

doi: 10.7690/bgzdh.2014.09.001

基于虚拟仿真的维修时间统计方法研究

王玉泉¹, 韩朝帅¹, 田永昌², 黄睿², 魏波¹

(1. 装甲兵工程学院技术保障工程系, 北京 100072; 2. 装甲兵工程学院信息工程系, 北京 100072)

摘要: 针对目前虚拟维修性验证仿真研究中缺乏对维修时间进行仿真的不足, 提出一种基于“维修动素标准时间”的虚拟人维修时间的仿真方法。分析了中外仿真方法的不足, 将维修过程进行分解至维修动素层, 并引入维修动素标准时间这一新的概念, 开发了适用于 Jack 软件的维修动素时间辅助系统, 实现了虚拟环境中产品维修时间的统计。仿真结果验证了该系统的可行性, 为产品研制阶段同步并行维修性时间指标验证工作提供了参考。

关键词: 虚拟仿真; 维修动素; 维修性验证; 动素时间

中图分类号: TJ811+.2 **文献标志码:** A

Study on Repair Time Statistical Approach Based on Virtual Simulation

Wang Yuquan¹, Han Chaoshuai¹, Tian Yongchang², Huang Rui², Wei Bo¹

(1. Department of Technical Support Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

2. Department of Information Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: In view of the current situation of being unable to simulate repair time in virtual maintenance simulation, decomposing a virtual maintenance time simulation method based on “repair therblig standard time”. Analyze the disadvantages of foreign and domestic simulation methods, decomposing the maintenance process to move grain layer, and introduce the new concept of maintenance therblig standard time, then develop a maintenance dynamic time auxiliary system which is suitable for Jack software, realizing the virtual environment of product maintenance time statistics. The simulation result verifies the feasibility of the system, providing reference for the product development phase synchronous parallel maintainability time index validation work.

Keywords: virtual simulation; repair therblig; maintainability verification; therblig time

0 引言

虚拟维修仿真^[1]是指利用先进的虚拟现实技术, 在虚拟环境中对产品数字样机进行维修拆卸、零部件更换和安装等仿真试验。国外早在 20 世纪 70 年代就已经开始研究虚拟仿真中的维修动作分解工作。乔治亚工学院的 SRL 实验室^[2]在进行虚拟拆卸项目中对维修过程进行了分解研究, 他们选用面向对象任务的方法将“作业(task)”分解为“操作(operation)”, 基本包含了大多数的操作信息。Lowa 大学 CAD 中心的 Ranko Vujosevic^[3]将维修动作分解为维修作业层、拆卸顺序层、拆卸步骤层和宏运动、宏模型层, 这些方法能够反映维修作业中的拆卸序列选择, 且对每一种序列都能给虚拟人拆卸仿真提供建立宏运动模型的依据。美国 Pennsylvania 大学的 HMS 中心^[4]长期从事人体建模和仿真的研究工作, 其主要利用 Jack 软件提供的基本动作函数实现了维修过程的仿真, 在维修仿真的程序编译方面有着深入的研究。

我国于 20 世纪 90 年代引进虚拟现实技术并广

泛研究和应用, 但仍处于研究探索阶段: 石家庄军械工程学院的郝建平等^[5]在维修性工程理论的基础上提出维修动素的概念, 并将人机工程中的 3 大类 18 个动素改进成适合我军陆军武器装备虚拟维修仿真的 10 个动素; 装甲兵工程学院的徐达等^[6]提出基于宏理论的维修动作分解模型, 并将其用于装甲装备维修性验证分析课题中; 海军大连舰艇学院装备系统与自动化系的常高祥等^[7]提出一种面向维修任务的虚拟人动作分解方法, 将维修任务分为 3 个过程并建立了相应的维修动作层次化模型; 航空工程学院的张中波^[8]提出基于 Ptri 网的虚拟维修动作分解模型, 实现了对维修作业单元的封装和调用。

上述文献表明: 目前虚拟维修性验证仿真研究多是对产品维修性定性指标的验证, 维修性定量指标的验证研究仍处于探索阶段, 其重点和难点是虚拟仿真中如何确定产品的维修时间。基于此, 笔者提出“维修动素标准时间”这一新的概念, 即维修动素单元所消耗的时间, 实现了虚拟仿真中对虚拟人维修时间的仿真。

收稿日期: 2014-05-24; 修回日期: 2014-06-10

作者简介: 王玉泉(1964—), 男, 河北人, 硕士, 教授, 从事武器装备质量管理研究。

1 维修动素标准时间建模

1.1 维修时间分解建模

在维修性工程的基础上,按照维修层次的不同,将产品维修时间分解为产品维修时间、维修事件时间、维修作业时间、维修基本作业单元时间和维修动素标准时间。产品维修时间是指为保持或恢复产品到规定功能状态而进行维修活动所消耗的时间;维修事件时间是指按规定的维修计划进行的维修活动所消耗的时间,产品维修可以由若干个维修事件组成;维修作业时间是指完成规定的维修作业所消耗的时间,如故障检测时间、定位时间和隔离时间等,每个维修事件都是由若干个维修作业组成的;维修基本作业单元是最基本的维修活动,如拧螺钉、焊接等;每一个维修基本作业单元都可以由若干个维修基本动素组合而成,如拧螺钉的时间由左手食指和大拇指抓住螺钉,右手抓握螺丝刀工具,定位至螺钉旋转点,旋转螺丝刀(n 圈),拧完后释放螺丝刀这 5 个基本动素所消耗的时间组成。图 1 为产品维修时间分解图。

1.2 维修动素时间辅助系统

在郝建平^[6]的基础上,对其 10 类维修动素进

行 Java 语言化,并在实际环境中对各类维修动素的对象进行维修时间样本获取,开发出维修动素时间辅助系统,实现对维修动素的封装和调用。表 1 为虚拟人维修动素及其类的概念。

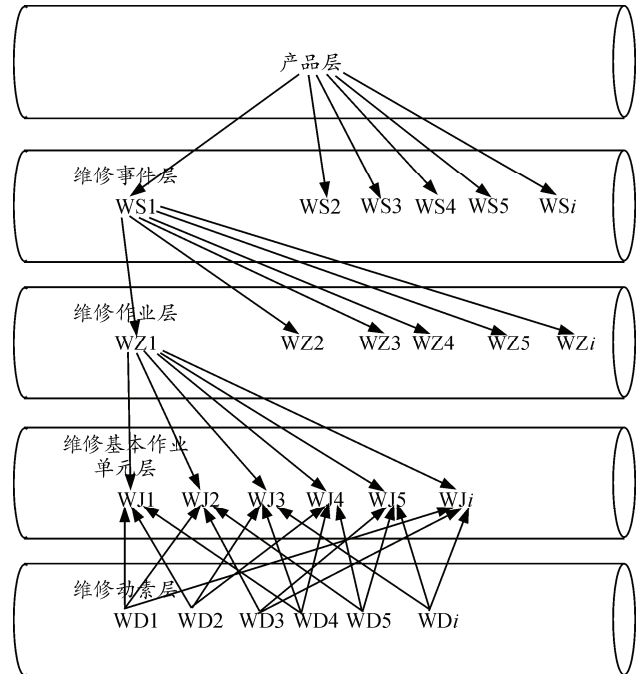


图 1 产品维修时间分布

表 1 虚拟人维修动素及其类的概念

名称	类的定义	类的功能
空间变换 SM	SpaceMove	虚拟人徒手从空间 A 点移动到 B 点
姿态变换 PC	PostChange	虚拟人从原有姿态变换到规定任务所需姿态
转向 R	Rotate	虚拟人由方向 A 转向方向 B
伸出 RC	Reach	虚拟人姿态位置不变的前提下终端(手、脚、目光和工具)向目的物移动的动作
定位 O	Orient	虚拟人终端定位点连接接触物的定位点
手形 H	Hand	虚拟人为完成抓握等特定动作而对于手形的调整控制
抓握 G	Grasp	虚拟人手指抓握物体
放置 P	Place	虚拟人控制手指解除与物体的抓握
运送 M	Move	虚拟人采用工具对物体进行搬运、移动等动作
控制 C	Control	虚拟人在原地对对象进行旋转、推、拉等调整动作

由表 1 可知,维修动素时间辅助系统包括 10 个动素类,每个动素类都包含其相应的若干个方法。例如 Control 类包括旋转(revolve)、推(push)、拉(pull)、抽(draw)、提(boost)、举(lift)、搬(carry)和按(press)8 个方法;SpaceMove 类包括走(walk)、弯腰走(bendWalk)、侧身走(sidle)、跨步(stride)、攀爬(climb)、跑(run)、匍匐前进(crawl)、倒行(down)及跳跃(jump)9 个方法。

2 实例仿真分析

Jack 6.1 仿真软件中,以打开某型装甲车炮塔

身管固定栓为例,进行实例仿真。

2.1 维修时间分解

按照维修过程时间分解模型(图 1),对“打开炮塔身管固定栓”这一基本维修作业单元进行分解,分解如图 2 所示。

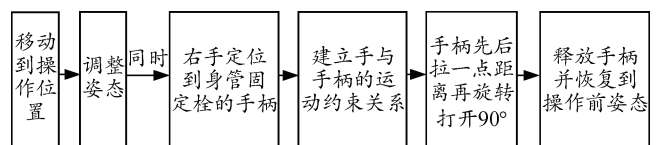


图 2 打开炮塔身管固定栓流程

2.2 虚拟维修仿真

在 Jack 软件中构建装甲车乘员舱虚拟环境，导入火炮系统样机，构建符合中国人的装甲兵模型，按照图 2 流程进行仿真。部分分类的方法定义脚本为：

```
public class Control {
//....
/**
 * 实现对“提”这个方法的定义
 * @param weight 重量
 * @param hand 手(左手或右手)
 * @return
 */
public double boost(double weight, String hand){
double time = 0; //维修动素时间
if(hand.equals("right")){//如果使用右手
time = 0.1 * weight;
} else if(hand.equals("left")){//如果使用左手
time = 0.2 * weight;
} else {
return -1;}
return time;
}
}
```

仿真调用脚本如下：

```
OpenShenguangdingshuan {
Time time = null; //时间包装类(已定义)，包括各个步骤时间的定义
double time1, time2, time3, time4, time5, time6;
object=shenguangdingshuan;
bodymove=stride(origin, destination);
time1 = stridetime(origin, destination);
post=stoop(angleX, angleY, angleZ);
time2 = stooptime(angleX, angleY, angleZ);
handside=right;
time3 = reach(position, right);
orient=grasp(hand, handle);
time4 = grasptime(hand, handle);
control=revolve(angle, hand);
time5 = revolvetime(angle, right);
place= release(right, handle);
time6 = releasetime(right, handle);
time.setTime1(time1);
time.setTime2(time2);
```

```
time.setTime3(time3);
time.setTime4(time4);
time.setTime5(time5);
time.setTime6(time6);
return time;
}
```

2.3 仿真结果分析

在 Jack 软件中对“打开身管固定栓”这一基本维修作业单元进行仿真，统计得到打开身管固定栓虚拟仿真时间为 3.1 min。实际环境中统计试验得到身管固定栓打开时间点估计为 2.8 min，区间估计为 [2.6 min, 3.4 min]。因此，通过维修动素时间辅助系统进行虚拟维修仿真统计得到的时间数据与实际环境试验得到的数据基本符合。

3 结语

笔者针对虚拟维修仿真中缺少对维修时间的统计这一现状，提出虚拟人维修动素标准时间这一概念，并通过实际环境统计试验和数学建模方法开发出基于 Jack 的维修动素时间辅助系统，实现了 Jack 软件中对维修时间的仿真，对产品研制阶段同步并行维修性定量指标验证工作提供了一定的参考。

参考文献：

- [1] 郝建平. 虚拟维修仿真实理论与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 19-28.
- [2] Fleishman E.A., Quaintance M.K. Taxonomies of Human Performance: The Description of Human Tasks[M]. Academic Press, 1984: 50-58.
- [3] Matthew D, Bauer, Zahed Siddique, David W. Rosen. A Virtual Prototyping System for Design for Assembly, Disassembly and Service[C]. Proceedings of DETC 98: 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences September 13-16:1998, Atlanta, Georgia.
- [4] Ranko Vujosevic. Maintainability Analysis in Concurrent Engineering of Mechanical System[J]. Concurrent Engineering: Research and Applications, 1998, 3(1): 61-72.
- [5] 李星新, 郝建平, 柳辉. 虚拟维修仿真中维修动素的设计与实现[J]. 中国机械工程, 2005, 16(2): 155-160.
- [6] 徐达, 王宝琦, 吴溪. 基于虚拟仿真的维修性定量指标验证方法[J]. 航天控制, 2013(1): 86-90.
- [7] 常高祥, 徐晓刚, 张雷. 虚拟维修中虚拟人的动作模型设计[J]. 工程图学学报, 2011(1): 99-102.
- [8] 张中波. 基于 Petri 网的虚拟维修动作流程层次化建模研究[J]. 制造业自动化, 2012, 34(3): 57-59.