

基于预测分析的电磁兼容数据库设计

郝晓军 陈翔 闫京海

(电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室 洛阳 471003)

摘要: 针对电磁兼容预测实用化的现实需求,提出构建基于系统用频单元发射参数以及敏感度特性的电磁兼容数据库。通过设计数据库整体框架,对数据库包含要素以及功能要求进行描述,较完整地阐述了依据各类试验数据间交叉索引关系的分层数据库设计,通过应用 COM 组件技术增强了整个系统的稳定性和可扩展性。基于电磁兼容预测数据库,联合电磁兼容敏感端口的耦合计算,可以准确实现系统间的电磁兼容预测,进一步推进系统间电磁兼容预测技术的发展。

关键词: 系统间电磁兼容;预测;数据库

中图分类号: TN95 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1099

Database design for electromagnetic compatibility prediction

Hao Xiaojun Chen Xiang Yan Jinghai

(State Key Laboratory of Complex Electromagnetic Environment Effects on Electronics & Information System, Luoyang, 471003, China)

Abstract: Inter-system EMC database, based on the transmitting parameters and susceptibility, is designed for improving the accuracy of EMC prediction. Structure, content and function requirement of database are described in detail, the layered EMC database design is produced according to the cross-index of all kinds of data, COM technique can guarantee the stable and extension of database in future. Based on the EMC prediction database and coupling calculation of sensitive ports, accurate Inter-system EMC prediction can be realized, which can further improve the development of EMC prediction.

Keywords: inter-system EMC; prediction; database

1 引言

随着信息化建设的飞速发展,各种用频设备不断涌现,且功能愈加强大,结构复杂。伴随着电子信息设备的多功能,高灵敏度的同时,大平台内各子系统间的互扰现象愈加凸显。针对电子信息系统的自兼容和互兼容问题,各种 EMC 数据库层出不穷^[1-3]。现有的常用数据库系统有 Access、SQL server、MySQL 和 Oracle 等,开发工具也是多种多样。然而现有的这些传统数据库往往扮演着数据仓库的角色,当为了某一目的调用这些数据时,往往显得数据支撑力度不够,虽是海量存储,但仍显关键信息不足或不够准确,这些都反映了数据库设计之初的顶层设计欠缺。随着系统间电磁兼容问题的凸显,基于对系统间电磁兼容预测的迫切需求,文献[4]给出了一种基于系统间预测分析的数据库系统整体设计方案,该数据库设计有数据库管理子系统、地理信息子系统和分析预测子系统 3 部分,可以说涵盖了系统间电磁兼容预测的各个方面,但难免设计内容不够细致。本文重点针对系统间电磁兼容预测对敏感端口发射参数及敏感

度特性数据的现实需求^[5],基于实测收集的各种类型海量数据,通过分析数据类型、结构、关联关系,详细讨论了基于预测分析的电磁兼容数据库设计方法及涉及的关键技术。

2 基于预测分析的数据库框架设计

2.1 电磁兼容三要素分析

为了实现系统间电磁兼容准确预测,需要准确把握影响系统电磁兼容性的三要素:发射终端、耦合路径和接收终端,因此电磁兼容性分析预测也主要围绕上述三要素进行如图 1 所示^[6]。信号耦合的计算主要依据电磁场电波传播理论进行分析或者通过经验模型、统计模型进行估计。信号的发射与接收既可以依靠经验模型,也可以通过对系统敏感端口进行实测,采用实测数据进行支撑。如果要想实现系统间电磁兼容性的准确预测,就必须依靠实测数据,这也是设计基于预测分析的电磁兼容数据库的核心目的所在。



图 1 电磁兼容问题三要素

2.2 信号耦合计算

耦合能量的计算根据计算场景的不同,依据计算需求可以采用多种形式。目前通用的计算方式有依据端口间互耦模型进行预测^[7],采用几何绕射理论进行预测^[8],依据经典电磁理论,通过网格剖分进行预测^[9-11]或者利用ITU电波传播模型^[12-14]进行预测。

1)系统内部对于线缆之间的耦合信号分析,通常依据互耦(互电感、互电容)函数模型进行各类电缆线之间的耦合计算。对于场线之间的耦合计算可以依据经典电报方程,将照射电场视为外加电压源,照射磁场视为外加电流源,依据传输线理论进行场线之间的耦合计算。西安海泰电子有限责任公司研发的系统内电磁兼容预测分析系统(HTEMC9503)就采用了上述计算内核。

2)系统内部或者系统之间对于存有各种反射体,且多种介质并存的复杂计算场景,可以采用电磁场数值计算的方法进行信号耦合分析。该方法可以实现低频较大场景的耦合场计算,即对计算区域及各种反射体依据工作波长进行网格剖分,采用矩量法、有限元等频域方法或者时域有限差分等时域方法进行计算。有时为了提高仿真计算速度,还可以采用快速多极子等并行计算等新方法。此类计算方法计算区域受到计算机计算能力的限制,对于大场景高频场分布计算无能为力。该预测内核被诸多商业软件,如CST,Ansoft等所采用。

3)系统间的预测往往由于涉及计算场景较大,因此会采用几何绕射理论进行敏感端口间的耦合预测。该方法通过几何绕射理论对计算场景内的反射电磁波反射系数进行建模,利用几何光学理论可以快速计算较大场景的端口信号能量耦合。该计算内核被西安海泰电子有限责任公司用于系统间的电磁兼容预测分析。

4)随着应用需求的不断扩展,有时需要预测大范围,甚至跨省的电磁信号强度分布情况,这时就需要利用ITU公布的计算统计模型进行预测,该方法往往需要联合相应位置的地理信息系统(GIS)进行仿真^[13]。北京华悦迈普科技有限公司开发的电磁环境仿真与频率规划管理系统就嵌入了GIS进行仿真。

2.3 系统收、发端口建模

如果要想准确预测系统电磁兼容性,仅仅依靠敏感端口理论模型是无法实现的。即使标准天线,安装在不同地域,使用环境的不同都会影响到天线性能的正常发挥。因此基于现实使用情况以及系统配置状况,依据实测数据对系统收、发敏感端口进行建模,可以有力支撑电磁兼容预测的准确性。

1)发射端口建模

发射端口可以说是干扰信号的发源地,这里不仅包含发射端口发射的带内信号,对于电磁兼容问题,往往是由于发射端口带外泄露引起。因此对于发射端口建模,应该对用频电子信息设备正常工作时的全频段功率谱进行测试并记录入库。依据用频设备工作方式的不同,建立不同信号

样式(调制)、工作方式(连续波、调频、扫频等)、极化状态的索引查询方式。

2)接收端口建模。

接收端口是引起系统工作性能降级的问题所在,依据干扰信号进入系统方式的不同可分为“前门”与“后门”2种方式。对于系统间的干扰,由于干扰信号通过长距离的电波传输产生一定的衰减,信号能量相对较弱,因此主要从系统的天线端口耦合进入系统,影响系统效能的发挥,所以常常表现为“前门”方式;对于较大能量的干扰信号,即使系统敏感部位考虑了屏蔽等一些防护措施,但由于干扰信号能量过大,依旧会对系统产生影响,因此就产生了“后门”方式。此类干扰如动力线与信号线之间的耦合,强场与信号线之间耦合,系统模块屏蔽泄露等。依据电磁兼容预测分析目的,充分考虑信号耦合方式,是电磁兼容测试方案设计,乃至数据库敏感端口建模的前提。对于目前讨论较多的系统间电磁兼容预测问题,接收端口的建模应充分考虑系统不同敏感部位,建立不同入射干扰信号“前门”耦合时的性能降级映射关系。“不同入射信号”指不同入射能量、不同入射频率、不同极化照射方式,甚至不同工作方式和信号样式。“性能降级”主要依据用频设备正常工作时的受干扰情况而定,不同的设备应该建立不同的评定方式,比如通信设备可以采用误码率的方式,而雷达等装备则可以通过目标显示界面状况进行具体评价。

3 电磁兼容数据库设计

3.1 电磁兼容数据库作用

为了实现系统电磁兼容性的准确预测,非常有必要针对系统敏感端口建立系统发射以及敏感度的实测数据库。依据电磁波传播理论对系统敏感端口之间的耦合特性进行建模,通过调用数据库中相关敏感端口的发射参数及敏感度数据,可以实现电磁兼容的准确预测。

3.2 电磁兼容数据库结构

电磁兼容数据库结构,如图2所示。为了便于用户的操作使用,确保数据的相对独立性,数据库的设计采用分层设计的概念,做到系统数据存储结构与数据逻辑结构的变化,不会对应用程序以及用户原有使用造成影响。数据库的整体结构考虑主要包括2个层:应用层与数据层。应用层主要完成友善用户界面设计,完成最终用户与原始数据之间的交互功能。其功能具体包括数据录入(可自动读入excel.txt等主流数据存储格式文件),录入数据的图形化展示等数据管理、显示功能。数据层主要起数据仓库的作用,存储各类需求的实测数据,有时为了支撑预测的需要,对于没有实测的数据,可以采用等效理论模型替代。

电磁兼容数据库的数据层是整个数据库的核心,除了支持基于测试项及被试品的多种参数查询方式,具有整体数据备份、恢复等常用功能外,其核心设计是需要建立合理的原始数据间的关联关系,针对电磁兼容预测,充分考虑将来数据库使用过程中数据调用时的各种索引。

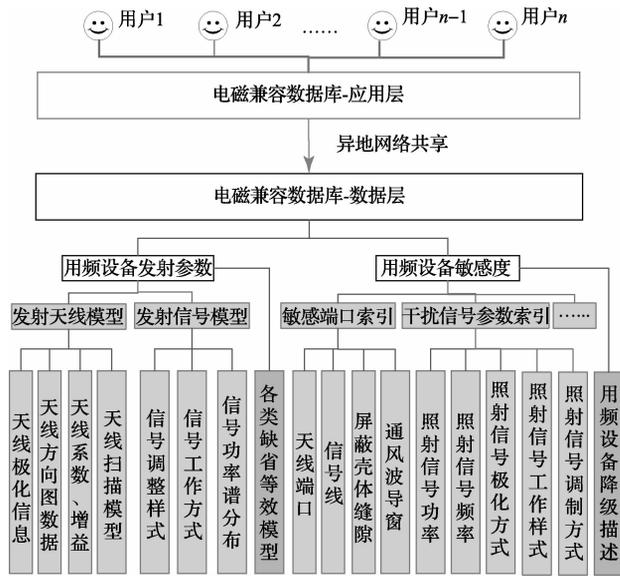


图2 电磁兼容数据库结构

电磁兼容数据库的数据层与应用层不必同时存在于同一台机器上,可以分别位于不同地域,支持网络快速访问,并依据用户级别设有不同安全权限。

3.3 电磁兼容数据库开发

数据库开发设计核心原则是要减小数据冗余,提高数据共享程度,数据之间索引关系明确,完善的对外接口。优秀的数据库还应该是一个开放的,即可以满足后续修改及扩充的需求,并具有较强的自我保护能力,即具有数据备份及恢复的功能。基于电磁兼容预测的数据库除了上述基本功能用于实现测试数据的统一管理,以及各种索引条件下的统计查询外,还要求预留便捷的数据通讯接口,可与预测分析软件无缝链接,为EMC预测提供数据支持。

北京航空航天大学开发的电磁兼容自动测试系统采用Visual Basic开发登录界面,用SQL Sever作为数据库管理系统。通过采用同一公司开发的工具软件,可以大大减低系统设计风险^[2]。

中国舰船研究设计中心的舰艇电磁兼容数据库采用Visual C++ 6.0开发用户界面,使用Microsoft office 2003作为数据库管理系统^[3],由于上述两个软件均为Microsoft公司开发的产品,大大降低了系统开发之间的互兼容性的风险。

北京理工大学信息与电子学院开发地面武器系统间耦合数据库系统采用Oracle 11g,利用图形化数据库开发工具SQL Developer建立EMC模型数据表^[4]。数据管理软件选用微软主流的.NET Framework 3.5框架,采用Visual Studio 2010作为开发工具,利用自带的Oracle Client命名空间实现与Oracle数据库的连接。

综上所述,电磁兼容数据库的开发方式多种多样,主要还是需要依据自身需要,选用适合的开发工具,最终实现自己的设计目的。

4 结 论

详细探讨了基于预测分析的电磁兼容数据库设计。就电磁兼容预测理论框架,数据库构建准则等进行详细探讨。通过建立用频设备发射参数及敏感度特性实测数据库,依据各类数据合理索引关系,根据电磁波传播理论或者统计模型可以准确实现系统间的电磁兼容预测。

参考文献

- [1] 陈家启,高万峰,史德民.电磁兼容试验数据库建设研究[J].河北科技大学学报,2011(增刊1):109-112.
- [2] 程路,苏东林.电磁兼容自动测试系统中的数据管理[J].电子测量技术,2006,29(2):155-156.
- [3] 方重华,覃辉.舰艇电磁兼容数据库的建立及应用[J].装备环境工程,2009,6(5):97-99.
- [4] 郭大路,王学田,刘春明.系统间电磁兼容数据库系统设计与实现[J].微波学报,2012(增刊3):282-285.
- [5] 包贵浩,苏东林,戴飞,等.飞机油量电磁兼容半实物仿真预测平台设计[J].电子测量与仪器学报,2014,28(2):152-158.
- [6] 陈炜峰,刘伟莲,周香.电磁兼容及其测量技术[J].电子测量技术,2008,31(1):101-104.
- [7] 高攸纲,石丹.电磁兼容总论[M].2版北京:北京邮电大学出版社,2011:124-129.
- [8] 汪茂光.几何绕射理论[M].西安:西北电讯工程学院出版社,1985:1-12.
- [9] 王长清.现代计算电磁学基础[M].北京:北京大学出版社,2005:104-107.
- [10] 金建铭,王建国.电磁场有限元方法[M].西安:西安科技大学出版社,1997:201-209.
- [11] 葛德彪,闫玉波.电磁波时域有限差分方法[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002:8-24.
- [12] MORDACHEV V, LITVINKO P. Advanced options of expert system“EMC-Analyzer”[C]. EMC Europe. 2006:635-640.
- [13] 葛欣宏,宁飞,李晓林.光电系统监测设备电磁屏蔽设计的系统法研究[J].国外电子测量技术,2014,37(9):42-45.
- [14] 张兰勇,刘黎明,李冰.印制电路板电磁辐射等效偶极子建模与预测[J].仪器仪表学报,2013,34(4):942-947.

作者简介

郝晓军,1978年出生,博士,助理研究员。主要研究方向为电子信息系统复杂电磁环境特性与模拟,系统间电磁兼容预测分析。

陈翔,1986年出生,博士,助理研究员。主要研究方向为电磁环境特性分析,系统级电磁兼容测试。

闫京海,1982年出生,硕士,工程师。主要研究方向为复杂电磁环境效应分析,电磁兼容。