

在随机电磁干扰预测中引入蒙特卡罗方法*

胡皓全** 张志军

(电子科技大学微波工程系 成都 610054)

【摘要】 在随机电磁干扰的预测分析过程中引入了蒙特卡罗方法,讨论了随机性干扰的计算机模拟方法,对均匀分布干扰或正态分布干扰建立了一个概率模型,最后给出了用蒙特卡罗方法对随机电磁干扰进行预测分析的程序框图。

关键词 蒙特卡罗法; 随机; 电磁干扰; 预测

中图分类号 O211.5; TM14

电磁干扰预测是实现电子设备或系统电磁兼容性(Electromagnetic Compatibility, EMC)的必要步骤,也是进行电磁兼容性设计的主要依据,其中接收机的性能预测是非常重要的环节^[1]。通常的电磁环境中大量的干扰是随机的,若采用古典概率方法对干扰产生时间、脉冲持续时间、功率分布的概率进行积分求值,不仅计算量极大,而且这种多重积分很难用计算机实现。因此,本文引入一种新的概率计算方法—蒙特卡罗方法^[2],从一个新的角度对接收机可靠性进行预测。

1 蒙特卡罗方法

蒙特卡罗(Monte Carlo)方法亦称为随机模拟(Random Simulation)方法。其基本思想是首先建立一个概率模型或随机过程,使其参数等于问题的解,然后通过对模型或过程的观察抽样实验来计算所求参数的统计特性,最后给出所求解的近似值。

蒙特卡罗方法本身并不是一种新方法,其定名和系统发展约始于本世纪40年代,本文将其引入随机电磁干扰的预测分析,其实是这种方法在应用领域的一次扩展和有益的尝试。

2 随机变量的模拟

通常的随机性电磁干扰包括均匀分布干扰和正态分布干扰。下面我们直接给出其计算机模拟方法,本文对具体的数学原理不予论述。

随机模拟的基础是随机序列的产生,目前最常用的方法是乘同余法,它采用迭代运算取得一个在(0,1)区间内均匀分布的数列 $\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$,其迭代公式为

$$x_{n+1} = \lambda X_n \pmod{M} \quad (1)$$

$$r_n = X_n M^{-1} \quad (2)$$

其中 $M=2^s, S=32, X_0=1, \lambda=5^{13}, x_0$ 最好随机选取一个 $4q+1$ 型的数; q 为任意整数; λ 取 5^{2k+1} 型的正整数,这里 k 对应的 $(2k+1)$ 是使 5^{2k+1} 为计算机所能容纳的最大奇数。

1994年11月4日收稿,1995年1月4日修改定稿

- 电子部预研基金资助项目
- • 男 30岁 硕士 讲师

对于 (a, b) 中均匀分布的随机变量, 可对式(2)作如下变换

$$r_i' = r_i M^{-1}(b - a) + a \quad (3)$$

对于 $(0, 1)$ 标准分布的正态随机变量, 则采用近似抽样方法, 将式(2)产生的随机变量代入下式

$$z = \begin{cases} \sqrt{-2 \ln r} & 0 < r \leq 0.5 \\ \sqrt{-2 \ln(1-r)} & 0.5 < r < 1 \end{cases} \quad (4)$$

可得

$$\xi_i = \begin{cases} z - \frac{a_0 + a_1 z + a_2 z^2}{1 + b_1 z + b_2 z^2 + b_3 z^3} & 0 < r \leq 0.5 \\ \frac{a_0 + a_1 z + a_2 z^2}{1 + b_1 z + b_2 z^2 + b_3 z^3} - z & 0.5 < r < 1 \end{cases} \quad (5)$$

其中

$$\begin{aligned} a_0 &= 2.515\ 517 & a_1 &= 0.802\ 853 & a_2 &= 0.010\ 328 \\ b_1 &= 1.432\ 788 & b_2 &= 0.189\ 269 & b_3 &= 0.001\ 308 \end{aligned}$$

ξ_i 即为所需的 $(0, 1)$ 分布的随机序列。

对于 (σ, B) 分布的正态随机变量, 只需将式(5)中的 ξ_i 作如下变换即可

$$\xi_i' = \sigma \xi_i + B \quad (6)$$

3 接收机性能预测

在接收机的实际电磁工作环境中存在大量的干扰因素, 在进行预测时, 通常忽略作用不大的干扰, 以节省计算时间, 尽量满足四级快速预测的要求(幅度筛选、频率筛选、详细分析及性能预测)。预测程序首先产生若干服从一定概率分布的随机变量, 并以此模拟几个主要类型的干扰, 然后对产生的随机变量进行概率统计, 最终对接收机可靠性作出评价。

实际干扰中, 一簇干扰每天的总干扰次数、每个干扰产生的时间点、每次干扰持续的时间、每次干扰的功率电平都是概率分布, 可用图1示出的计算流程图说明具体预测方法。

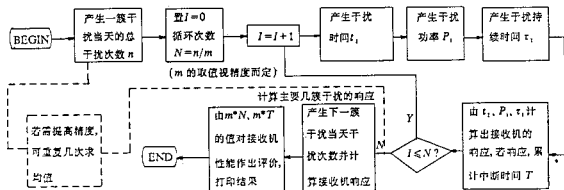


图1 随机电磁干扰的预测流程图

需要说明的是, 在干扰模拟中存在着产生的干扰在时间上相互重叠的现象, 但由于干扰的产生是相互独立的, 通常的接收机工作时间又远远大于干扰持续时间, 加之干扰总次数在程序的内循环

环中是确定的,所以我们认为这种重叠现象对结果毫无影响,在程序中进行计算时不必予以删除。

4 结 论

蒙特卡罗方法的引入使受到多个随机电磁干扰的接收机的性能预测得以实现,它的运用亦使随机干扰的概率计算大为简化。但蒙特卡罗方法作为电磁干扰预测中的一种工具,也有一定缺陷。由于它采用了统计方法进行预测,因此为了保证达到一定的精度,就必须进行相当次数的运算,这就决定了该方法不太适合于电子系统间的快速电磁干扰预测。随着计算机运算速度的进一步提高,相信这种方法在系统预测中也将有所贡献。

参 考 文 献

- 1 Violette J L Norman, White Donald R I, Violette Michael F. Electromagnetic compatibility handbook. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc. ,1987:106~211
- 2 徐钟济,蒙特卡罗方法. 上海:上海科学技术出版社,1985

Monte Carlo Method for Prediction of Random Electromagnetic Interference

Hu Hongxuan Zhang Zhajun

(Dept. of Microwave Eng., UEST of China, Chengdu 610054)

Abstract The random simulation method (Monte Carlo method) is used in prediction of electromagnetic interference. A probability model or random process is first set up and its parameter is let equals to solution of the problems. Then the simulation method by computer is studied. On the basis of the analysis, the probability calculation of random interference is simplified and the reliability of receivers for electromagnetic compatibility can be evaluated. Finally, the calculating scheme on this method is given.

Key words Monte Carlo method; random; electromagnetic interference; prediction

编辑 徐培红