which is open bus architecture, high capacity linked structure, high speed digital signal processing(DSP), wideband analog digital converter(ADC), digital down converter(DDC) and so on. It recommends the industrial standard of Software radio(MMITS), long-range plan of national defense on 21th century and Software agreement. It summarizes some new advancement of the architecture, application and technical standards that Software radio has got for recent several years.

Key words: Software radio; DSP; architecture; standard