

软件寿命的建模及仿真算法

张德时

(盐城工学院 现代教育技术中心,江苏 盐城 224051)

摘要:借助于软件模块化和概率论的基本思维方法,对软件可靠性进行估计,将系统看成是由多个模块所组成的整体,先计算各个模块的寿命函数,在此基础上根据模块和系统之间的逻辑关系得到软件系统的寿命函数,再通过模块寿命函数的不同取值获得软件寿命的多种仿真算法。该方法不仅适用于软件可靠性的预测,也可用于计算软件平均持续工作时间,为同类问题的解决提出了一种新的思路。

关键词:软件寿命;概率论;模块化;仿真;算法

中图分类号:0212.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2009)01-0071-04

软件系统的可靠性是表示软件系统性能高低的一种可靠性数量指标,它被定义为:在规定的条件下和时间内,软件不引起系统失效的概率,从另一个方面来说就是软件系统的寿命。所谓寿命,对于软件系统来说,是指软件从上一次故障到下一次故障间的运行时间。1972 年 JM^[1]模型的提出,使软件可靠性受到了人们的重视,从那以后人们提出了众多的软件可靠性模型,为了能够准确描述软件在测试过程中其可靠性的变化规律,大多数软件可靠性模型都存在各种假设条件。如 1972 年提出的 JM 模型,做了这样的假设:①开始测试时软件中所包含的缺陷总数是一个常数;②缺陷一经被查出即被完全排除;③任何时候的故障率都与软件的剩余缺陷数成正比。

作为软件可靠性研究领域中的重要的一部分,软件可靠性评估主要是基于各种软件可靠性模型上进行^[2-5],这些模型都具有不同的假设条件,目前还没有被推荐为广泛应用的模型,并很少有文献讨论软件寿命的建模及仿真算法。软件系统是可修复系统,但它和一般的可修复系统有一定的区别,我们知道一个软件系统由许多功能相对独立但数据共享的模块组成,只要其中一个模块处于故障状态,整个软件系统都将失效,这很类似于串联可修复的硬件系统,但是适用于硬件系统的并联模型、混联模型, $m/n(G)$ 表决模型以及旁联

模型都不再适合于软件系统。在可视化的程序设计中,无论是基于单机版的软件系统或是基于 B/S 结构的网络应用系统,往往均是通过模块的开发(程序编制),然后运用调用(load、show 或超级链接 link)等手段进行系统集成来进行软件设计、开发、测试与运行的,因此软件寿命研究应该具有比较强的直观性和针对性。本文借助于软件模块化和概率论的基本思维方法,从另外的角度对软件可靠度进行估计,将系统看成是由多个模块所组成的整体,在模块与软件之间建立寿命函数,通过模块的寿命函数取值获得软件寿命的多种仿真算法。

1 寿命函数

随着新的面向对象的设计方法和技术的成熟,软件生命周期设计方法的指导意义正在逐步减少。目前,软件开发按框架设计,按过程开发。因此,软件可靠度与软件设计中的模块的多少成反比。模块越多,其出现故障的机率越大,可靠度越差。软件系统的寿命取决于软件设计中的每一模块的寿命及其各个过程之间的关联关系。软件系统每个模块的仿真寿命定义如下。

假设 S 是任意软件, T 是 S 可能出现的寿命的集合, $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, A 是一组仿真运行, $A(S, T)$ 是运用仿真运行 A 所测得的 S 的寿命集

收稿日期:2008-07-11

作者简介:张德时(1956-),男,江苏盐城人,高级实验师,主要研究方向为现代教育技术应用。

合,其元素为 A_i ,则 $A(S,T) \subset T$ 。我们定义

$$\hat{T} = \sum_{i=1}^{N(A(S,T))} x_i A_i$$

为某个模块的寿命,其中 $N(A(S,T))$ 为集合 $A(S,T)$ 的个数, x_i 为加权系数且 $\sum_{i=1}^{N(A(S,T))} x_i = 1$ 。

基于模块化的思想,我们知道,软件总体的寿命取决于每一个模块的可靠性,而且依赖于前面各个模块的状态,要保证整个软件系统的可靠性,必须要求每一个模块及其前面模块都是可靠的。所以,我们可以定义软件系统的寿命函数为:

软件系统的寿命函数是表示系统寿命与各个模块寿命之间逻辑关系的一种函数,设软件系统由 n 个模块组成,则寿命函数可表示为

$$T = f\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$$

其中 T 表示软件系统的寿命, $T_i (i=1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 个模块的寿命。

2 软件系统具有过程串行特征时的寿命函数

软件系统中两个模块串行与调用是软件设计



图 1 软件的两个串行模块

Fig. 1 Two serial module of software

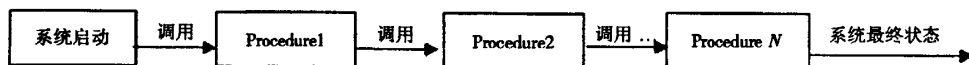


图 2 软件的 n 个串行模块

Fig. 2 Serial modules of software

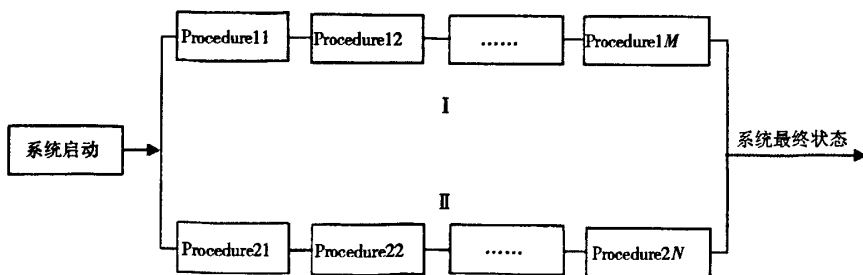


图 3 软件的过程布局

Fig. 3 Placement of software procedure

中最简单的一种形式,因此我们首先从常见的两模块串行的软件可靠性分析开始,然后得到一般的形式。两模块串行软件系统如图 1 所示。

模块 Procedure1 记为 P_1 , Procedure2 记为 P_2 , 用 S 表示系统。在过程调用中,研究软件系统寿命的本质就是研究模块 P_1 和 P_2 的寿命,所以 S 的寿命如下:

$$T = f\{T_1, T_2\} = \min\{T_1, T_2\}$$

一般地,如果一个软件系统包括 $N(N>2)$ 个模块 $P_1, P_2, \dots, P_N$ 且具有串行特征时,软件系统可简化为如图 2 所示。

同理,我们可得软件系统的寿命如下:

$$T = f\{T_1, T_2, \dots, T_n\} = \min\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$$

3 软件系统过程具有先串行后并行特征时的寿命函数

在一个大型的软件系统中,模块之间往往存在比较复杂的情况,如模块串行与并行共存,这里我们先讨论先串行后并行的状况,并给出相应的可靠性模型,其系统过程分布如图 3 所示。

在这种过程分布情况下,如果将分布作为一个电子线路,由概率论的知识,则系统的寿命函数如下:

$$T = f\{T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}, T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n}\} = \max\{\min(T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}), \min(T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n})\}$$

但这不能作为软件系统的寿命函数,作为一个软件系统,只有在每一模块可靠而且全部分支也可靠的情况下,整个系统才可靠。为此,软件系统模块先串行后并行的系统寿命函数应该如下:

$$T = f\{T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}, T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n}\} = \min\{\min(T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}), \min(T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n})\}$$

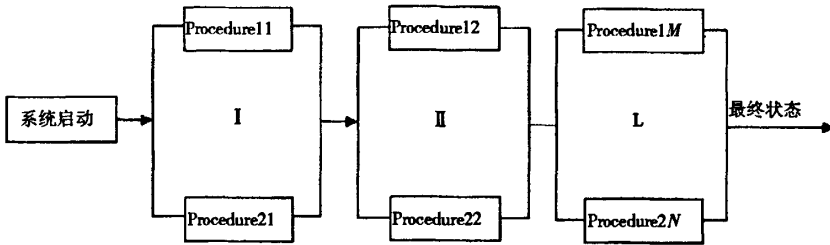


图4 软件的过程布局

Fig. 4 Placement of Software Procedure

5 软件系统过程存在“桥式”关联特征时的寿命函数

以上的两种过程的运行方式是比较典型的,但软件系统的运行往往并不是完全按以上两种形式进行排列的,可能存在多种交互或交叉关联的情形,即呈现网络型交叉调用的功能特征。但无论交叉关联如何复杂,由于局部可靠性决定整体可靠性,因此我们完全可以从分离出一些所谓的“桥式”关联的过程,然后通过对其的可靠性

4 软件系统过程具有先并行后串行特征时的寿命函数

对于软件系统中的模块先并行后串行的情形可以用如图4所示的图形加以描绘。

在这种分布情况下,由模块化思想和概率论知识可得此模型的寿命函数为:

$$T = f\{T_{11}, T_{21}, T_{12}, T_{22}, \dots, T_{1n}, T_{2n}\} = \min\{\min(T_{11}, T_{21}), \dots, \min(T_{1n}, T_{2n})\}$$

研究来说明系统可靠性问题。这种联接方式来自于电子学中的“桥式电路”,因此我们称它为“桥式”关联。其过程关联如图5所示。

根据串并联软件系统的寿命函数,我们可以得到“桥式”关联模型的寿命函数为:

$$T = f\{T_{11}, T_{21}, T_0, T_{12}, T_{22}\} = \min\{T_{11}, T_{21}, T_0, T_{12}, T_{22}\}$$

6 软件系统寿命的仿真算法

模型与真实世界之间最重要的关系就是抽象和映射。抽象过程是建模的基础,本文首先将软

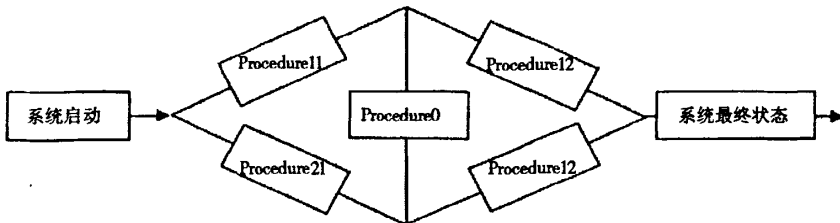


图5 软件的模块之间为“桥式”关联的情形

Fig. 5 “Bridge” association of software modules

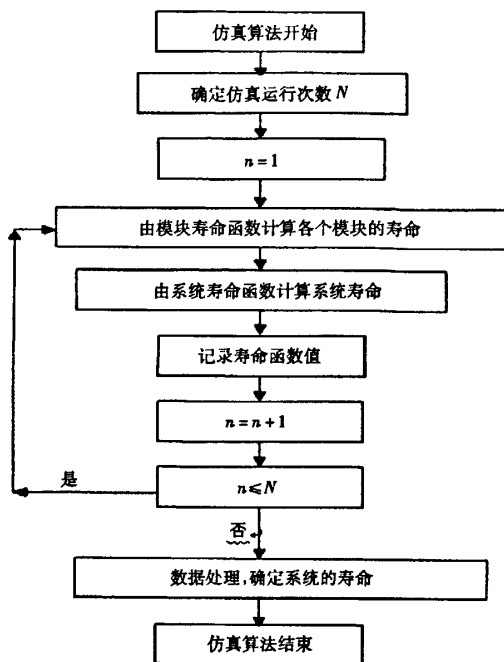


图 6 寿命仿真流程图

Fig. 6 Life Simulation Procedure

件分解为一些模块的组合,然后建立如图 6 所示的仿真结构图。先计算各个模块的寿命函数,然后在此基础上根据模块和系统之间的逻辑关系得到软件系统的寿命函数。

7 结束语

随着软件规模的不断扩大化,复杂化以及软件危机的出现,软件可靠性越来越受到人们的高度重视。本文运用模块化思想和软件系统可靠性的特点,提出了一种简单可行的系统寿命仿真算法,该方法不仅适用于软件可靠性的预测,也可用于计算软件平均持续工作时间,为同类问题提出了一种新的思路。

参考文献:

- [1] Jelinski Z, Moranda P B. Software reliability research Statistical Computer Performance[M]. New York: Evaluation, Ed, Freiburger, W, Academic presses, 1971.
- [2] 伍俊良,邹黎敏,陈香萍,等.基于马尔可夫过程的软件可靠性模型[J].统计与决策,2007(23):24-26.
- [3] 张忠林,马海云.一种软件可靠性的随机测试模型研究[J].微计算机信息,2006(34):302-304.
- [4] 张永强,孙胜娟.基于未确知理论的软件可靠性建模[J].软件学报,2006(8):1681-1687.
- [5] 房详忠,陈家鼎,陈琳钰.基于一种新模型对软件可靠度的估计[J].系统科学与数学,2005,25(3):323-330.

The Method of Modeling and Simulation Algorithm

ZHANG De-shi

(Center of Modern Educational Technology, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: The paper presents the correct degree which is executed under users' requirement and designed object. Based on probability and modularization of software, we can estimate the reliability of software in the other way, treat the system as a whole including several models. We first calculate the life of the modules function, and then gain the life function of software systems on the basis of the logic of relations between the models and systems, from which we can access to a variety of simulation algorithms. This method can not only apply to the forecast of software reliability, but also be used to calculate the average duration of software. Additionally, it presents a new way for the settlement of the similar issue.

Keywords: software life; probability; modularization; simulation; algorithm

(责任编辑:张英健;校对:沈建新)