

文章编号: 2095-2163(2019)05-0220-03

中图分类号: TN974

文献标志码: A

雷达有源压制式干扰信号建模与仿真

陈玉绒, 闫泽林, 吴若妤, 赵佳佳

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

摘要: 随着现代科技的发展, 雷达在军事战争上发挥着至关重要的作用, 因此, 在雷达的效能方面有了极高的要求。雷达干扰分为压制式干扰及欺骗式干扰。由于压制式干扰具有实现简单、干扰频段广, 干扰区域覆盖面积大等特点, 因此相比于其他干扰, 压制式干扰得到了非常广泛的应用。为了便于理解干扰效果, 本文利用 Matlab 对对抗雷达有源压制式干扰信号进行了仿真, 在理论仿真的基础上对其产生机理及数学模型进行了分析。

关键词: 雷达; 压制式干扰; 数学模型; 仿真

Modeling and simulation of radar active suppression jamming signal

CHEN Yurong, YAN Zelin, WU Ruoyu, ZHAO Jiajia

(School of Computer Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

【Abstract】 With the development of modern technology, radars play a highly indispensable role in military war, therefore, it must possess supreme demanding in the aspect of efficiency. Radar jamming is divided into suppression jamming and deception jamming. Due to having such characteristics as simple realization, wide jamming frequency range, and large coverage area of jamming, etc, suppression jamming has been widely used compared with other jamming. In order to understand the jamming effect, the paper simulates the active suppression jamming signals of countermeasure radars with Matlab, and on the basis of theoretical simulation, analyzes the generating mechanism and mathematical model.

【Key words】 radar; suppression jamming; mathematical model; simulation

0 引言

现代战争离不开雷达,也就必然涉及到雷达对抗。没有雷达对抗的支持,雷达及其为之服务的指挥控制系统、武器控制系统等就将受到严重影响。雷达干扰能使雷达迷失、丢失目标,也能使武器失控而脱靶,还能使作战指挥系统和武器指挥系统陷入瘫痪,丧失战斗能力。若按照干扰能量的来源,雷达干扰可分为有源干扰和无源干扰,有源干扰又可以分为有源压制式干扰和有源欺骗式干扰。在本文中主要对雷达有源压制式干扰信号做进一步研究。对各种干扰信号进行数学建模,在时域、频域上求得各干扰信号的数学模型,并利用 Matlab 进行信号仿真。

1 雷达有源压制式干扰信号的分析

利用噪声或者噪声的干扰信号来淹没或压制雷达回波,使雷达很难从接收到的信号中监测到目标信息^[1]。噪声可干扰所有形式的干扰信号,是压制

式干扰的主要信号。其中,射频噪声干扰、噪声调频干扰、噪声调幅干扰是最常见的雷达有源压制式干扰。这些噪声类干扰样式的共同问题是不能相参和非相参积累^[2]。除此之外,却也各有所长,也各存不足,需要根据实际情况选择最佳选项,才能充分发挥其长处而避免其不足。对此可做研究阐述如下。

1.1 射频噪声干扰

窄带高斯过程也称为射频噪声干扰,其计算公式可表示为:

$$J(t) = U_n(t) \cos[\omega_j t + \Phi(t)]. \quad (1)$$

其中, $J(t)$ 是干扰信号,服从正态分布; $U_n(t)$ 为包络函数服从瑞利分布; $\Phi(t)$ 为相位函数,是服从 $[0, 2\pi]$ 的均匀分布,其与 $U_n(t)$ 之间相互独立;载频 ω_j 为常数, ω_j 远大于 $J(t)$ 的谱宽。

仿真参数具体如下:带宽 B ,设为 2 MHz;采样频率 f ,设为 10 KHz。

射频噪声干扰信号(时域)如图 1 所示,射频噪声干扰信号(频域)如图 2 所示。

作者简介: 陈玉绒(1997-),女,本科生,主要研究方向:智能控制技术和信号处理;闫泽林(1998-),男,本科生,主要研究方向:智能控制技术和信号处理;吴若妤(1998-),女,本科生,主要研究方向:智能控制技术和信号处理;赵佳佳(1996-),女,本科生,主要研究方向:智能控制技术和信号处理。

收稿日期: 2019-07-08

哈尔滨工业大学主办 ◆ 专题设计与应用

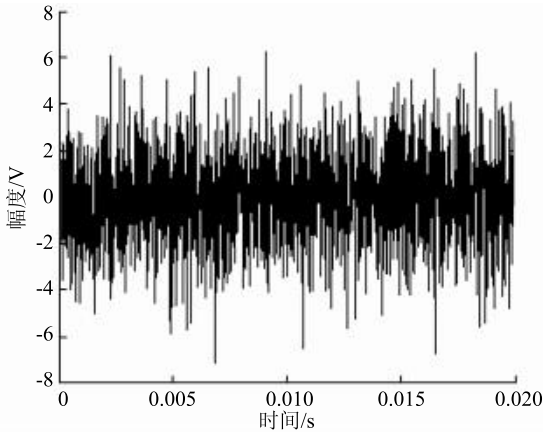


图1 射频噪声干扰信号(时域)

Fig. 1 Interference signal of RF noise in time domain

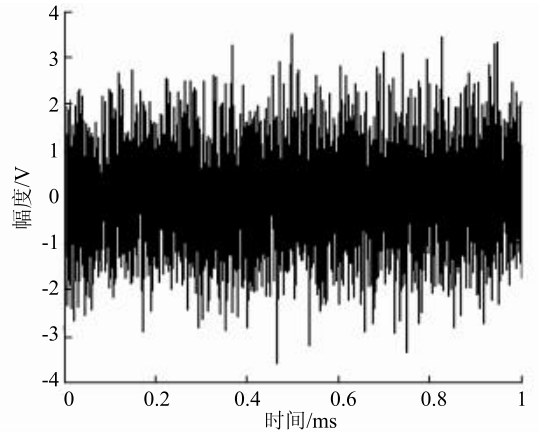


图3 噪声调频干扰信号(时域)

Fig. 3 Interference signal of noise FM in time domain

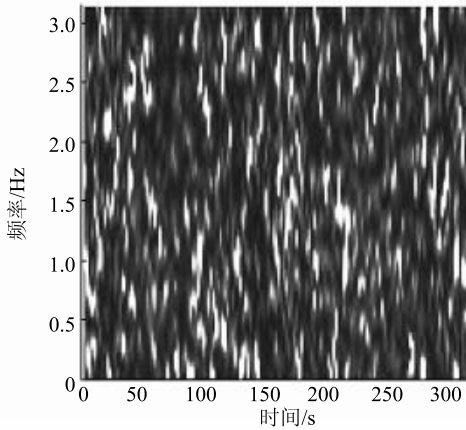


图2 射频噪声干扰信号(频域)

Fig. 2 Interference signal of RF noise in frequency domain

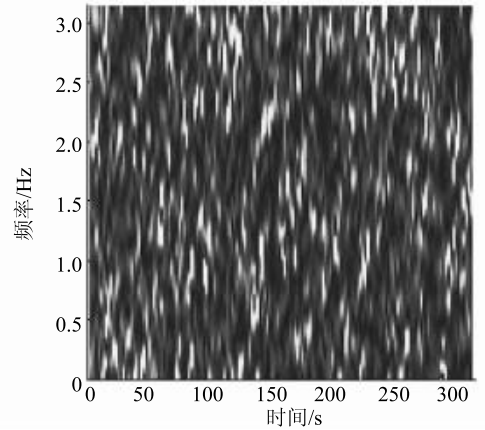


图4 噪声调频干扰信号(频域)

Fig. 4 Jamming signal of noise FM in frequency domain

结合理论及仿真波形可知,射频噪声干扰的遮盖性较好。

1.2 噪声调频干扰

广义平稳随机过程称为噪声调频干扰,其计算公式可表示为:

$$J(t) = U_j \cos[\omega_j t + 2\pi K_{FM} \int_0^t u(t') dt' + \varphi], \quad (2)$$

其中, $u(t)$ 是调制噪声,为零均值、广义平稳的随机过程; φ 为 $[0, 2\pi]$ 均匀分布的随机变量,且与 $u(t)$ 相互独立; U_j 为噪声调频信号的幅度; ω_j 为中心频率; K_{FM} 为调频斜率。

研究推得其有效调频指数的数学定义为:

$$m_{fe} = \frac{K_{FM} \sigma}{\Delta F_n} = f_{de} / \Delta F_n. \quad (3)$$

其中, f_{de} 为有效频偏。

仿真参数具体如下:采样频率 f_s 设为 10 KHz;载波电压,设为 2.0 V;调频斜率,设为 15。

噪声调频干扰信号(时域)如图3所示,噪声调频干扰信号(频域)如图4所示。

结合理论及仿真波形可知,雷达回波信号完全淹没在干扰信号中。

1.3 噪声调幅干扰

广义平稳随机过程称为噪声调幅干扰,其计算公式可表示为:

$$J(t) = [U_0 + U_n(t)] \cos[\omega_j t + \varphi], \quad (4)$$

其中, $U_n(t)$ 为调制噪声,是零均值,方差为 σ_n^2 ,在区间 $[-U_0, \infty]$ 上分布的广义平稳随机过程; φ 在 $[0, 2\pi]$ 上均匀分布,是随机变量,且与 $U_n(t)$ 之间相互独立; U_0, ω_j 均为常数。

研究推得其有效调幅指数的数学定义为:

$$m_{Ae} = \sigma_n / U_0. \quad (5)$$

仿真参数具体如下:中心频率设为 1e6 Hz;采样频率设为 4e6 Hz;载波设为 3 V。

噪声调幅干扰信号(时域)如图5所示,噪声调幅干扰信号(频域)如图6所示。

结合理论及仿真波形可知,选择干扰参数可以改善其效果,噪声调幅干扰中载波的影响,改善了干扰效果。

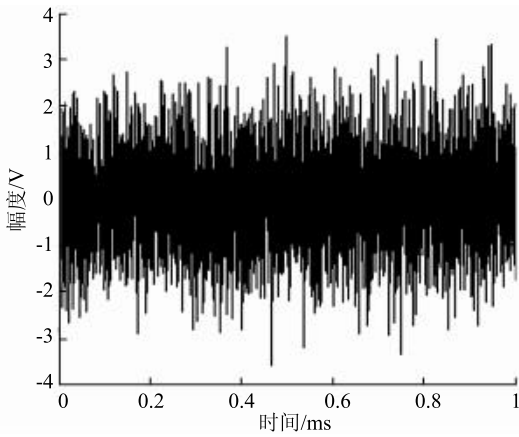


图5 噪声调幅干扰信号(时域)

Fig. 5 Interference signal of noise AM in time domain

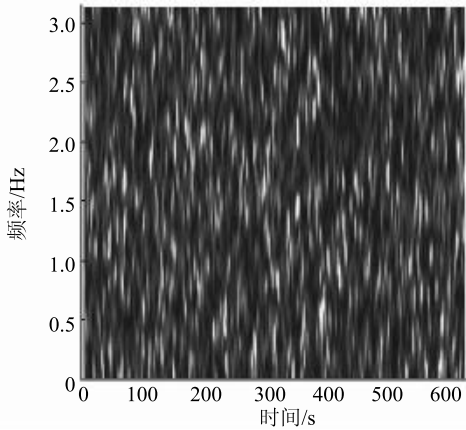


图6 噪声调幅干扰信号(频域)

Fig. 6 Interference signal of noise AM in frequency domain

1.4 小结

综上所述可知,通过以上最常见3种有源压制式干扰建立了数学模型,同时对各种干扰信号的数

(上接第219页)

班级汇总则可以查看某个班级每位学生各门课程的成绩以及总分和在班级的排名情况,并以堆积图的形式呈现,运行效果如图3所示。

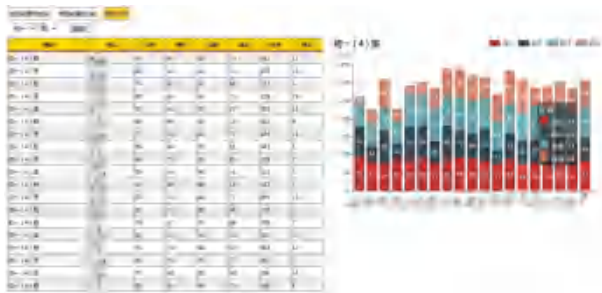


图3 班级成绩统计

Fig. 3 Achievement statistics of one class

学模型在时域、频域上进行了信号仿真,证明了各种信号模型的正确性。

2 结束语

雷达在现代战场上占据着至关重要的位置,而雷达干扰可以严重破坏和扰乱探测目标的电波传播路径。本文中主要阐述了雷达有源压制式干扰信号的产生,同时还研究了相关数学模型,并且利用 Matlab 对其进行了波形仿真,对雷达有源式干扰的研究做出了有益探索,也为后续的干扰识别和抗干扰措施的选取提供了基础。

参考文献

- [1] 崔炳福. 雷达对抗干扰有效性评估[M]. 北京:电子工业出版社,2017.
- [2] 赵国庆. 雷达对抗原理[M]. 2版. 西安:西安电子科技大学出版社,2015.
- [3] 杨万海. 雷达系统建模与仿真[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.
- [4] 胡国兵, 胥嘉佳, 李岳衡, 等. 雷达调制信号分析与处理技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2014.
- [5] 刘浩, 韩晶. MATLAB R2016a 完全自学一本通[M]. 北京:电子工业出版社,2016.
- [6] 林象平. 雷达对抗原理[M]. 西安:西北电讯工程学院出版社,1985.
- [7] 王国玉, 王连栋. 雷达电子战系统数学仿真与评估[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [8] 刘旻. 雷达复合干扰信号特征提取及智能识别算法研究[D]. 成都:电子科技大学,2008.
- [9] 李志明. 雷达有源干扰信号的自动识别方法研究[D]. 成都:电子科技大学,2009.

4 结束语

本文通过 Ajax+jQuery 技术获取需要更新数据,将查询结果以 JSON 数据格式返回前端,同时提供了动态显示各种成绩统计的方式,并且以 ECharts 图表的方式呈现统计结果,减少网络数据传输,加快网页更新速度,以各种图表形式美观、直接地显示统计结果。

参考文献

- [1] 王双立. 谭炜乐, 吕钢, 等. 基于 ASP.NET 的 ECharts 动态多组曲线图表的实现[J]. 江苏科技信息, 2018(32): 33-35.
- [2] 赵海国. Ajax 技术支持下的 ECharts 动态数据实时刷新技术的实现[J]. 电子技术, 2018(3): 25-27, 57.