

基于模型检测的软件测试技术

彭晓红¹, 刘久富²

(1.江苏海事职业技术学院 信息工程系,江苏 南京 211170;2.南京航空航天大学 自动化学院,江苏 南京 210016)

摘要:提出了软件模型检测技术与软件测试技术的集成框架,在合适的软件检测模型基础上,通过模拟仿真,产生软件的测试用例,提高了软件的测试效率与降低了软件的测试成本。并对飞行控制软件作实例研究,取得很好效果,提高飞行控制软件的可靠性。

关键词:模型检测;软件测试;测试用例;需求规约

中图分类号:TP306^{+.2}

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2009)03-0013-02

1 基于模型检测的软件测试技术

图1为基于模型检测的软件测试技术流程图。模型检测的软件测试技术所作工作如下:

1.1 根据需求建立合适的软件模型

不同的模型适用于不同类型的软件测试,因此需要根据软件特点选择模型。软件模型是对软件行为和软件结构的抽象描述。软件行为可以用系统输入序列、活动、条件、输出逻辑或者数据流进行描述。软件测试中使用的典型模型有:有限状态机、UML模型和马尔可夫链、形式化建模(B,Z,VDM,CSP,CCS,Temporal Logic、 λ -Calculus,Petri)等模型。

1.2 根据软件模型进行虚拟仿真

在系统建模的同时对模型进行仿真。仿真时可以设置输入,观察输出,并且动态地显示整个模型。人机交互面板模拟了用户最熟悉的实际操作面板,该面板可以在StateMate MAGNUM或其他仿真工具,诸如Altia的Faceplate中运行。

1.3 根据软件模型生成代码

根据需求建立的软件模型通过仿真验证后,很容易编程,或自动生成代码,这方面的工具如Rational Rose、StateMate、Scade等。

1.4 测试用例产生

测试用例的生成依赖于测试所使用的模型。以有限状态机模型为例,被遍历路径中弧的标记构成的序列就是测试用例。在构造满足测试准则的路径时,必须考虑约束条件,如路径长度限制,统计测试还要考虑迁移概率。

1.5 软件测试

生成满足特定的测试充分性准则的测试用例集合后就可以执行测试用例。

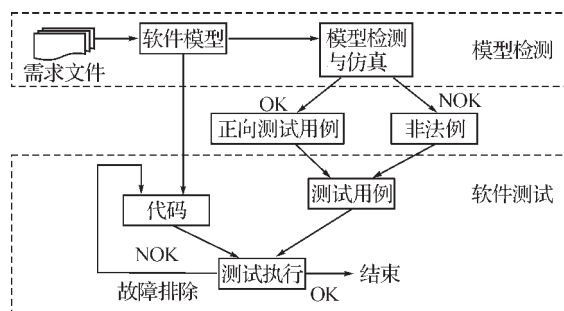


图1 基于模型检测的软件测试技术流程

2 基于模型的软件测试评价

2.1 基于模型的软件测试的优势

基于模型的软件测试大大提高了测试自动化水平,部分解决了测试失效辨识问题,可以进行测试结果分析,有利于测试的重用。

2.2 基于模型的软件测试缺点

测试人员需要具备一定的理论基础,如形式化理论方法、状态机理论和随机过程的知识。还要掌握相关工具的使用方法。

需要一定的前期投入,如模型的选择、软件功能的划分、模型构造等。

有时无法克服模型的固有缺陷,如状态爆炸。

3 飞行控制软件的模型检测与软件测试

用StateMate MAGNUM做系统设计,首先开始于系统顶层的需求分析。用例图以图形化的方式表示了系统内部的一系列用例与系统外部的执行者之间的交互关系。

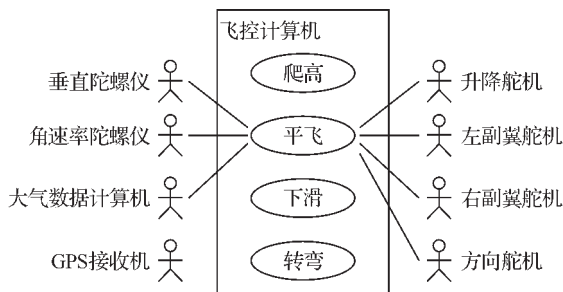


图2 飞行控制软件的用例

如图2所示,这是一个飞行控制软件的部分用例图,“爬高”、“平飞”、“下滑”和“转弯”代表飞行控制系统的4个用例,垂直陀螺仪、角速度陀螺仪、大气数据计算机、GPS接收机、升降舵机、左副翼舵机、右副翼舵机、方向舵机是系统外部的元件,实线则表示了用例与系统外部元件之间的交互关系。

用例图可以不断向下分解成更详细的用例图,最终得到详细描述系统与环境及子系统之间交互顺序的场景(Scenarios)。在StateMate MAGNUM中,我们用顺序图来具体描述每一个场景。

如图3所示飞行控制软件的顺序图,在顺序图中,最左边的是关于场景的描述,实线框表示各个不同的子系统,而系统与环境间及子系统之间的交互如事件、控制、触发等按时间顺序排列在水平轴上,纵向的实线表示系统的响应时间。顺序图不仅可以和用例图一起捕捉系统需求,而且还可以对系统的某些性能上的要求进行定义,主要是指系统的响应时间。

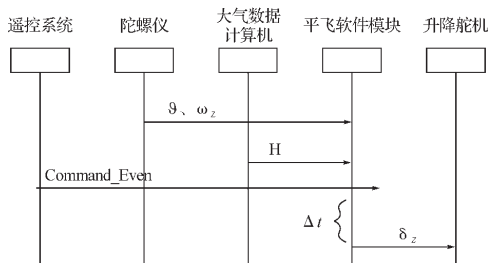


图3 飞行控制软件的顺序

图3中顺序图实现飞行控制软件的平飞操作,通过陀螺仪采样得到俯仰角 θ 、俯仰角速度 ω_z (采样频率为30Hz)、通过大气数据计算机采样得到飞机飞行高度 H ,当有遥控平飞指令Command_Even到来时,飞行控制软件平飞模块解算,算出升降舵偏角 δ_z 输出给升降舵机,飞机进入平飞状态。 Δt 为飞行控制软件平飞模块的相应时间,需要检测,属于嵌入式软件的性能

测试,用专用工具可以方便测出。

定高平飞控制律为

$$\delta_z = K_z^\theta (\delta - \theta_g) + K_z^{\omega_z} \omega_z + K_z^{H_z} (H - H_0) + K_z^{\dot{H}} \dot{H}$$

其中,

δ_z ——升降舵偏角;

θ ——俯仰角;

θ_g ——给定俯仰角;

H ——飞机实际高度;

H_0 ——飞机定高高度;

$\dot{H}$ ——飞机高度变化率;

$K_z^\theta, K_z^{\omega_z}, K_z^{H_z}, K_z^{\dot{H}}$ ——控制系数。

通过用例图与顺序图,我们方便地对飞行控制软件需求阶段的文档进行评审,消除用自然语言描述的不准确性、二义性,为顺利开展单元测试、集成测试、系统测试和验收测试打下坚实的基础。利用用例图与顺序图,我们可以产生测试用例。图4中顺序图实现飞行控制软件的平飞操作。采用等价类、边界值的方法,对俯仰角 θ 、俯仰角速度 ω_z 、飞机飞行高度 H ,以及遥控平飞指令Command_Even附不同值,运用正交设计方法可以得到一系列测试用例来测试飞行控制软件平飞软件模块,其中也需要注入一定的故障来检测系统的异常性,保证软件的可靠性。

4 结束语

通过合适的模型检测与仿真,生成软件测试用例,有效提高测试效率。多个检测模型综合应用,相互补充,可以达到软件测试的最好效果。模型检测技术与软件测试技术集成得越紧密,软件测试的效率会更高。

参考文献:

- [1] 赖祥伟.形式化软件测试模型研究[J].计算机科学,2004(11).
- [2] 颜炯.基于模型的软件测试综述[J].计算机科学,2004(2).
- [3] 贾晓琳,颜炯.基于体系结构的软件测试技术[J].西安交通大学学报,2005(8).
- [4] 刘久富.基于B方法飞行控制软件的形式规约[J].南开大学学报(增),2005.

(责任编辑:卓光)

Model-Checking Based Software Testing

Abstract: This paper puts forward the integrated frame for model-checking method and software testing method. On the basis of software checking model, we conveniently generate the test cases through model simulation. This method improves the software testing efficiency and decreases the software testing cost. We take flight control software as case study, verificate and validate the reliability of the flight control software.

Key Words: Model-Checking; Software Testing; Test Case; Requirement Specification