

# 含噪通信信号检测技术研究

韩玉杰

中国人民解放军92038部队 山东 青岛 266000

**[摘要]**本文针对含噪通信信号的时频特性展开分析,内容包括单音干扰、扫频干扰、多频干扰、调制干扰等,以单路含噪通信信号和多路含噪通信信号为例,对两类信号常用检测技术展开,建立仿真实验分析检测技术应用价值,其目的在于积累有价值的应用经验,确保信号传输结果的准确性与完整性。

**[关键词]**通信信号; MP算法; Fast ICA算法

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.1497

在通信信号传输过程中,受到谐波、干扰频率等因素影响,信号中会存在一些“噪音”,这些“噪音”需要在传输到目标系统前进行清除,过程中不能影响原信号完整性和准确性,以确保通信传输结果的有效性。通过整理含噪通信信号检测技术要点,可以提高噪音识别结果的准确性,同时对于提高通信信号传输质量有着积极的意义。

## 1 含噪通信信号的时频特性

### 1.1 单音干扰

单音干扰本质上是一个正弦信号。基本原理是通过发射某个频率的正弦波,对某个特定频点进行干扰,其时域表达式为:  $F(t) = B \cos(2\pi F_1 t + \alpha)$ ,而复基带的表达式为  $F(t) = B e^{F(2\pi F_1 t + \alpha)}$ ,其中B表示通信信号的幅度,  $F_1$ 表示通信信号的频率,  $\alpha$ 表示通信信号的初始相位,  $t$ 表示通信信号持续时间。基于以往经验可以得知,单音干扰信号的时域波形简单,频域是一个凸起的单点峰值,峰值的大小和位置是由单音干扰的幅度和频率所决定,且单音干扰信号的能量集中。其中,干扰信号的功率和干扰信号频率是影响单音干扰性能的主要因素。当被单音干扰后,其信号频谱在干扰点处会有突出的频点,在这种情况下,传统的频域能量检测可将单音干扰检测出来。

### 1.2 扫频干扰

线性扫频干扰是对某个频段进行干扰,干扰范围更广,干扰力度更大,但在同一时刻,扫频干扰只对某个特定频点干扰。其中,线性是指干扰频率随时间变化是线性关系。具体的时域表达式为:  $F(t) = B \cos(2\pi F_1 t + \pi a t^2 + \alpha)$ ,而复基带的表达式为  $F(t) = B e^{F(2\pi F_1 t + \pi a t^2 + \alpha)}$ 。基于以往得到的图谱可以得知,扫频干扰信号会在某一个频段内拥有能量,在此频段中干扰信号会和通信信号进行重叠,但时域信号并不会表现出明显特征。如果扫频干扰功率处于较大的状态,那么此时通信信号的频域能量会呈现快速增长的状态。若扫频干扰功率小于通信信号功率或与通信信号功率比较接近,那么此时得到的通信信号频谱波动较小。由此可见,扫频干扰信号的频段与幅值是影响干扰信号综合性能的重要因素。

### 1.3 多频干扰

所谓多频干扰是指,通信信号在传输过程中受到了多个不同频率单频干扰信号的影响,从而产生了较为复杂的噪音。在此过程中,其具体的时域表达式为:  $F(t) = \sum_{i=1}^n B_i \cos(2\pi F_i t + \alpha_i)$ ,而复基带的表达式为  $F(t) = \sum_{i=1}^n B_i e^{F(2\pi F_i t + \alpha_i)}$ 。其中  $B_i$ 表示第  $i$ 个干扰信号的幅度,  $F_i$ 表示第  $i$ 个干扰信号的频率,  $\alpha_i$ 表示第  $i$ 个干扰信号的初始相位。在干扰原理上,多频干扰的干扰原理与单音干扰原理基本保持一致,其可以看作是单音干扰过程的线性叠加,其带来的干扰效果比较明显,并且可以对多个频点进行固定式干扰,受到幅值、频率、频点数量的影响较大。

### 1.4 调制干扰

在接收机运行过程中,如果受到了其他通信系统中的调制信号,那么此时这些调制信号便成了该接收机系统中的干扰信号,即调制干扰。在系统接收到能量较大的调制信号时,原系统中的频谱也会因此出现较大变化,其功率谱能量会出现增加的趋势,此时使用能量检测法便可完成相应的检测工作。在调制干扰信号能量处于较小状态时,此时信号频谱变化相对较小,此时使用能量检测法无法发现这些干扰内容,需要使用其他方法来完成干扰检测。

## 2 单路含噪通信信号检测技术分析

### 2.1 MP算法分析

MP算法在应用中参考的核心思想为迭代思想,基于匹配跟踪算法来完成信号识别。在算法的应用过程中,其具体的执行过程如下:①明确计算过程中的各项原子参数,过程中会使用原子函数进行计算,常用因子包括位移因子、伸缩因子、旋转因子等。②基于相应算法来完成完备原子库整理,其间会使用成型算法参与计算,从而顺利完成信号稀疏分解处理。③使用相关算法来对信号进行分解处理,依次完成残留分量的分解工作。④基于是否结束信号来继续分解工作,利用主观判断的方法来完成残余分量的判决处理,如果残余分量达到了既定要求,此时可以结束分解过程,进入下一操作环节。⑤根据上述步骤也可以完成原始信号的恢复工作,提高信号保护结果的可靠性。

### 2.2 稀疏分解去噪整理

基于以往经验可以得知,含噪信号中的噪声分量存在随机性较强的特点,而且这些噪声分量本身也不存在什么相关性,这也提高了噪音识别过程的复杂度。在稀疏分解过程中,也会对这些原子信息进行整理,从中提取出有价值的信息,将无用信息(即噪声分量)留下,随后对提取信息进行重组,得到无噪音的信号。在稀疏分解去噪整理过程中,其计算内容也涉及信号残差分量和原子向量,两种分量之间也存在最大形式的相关特征。在此过程中也涉及了原始信号、残差信号、原子向量的综合整理,根据匹配度结果来确定最佳的信号搭配过程,获取到保真度更高的通信信号。

### 2.3 仿真实验整理

在仿真实验中,需要设置相匹配的实验环境,即在 Matlab 环境下对外发射源信号,接收机信号采样速率设计为 10kSa/s,发射机的载波频率设计为 200Hz。数字调制信号为 2ASK、4ASK、2FSK、4FSK、2PSK、4PSK、16QAM,在对源信号进行干扰处理后,利用 MP 算法来对这些信号进行重建处理,其间采集 400-500 组实验数据,绘制相应的仿真曲线,提高数据分析结果的直观性。根据所得到的反馈数据可以得知,在加入不同信噪比噪声后,源信号会出现一些毛刺,即出现了一定程度的失真,信噪比越低其失真程度的越高。而 MP 算法的应用,可以对这些毛刺进行清理,并且对于通信信号进行重构处理,所得到的处理图像和原始图像之间存在较高的相似性。由此可见,该检测技术具备了良好的应用价值,可以更好地完成信号去噪处理。

## 3 多路含噪通信信号检测技术分析

### 3.1 Fast ICA 算法分析

Fast ICA 算法在应用中参考的核心思想为近似负熵最大化思想,基于算法来完成信号识别。在算法的应用过程中,其具体的应用步骤如下:①假定观测信号为  $q$ ,将该信号进行中心化和白化处理,并且从  $q$  混合信号中筛选出  $M$  个样本,而  $Q$  表示初始化运行的一个随机阵,  $Q = \{Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n\}$ ,而  $P$  的初始赋值为 1。②如果所得值  $p > n$ ,那么此时会跳转到⑤进行处理,反之则会令  $a+1 \rightarrow a$ ,同时计算  $y(m) = Q_p^T(a)q(m)$ ,其中  $m=1, 2, 3, \dots, M$ 。③根据公式计算  $Q_p(a+1)$ ,同时计算  $Q_p(a+1)$  和  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_{n-1}$  之间的关系,并对相关性进行整理,得到相应的计算结果<sup>[1]</sup>。④如果存在  $|Q_p(a+1) - Q_p(a)| < k$ ,同时  $p+1 \rightarrow p$ ,那么此时跳转到②中,继续展开计算。⑤  $y = yQ$ ,此时可以得到输出信号,完成整个算法分析。

### 3.2 Fast ICA 算法去噪过程分析

在上文中已经提到过,含噪信号中的噪声分量随机性较

强,在对其进行去噪时的难度较高,并且这些多路噪音来源不确定,噪音分量本身也不存在什么相关性,需要采取较为细化的处理方式来进行整理。在 Fast ICA 算法去噪过程中,会使用到高斯矩阵来进行处理,每一个噪音可以开看做非高斯分布形式的随机变量,随后对这些随机变量信息进行整理,从中提取出有价值的信息,无用的噪音变量也会进行集中处理。得到的通信信号也会进行重组,从而得到无噪音的信号。在去噪整理过程中,其计算内容也涉及最大化代价函数,根据函数计算结果来对独立分量进行估计,并以此来建立可靠的 ICA 模型,利用模型来估计其他变量,以得到更加准确的通信信号<sup>[2]</sup>。

### 3.3 盲信号分离仿真

在仿真实验中,需要设置相匹配的实验环境,即在 Matlab 环境下对外发射源信号(记作  $S$ ),数字调制信号、接收机信号采样速率、发射机的载波频率和章节 2.3 保持一致,利用不同信噪比噪音对其进行干扰处理后,利用 Fast ICA 算法来对这些信号进行重建处理,其间采集 800-1000 组实验数据,根据反馈结果来绘制相匹配的仿真曲线,同时可以得到相应的计算矩阵,对其进行计算后得到相应的试验结果。根据所得到的反馈数据可以得知,在加入不同信噪比噪声后,源信号会出现一些毛刺,信噪比越低其失真程度的越高,进行分辨时的难度越高。而 Fast ICA 算法的应用,可以对这些干扰信号进行分离,并且在分离算法的辅助下可以加快分离效率,得到的通信信号也会进行重构处理,得到和原始图像之间存在较高相似性的图像。由此可见,该检测技术可以更好地完成信号去噪处理,具备良好的应用价值<sup>[3]</sup>。

## 结束语

综上所述,在通信信号的传输过程中,很容易出现噪音干扰,通过采取合理检测技术对其进行识别和处理,一方面,可以提高所得通信信号的完整性与准确性;另一方面,对于提高通信信号传输质量有着积极的意义。

## 参考文献

- [1] 康颖,赵治华,吴灏,李亚星,孟进.基于 DeepSVDD 的通信信号异常检测方法[J/OL].系统工程与电子技术: 1-13 [2022-01-19].
- [2] 林统喜,钟福龙.基于大数据分析的异常通信信号智能检测系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用, 2021, 21(12): 35-38.
- [3] 朱雨男,王彪,张岑.基于深度神经网络的水声 FBMC 通信信号检测方法[J].声学技术, 2021, 40(02): 199-204.