

理论与实验研究

系统电子设备间电磁干扰诊断方法的研究

曹艳宾, 武占成, 孙永卫

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要: 为了实现导弹系统电子设备间电磁干扰的自动诊断,在充分考虑导弹系统电磁干扰历史故障及相应诊断信息的基础上,提出了运用CBR(基于案例的推理技术)原理对导弹系统的电磁干扰作出诊断的新方法。通过建立导弹系统的CBR模型,并对案例库不断充实和完善,从而实现新的电磁干扰故障的诊断,以达到自动诊断电磁干扰的目的。将CBR方法引入到导弹系统电磁干扰诊断的过程中,为快速诊断导弹系统的电磁干扰问题提供了一种新的方法,可以进一步提高解决问题的能力。

关键词: 电磁干扰; 诊断方法; CBR

中图分类号: TN973.3 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)05-0001-04

Research on Diagnosis Method of Electromagnetic Interference among System's Electronic Devices

CAO Yan-bin, WU Zhan-cheng, SUN Yong-wei

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Electromagnetic interference diagnosis method based on CBR (Case-based reasoning) principle for missile system was put forward, which considered the historical fault-missile system and corresponding electromagnetic interference. The CBR model for missile systems was established and the case base was continuously enriched and improved to achieve new electromagnetic interference fault diagnosis and realize the purpose of automatic diagnosis of electromagnetic interference. The purpose was to provide new method for quick diagnosis of electromagnetic interference of missile system.

Key words: electromagnetic interference; diagnosis method; CBR

CBR(case-based reasoning)是设备故障专家系统法的一种,它的特点是可以充分利用设备的故障历史来对当前发生的故障作出判定。导弹装备

在长期的保障过程中积累的一些设备电磁干扰历史故障及相应的诊断信息,为利用CBR原理进行诊断提供了条件。因此,应用CBR原理研究适用于导弹

收稿日期: 2011-03-10

基金项目: 武器装备预研基金(9140A31020310JB3406); 通用装备保障(2010115)

作者简介: 曹艳宾(1983—),男,河北衡水人,硕士研究生,研究方向为电磁场与微波技术。

电子设备电磁干扰的诊断方法是一种可行途径。

1 CBR原理

CBR的基本原理是^[1-2]:问题发生时,通过回忆以前成功解决过的相似问题,比较新旧问题发生的背景、时间和条件等差异,经过一系列的调整、修改后,重新使用以前的知识和信息来解决当前待处理的问题。CBR推理法是一种基于经验知识的推理方法,适用于没有完整的数学模型而有丰富经验和大量历史记录领域,尤其对复杂、非结构化的决策问题有显著优势。建立CBR专家系统模型通常包括以下几个步骤^[3-5]。

1) 案例组织及表示。案例组织和表示主要是决定案例的内容、组织结构,合理搭建案例数据库,以便这些案例能够被有效检索和再利用。案例表示一般包括案例的属性描述和案例的解决方案。前一部分是案例的索引机构,后一部分是诊断结论。案例组织及表示为目标案例的生成和案例数据库的搭建提供了方法。

2) 案例检索及匹配。按照一定的检索策略和相似度度量方法,从故障案例库中检索到与目标案例属性类似的案例,并以设定的阈值为基准,从中选择匹配较好的案例作为诊断结论。

3) 案例修正及学习。对当前得到的问题解进行评价,通过运用专家经验知识和人为干预对检索得出的案例进行调整、修改,形成适合于当前故障的案例,得出本次诊断结论。

4) 案例的维护及添加。利用新案例的诊断过程、方法、结论、验证以及评价结果等信息组织新案例,添加到案例库中。

2 建立导弹系统的CBR模型

2.1 建立案例表示模型

故障案例组织及表示是对故障的一种描述和一组约定,是一种用于描述故障信息的数据结构。由于导弹电子设备电磁干扰诊断的主要目的是查找干扰源和明确电磁干扰能量的传播耦合途径,因此,最关键的是对电磁干扰特征的精确描述和对电磁干扰

的诊断结论信息。建立导弹电子设备电磁干扰诊断的CBR模型时,首先以发生电磁干扰时的受扰设备为分析对象建立案例组织及表示模型。案例表示由2部分组成:对电磁干扰现象的特征描述和对电磁干扰的诊断结论。对电磁干扰现象的特征描述是提取和表示电磁干扰发生时的征兆,为案例检索提供依据;电磁干扰诊断结论在这里主要包括3个方面的信息:1)确定的电磁干扰源;2)确定的电磁干扰能量传播耦合途径;3)诊断结论的有效性。

因此,建立导弹电子设备电磁干扰的案例表示模型见下式:

案例 \Rightarrow Case(F, R)

$F=(A, C), R=(D, E, F)$

式中: F 为电磁干扰的现象征兆; R 为电磁干扰的诊断结论; A 为案例标识; C 为电磁干扰征兆的描述因素集; D 为确定的电磁干扰产生源; E 为确定的对应的电磁干扰能量耦合途径; F 为诊断结论的有效性。

将各部分的主要内容阐述如下。

1) 案例标识。案例标识表示历史故障案例在案例库中的编号。以遭受电磁干扰的设备为主体,建立导弹电子设备电磁干扰案例标识的数据结构为:

ID={id_missile,type_device,sort_device,fault_num,fault_time}...

其中:id_missile为导弹编号;type_device为设备型号;sort_device为设备类别;fault_num为故障代码;fault_time为故障时间。

2) 电磁干扰征兆描述。电磁干扰的征兆实际上是一组具有不同属性的指标集,指标集中的每个指标都代表电磁干扰现象的某种表征。在进行描述时,应从受扰设备自身的现象表征、电磁干扰自身的特性规律和电磁干扰相关环境这3个方面进行表征。为了描述方便,将这3种信息划分为2类:第1类是单值指标集,该类指标能够将指标特征转化为可定量描述的单一值,且取值具有相对稳定的状态;第2类是多值指标集,该类指标不具有稳定的状态,特征转化值取值不精确、不单一,指标值受外界因素的影响会产生变化。建立指标集如下。

(1) 单值指标。单值指标包括设备受扰部位、设备受扰频率、设备受扰时工作模式、与产生的电磁干扰问题密切相关的设备功能或性能指标、导弹工

作状态、电磁干扰的周期特征等。

(2) 多值指标。多值指标包括电磁干扰发生时机舱内的电磁环境信号特征、受扰设备线缆端口的“接收”信号特征、受扰设备天线端口的“接收”信号特征、设备遭受电磁干扰的现象描述。

3) 诊断结论。诊断结论是对电磁干扰诊断过程及取得结果进行的描述,还应给出消除电磁干扰的办法及措施。确定诊断结论的指标集如下。

(1) 结论描述。结论描述包括:电磁干扰源设备、电磁干扰产生的设备部位、电磁干扰能量传播的

设备端口。

(2) 解决方案。解决方案主要指消除电磁干扰的方法、措施及其有效性。

2.2 指标赋值方法研究

下面对案例表示模型中指标集的赋值方法进行讨论。

案例表示模型中,各部分指标的关系如图1所示。

案例标识、电磁干扰征兆描述、诊断结论描述中各指标属性及赋值方法分别见表1—表3。

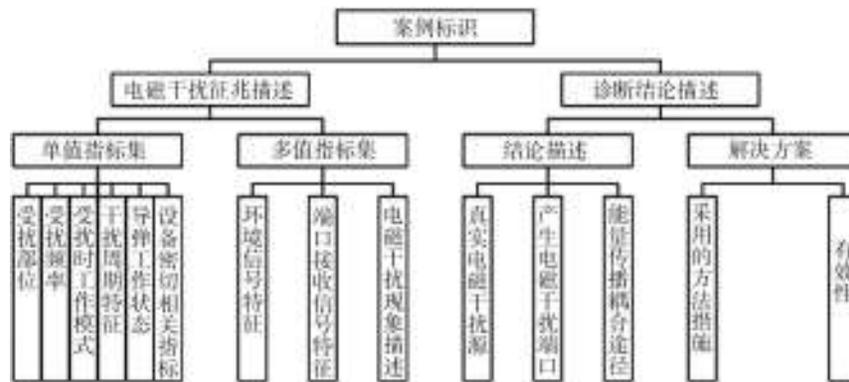


图1 案例表示模型指标集

Fig.1 The factors of case expression model

表1 案例标识赋值方法

Table 1 The evaluation method of the case identification factor

序号	指标名称	指标属性	赋值方法
1	导弹编号	字符串	采用装备编号赋值
2	设备型号	字符串	采用生产型号赋值
3	设备类别	字符串	按照电磁干扰矩阵设备类别赋值
4	故障代码	整型	1:电源端口传导干扰 2:控制线端口传导干扰 3:信号线端口传导干扰 4:天线端口辐射干扰
5	故障时间	时间	电磁干扰产生的时间

2.3 案例检索及匹配方法

案例检索及匹配是按照设定的准则在案例库中找到与当前电磁干扰故障最为相似的案例。一般案例检索及匹配过程分为2步:第1步是以一定原则找到满足条件的案例集(近似解或相关解);第2步是按一定的阈值策略,寻找与当前案例最接近的最佳解。案例检索及匹配的实现从根本上说是建立案例

表示指标集的比较算法,以2个案例指标集的综合差异来决定其在近似解中的排序,然后以排序最高的案例作为本次诊断的最佳案例。KNN算法是目前应用最广泛的一种比较算法,最早由 Covert 和 Hart 提出,是一种非参数分类算法,其基本原理是将案例当作样本,并用向量空间模型来表示样本,案例检索及匹配的过程相当于样本的分类过程。笔者借鉴 KNN 算法的有关原理,构建适用的案例检索及匹配

表2 电磁干扰征兆指标赋值方法

Table 2 The evaluation method of the interference characteristics

序号	指标名称	指标属性	赋值方法
1	设备受扰部位	整型	部位代码
2	设备受扰频率	实型	中心频率值
3	设备受扰时的工作模式	整型	模式代码
4	电磁干扰周期特征	整型	1:连续干扰 2:瞬态干扰 3:周期干扰
5	导弹工作状态	整型	1:开机状态 2:预检状态
6	与干扰密切的设备功能或性能指标	字符串	指标名称
7	环境信号特征	数组	频点和幅值
8	端口接收信号特征	数组	频点和幅值
9	电磁干扰现象描述	字符串	对设备受扰现象的描述语句

表3 诊断结论指标赋值方法

Table 3 The evaluation method of the diagnosis result factors

序号	指标名称	指标属性	赋值方法
1	真实干扰源设备名称	字符串	设备名称
2	电磁干扰产生的设备端口	整型	1:电源端口传导干扰 2:控制线端口传导干扰 3:信号线端口传导干扰 4:天线端口辐射干扰
3	干扰能量传播耦合途径	整型	1:传导耦合干扰 2:辐射耦合干扰
4	采用的方法措施及有效性	集合	1:有效 2:无效

算法。首先,将设定值和寻找与新案例最接近的k个案例过程转换为定义搜索区间或确定比较案例集;其次,以该检索结果为基础建立比较案例集,计算当前案例与案例比较集中每个案例的相似程度,依据相似程度进行排序;最后,以排序最高的案例作为当前案例的最佳匹配案例。2个案例相似程度的计算方法如下。

将每个案例对应于n维空间Rⁿ中的一个点,则任意一个案例x可表示为一个n维的特征向量。其中,向量的每一维表示案例指标集中的一个指标。令:

$$x=\{l_1, l_2, \dots, l_n\}$$

这里的案例指标仅指表2中所列的指标。

利用指标比较的加权和来评价2个案例的相似

程度大小。即2个样本x_i和x_j之间的相似度大小定义为:

$$\mu(x_i, x_j) = \sum_{i=1}^n \omega f(x_i^i, s_i^j)$$

式中:x_iⁱ为案例x_i的第i个指标;x_i^j为案例x_j的第i个指标;f为案例指标的比较函数。

单值指标集中指标的比较函数f定义为:

$$f(a, b) = a \oplus b = \begin{cases} 1, a = b \\ 0, a \neq b \end{cases}$$

2.4 案例调整及添加

对于得到的比较案例集中的案例排序,可按照其次序高低考察诊断结论对新案例的适用性。若不

(下转第19页)

5 结论

1) 实验室加速试验由于试验方法决定了试验时间不可能太长,模拟的腐蚀环境严酷度与自然暴露试验腐蚀环境存在一定的差异,导致了2种试验结果的差异。

2) 对于防腐等级较高的涂层体系,采用短期实验室加速试验考核,考核检测结果具有一定的局限性。然而,实验室加速试验具有在较短时间内完成样品涂层性能检测考核的优点,因此,在现行试验标准基础上,对实验室加速试验方法进行改进是必要的。

3) 研究采取多腐蚀因子综合施加试验方法和适当增长试验时间周期以及增加实验室加速试验腐蚀环境严酷度,可以减少与自然暴露试验的差异,提高试验结果的接近程度。

参考文献:

- [1] 刘宏宇,张松,何巍. 沿海钢结构设施的防腐研究[J]. 装备环境工程,2010,7(5):152—155.
- [2] 金晓鸿. 防腐蚀涂装工程手册[M]. 北京:化学工业出版社,2008:7.
- [3] 吴剑锋,王兆军,苏海涛,等. 军用特种装备表面涂层防腐对策[J]. 装备环境工程,2010,7(5):165—168.

(上接第4页)

适用,则继续考察下一排序,以此类推。如果所有的案例诊断结论都不适用,则表明CBR诊断法失败,需要采用其它的诊断方法,本案例作为新案例添加到案例库,待诊断完成后,再将诊断结论部分予以更新。若找到某一案例的诊断结论适用于新案例,则说明本次电磁干扰是以往故障的重现,则将新案例与旧案例的信息合并处理后,重新添入案例库。基于CBR的诊断方法的准确性依赖于案例库的丰富程度,随着新案例的增加、案例库的不断充实和完善,对于新问题的求解能力也会越来越强大。

2.5 案例库维护

为了使案例库以最小的案例数量获取最大的案例覆盖集,需要采取一定的策略。采用有效性策略进行案例的增加和删除操作,可以达到上述目的^[3],即:找到最佳案例后,若利用最佳案例的诊断结论达到了诊断目的,则可以不增加新案例,只将匹配案例中的有关信息进行相应更新即可。系统对案例库中每个案例均设置1个字段记录案例的使用情况,当案例的使用率小于某一阈值时,表示案例很少被重用,可将该案例转移到临时案例库或进行直接删除处理。

3 结语

介绍了利用CBR原理进行导弹系统电磁干扰

诊断的方法。通过建立导弹系统的CBR模型,利用导弹系统上相同设备的电磁干扰历史故障信息来对新的故障进行判断,从而得出对新故障的诊断方法。通过对案例库的不断充实和完善,从而对新的故障的诊断能力不断加强,达到自动实现电磁干扰诊断的目的。将CBR方法引入到导弹系统电磁干扰诊断的过程中,为快速诊断导弹系统的电磁干扰问题提供了一种新的方法,可以进一步提高解决问题的能力。

参考文献:

- [1] KOLODNER J. An Introduction to Case-based Reasoning [M]. California:Morgan Kaufmann Publisher,1993:29—33.
- [2] 张光前,邓贵仕,李朝晖. 基于事例推理的技术及其应用前景[J]. 计算机工程与应用,2002,20(1):52—55.
- [3] 李青,史雅琴,周扬. 基于案例推理方法在飞机故障诊断中的应用[J]. 北京航空航天大学学报,2007,35(5):622—626.
- [4] KUMAR H S, Krishnamoorthy C S. A Framework or Case Based Reasoning in Engineering Design[J]. AIEDAM, 1995,9(1):161—182.
- [5] 杨叔子,丁洪,史铁林. 基于知识的诊断推理[M]. 北京:清华大学出版社,1993:7—10.