

面向移动 Agent 的软件度量工具的设计

程转流^{1,2}, 胡为成², 王本年²

(1. 合肥工业大学 计算机学院, 安徽 合肥 230009;

2. 铜陵学院 计算机系, 安徽 铜陵 244000)

摘要:利用软件度量工具对软件的质量属性度量,对于提高程序的质量有重要意义。在分析面向移动 Agent 的度量指标的基础上,设计并实现一种基于移动 Agent 的软件度量工具,该工具通过度量 Agent 与系统中其它 Agent 进行交互来获取度量所需信息并对其进行加工处理,用户可以通过度量 Agent 提供的接口查询度量的结果。最后给出度量指标与度量特征之间关系的实验结果。

关键词:软件度量工具;软件质量;移动 Agent;度量指标

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)01-0151-03

Design of Mobile Agent - Oriented Software Metric Tools

CHENG Zhuan-liu^{1,2}, HU Wei-cheng², WANG Ben-nian²

(1. College of Computer Science, Hefei Technology University, Hefei 230009, China;

2. Department of Computer Science, Tongling College, Tongling 244000, China)

Abstract: Making use of the software metric tool to metric the quality attributes of software source codes is important to increase procedure quality. A software metric tool is designed and implemented on the basis of analyzing the mobile agent - oriented metric merit. Through the interaction between metric agent and other agents in the system, metric - needed information is gained and processed. The results of metrics can be inquired by using the interface provided by mobile agent. The experiments results on the relation between metric merit and metric features are given.

Key words: software metric tools; software quality; mobile agent; metric merit

0 引言

软件度量 (software metric) 从 1968 年被正式提出以来,经过三十多年的研究,其重要性已被广大软件工程师研究人员和实践者所认同。软件度量的实质是将软件的属性数量化。度量是手段而不是目的,软件度量的真正目的是用软件度量学的方法来科学地评价软件质量,更有力地对软件开发过程进行控制和管理,合理地组织和分配资源,制定切实可行的软件开发计划,降低成本获得高质量软件。

近年来,对于 Agent 及 Agent 技术^[1]的研究已逐渐成为计算机科学领域一个新的热点。尤其是面向移动 Agent 的程序设计方法^[2] (Mobile Agent - oriented programming) 不仅继承了 O-O 方法和 M-O 方法的

优点:通用性、模块性、重用性、扩展性和移植性,而且进一步发展了 O-O 方法和 M-O 方法,提高了软件系统的智能性、互操作性、灵活性和程序的自动化水平、智能化水平;基于 Agent 的系统已体现了一种新的软件开发范型^[3,4]。传统的面向功能和面向对象的软件度量已不完全适应面向 Agent 的软件。文中在分析面向移动 Agent 的度量指标的基础上,设计并实现一种基于移动 Agent 的软件度量工具。

1 移动 Agent 技术

20 世纪 90 年代初由 General Magic 公司在推出商业系统 Telescript 时提出了移动 Agent 的概念。简单地说,移动 Agent 是一个能在异构网络中自主地从一台主机迁移到另一台主机,并可与其他 Agent 或资源交互的程序,实际上,它是 Agent 技术与分布式计算的混合产物,由此定义可推知移动 Agent 具有以下特性:移动性、自主性、安全性、协同性、智能性和社会性等。传统的 RPC 客户和服务器的交互需要连续通信的

收稿日期:2007-03-05

基金项目:安徽省教育研究项目(2005316);安徽省高等学校自然科学基金项目(KJ2007B236)

作者简介:程转流(1979-),女,安徽潜山人,讲师,硕士研究生,研究方向为软件度量与测试、编译技术等。

支持;而移动 Agent 可以迁移到服务器上,与之进行本地高速通信,这种本地通信不再占有网络资源。移动 Agent 迁移的内容既包括其代码也包括其运行状态。

移动 Agent 系统由移动 Agent 和移动 Agent 服务器两部分组成。移动 Agent 服务器基于 Agent 传输协议(Agent Transfer Protocol)实现 Agent 在主机间的移动,并为其分配执行环境的服务接口。Agent 在服务器中执行,通过 Agent 通信语言 ACL(Agent Communication Language)相互通信并访问服务器提供的服务。

移动 Agent 体系结构可定义为以下相互关联的模块:安全代理、环境交互模块、任务求解模块、知识库、内部状态集、约束条件和路由策略(如图 1 所示)^[5]。体系结构的最外层为安全代理,它是 Agent 与外部环境通信的中介,阻止外界环境对 Agent 的非法访问。Agent 通过环境交互模块感知外部环境并作用于外部环境。Agent 的任务求解模块包括 Agent 的运行模块,以及与 Agent 任务相关的推理方法和规则。知识库是 Agent 所感知的世界和自身模型,并保存在移动过程中获取的知识和任务求解结构。内部状态集是 Agent 执行过程中的当前状态,它影响 Agent 的任务求解过程,同时 Agent 的任务求解又作用于内部状态。约束条件是 Agent 创建者为保证 Agent 的行为和性能而做出的约束,如返回时间、站点停留时间及任务完成程度等,一般只有创建者拥有对约束条件的修改权限。路由策略决定 Agent 的移动路径,路由策略可能是静态的服务设施列表(适用于简单、明确的任务求解过程),或者是基于规则的动态路由以满足复杂和非确定性任务的求解。

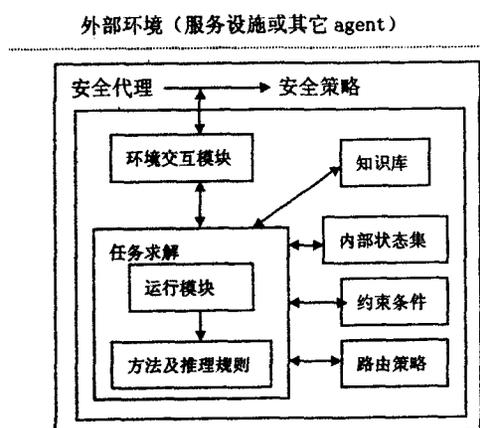


图 1 移动 Agent 的结构模型

2 面向移动 Agent 的度量指标

选择以下度量指标的原因在于这些度量指标既包含了传统度量中的典型方法,又体现了面向移动 Agent 度量的一些特点。

(1)传统方法分析^[6,7]:

①圈复杂度(CC)为独立路径的条数;

②注释率(COMMENT)为注释行数与总行数的比率。

以上度量指标主要用于统计程序的最基本的信息。

(2)Agent 的基本度量^[8]:

①学习能力(LC, Learning Capability)。在相同的时间内,LC 大的 Agent 获取了更多的知识,学习能力更强。Agent 的学习能力强,表明该 Agent 具有较高的智能;

②响应时间(RT, Response Time)。某个 Agent 从受到外界刺激或接收到服务请求到做出正确反应所用的时间,响应时间越短,说明 Agent 的反应能力越强,其反应性能越好;

③移动性能(MP, Mobile Performance)。移动 Agent 降低网络负载,克服网络延迟的程度。

(3)Agent 系统度量:

①Agent 总数(TNOA, Total Numbers of Agent)。多 Agent 系统中 Agent 的总个数;

②Agent 依赖度(DGD, Depending Degree)。某个 Agent 为了完成任务所依赖的 Agent 数目与 Agent 总数的比值;

③Agent 被依赖度(DDD, Depended Degree)。依赖于某个 Agent 的 Agent 个数与 Agent 总数的比值;

④Agent 交互数(NOI, Number of Interaction)。与 Agent_i 有直接交互协作关系的 Agent 个数;

⑤社会理性度量(SR^[9], Social Rationality)。社会理性的模型为:Agent 社会理性 = $k_1 * \text{利己效用} + k_2 * \text{利他效用}$, 序参量 k_1 和 k_2 的计算表达式: $k_1 = \frac{k_u - F}{k_u + F}$, $k_2 = 1 - k_1$, F 表示来自外部或内部的各种干扰。

3 基于移动 Agent 的软件度量工具的设计

在多 Agent 系统中,设计一个度量 Agent, 简称为 MA, MA 具有移动特性,可在网络中自主迁移并与其它 Agent 交互以获取度量所需信息并对其进行加工处理;用户可以通过 MA 提供的接口查询度量的结果。MA 的结构如图 2 所示。

MA 各部分功能和工作原理如下:

(1)通信模块。由于 Agent 是具有高度封装性的软件实体,度量所需的大量信息只有通过 MA 的通信模块与被度量的 Agent 不断交互才能得到。

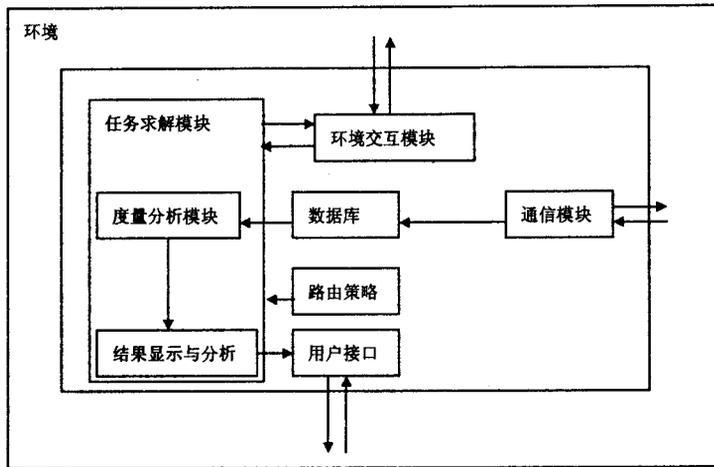


图 2 MA 结构模型

(2)数据库。用来存放通信模块从各 Agent 处交互得来的度量信息。

(3)任务求解模块。它由度量分析模块和结果显示与分析模块组成。度量分析模块取出数据库中的信息进行处理,得到指标的度量值,并把它们存储在度量结果库或送往结果显示与分析模块。结果显示与分析模块可以显示各种度量指标的统计值,并以直方图或曲线图的形式表示出来,从而帮助软件管理者提高软件质量。

(4)路由策略。移动 Agent 的效率在很大程度上决定于路由策略的优化,可行的路由策略有两种:固定路由和基于规则及目录服务的动态路由。

(5)用户接口模块。用户可以通过此接口直接查询度量的结果。

(6)环境。是 MA 要度量的多 Agent 系统。

4 实验结果

采用 Aglet 作为系统开发测试平台,Aglet 是由 IBM 公司用纯 Java 开发的移动 Agent 技术,并提供着实用的平台——Aglet Workbench。让人们开发或执行移动 Agent 系统。文中利用设计的工具分析了 15 个小型多 Agent 系统,总结出以下结论:

(1)经过对 Agent 系统进行度量分析后,发现在实际中,软件的度量指标在一定的范围内是比较理想的,当然如果度量指标不在范围内的并不表明是所设计的软件比较差。因为一些度量指标的变化趋势是相互矛盾的,特别是在分析 DGD 和 DDD 这两个指标时,发觉这两个指标实际上是一对矛盾实体,希望追求高的被依赖度、低的依赖度,但是这恰恰是矛盾的,也就是说只能在 DGD 和 DDD 这两个度量指标中寻找一种比较合适的度,因此不能笼统地说 DGD 和 DDD 这两个度量指标值是较大好还是较小好。总之,在编写软件时,

既要满足度量指标在一定的范围内波动,又要根据具体问题具体分析。

(2)本工具将软件度量这一定性度量问题转化为定量的度量,也就是以图形的形式直观地显示分析结果,采用的图形为直方图和曲线图。采用直方图的优点是能直观地显示各种度量指标,可以从直方图中直接显示各个度量指标不同数据段中类的数目。采用曲线图的优点是能从曲线图中能直接显示各种度量指标在不同数据段的走势,能直观观测不同软件的各种度量指标,看出软件各种属性的优缺点。

(3)通过分析传统的度量、Agent 的基本度量和 Agent 系统度量,总结了各种度量指标对软件质量和软件的维护、测试、理解、重用等方面的影响。度量与软件质量特征的关系见表 1。

表 1 度量指标与软件质量特征的关系

度量	目标性	健壮性	易出错	可修改性	可测试性	可理解性	可维护性	可重用性
CC	↓	↓	↑	↓	↓	↓	-	-
COMMENT	↓	↑	↓	↓	-	↑	↑	-
LC	↑	-	↑	↓	↓	-	-	↑
RT	↓	-	-	↓	↓	-	-	-
MP	-	-	↑	↓	↓	-	-	↑
TNOA	-	-	↑	↓	↓	↓	↓	-
DGD	↓	-	↑	↓	↓	↓	↓	-
DDD	↑	-	↓	↓	↓	↓	↓	-
NOI	-	↓	↑	-	↓	↓	↓	↓
SR	↑	-	-	↓	↓	-	↓	-

说明:↑表示值越大,对质量特征的影响越好;↓表示值越大,对质量特征的影响越差;-表示对质量无影响。

5 结语

在分析面向移动 Agent 的度量指标的基础上,设计并实现一种基于移动 Agent 的软件度量工具,工具设计结构清晰,方便灵活,具有一定的理论价值和使用价值。对于移动 Agent 的特殊性,下一步要深入研究移动 Agent 及其理论,分析面向移动 Agent 的各个特征,为进一步扩充、完善面向 Agent 的度量指标打下基础。

参考文献:

- [1] 石纯一,张伟,徐晋晖,等.多 Agent 系统引论[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [2] Shoham Y. Agent-oriented programming[J]. Artificial Intelligence, 1993, 60: 51-92.
- [3] Wooldridge M, Jennings N R. Intelligent Agents: Theory and

(下转第 156 页)

(1) 计算差别矩阵以属性为指标,部分样为观测对象,设临界值为 1 求灰色关联聚类;

(2) 从聚为一类的属性中保留一个,并在差别矩阵中删除其余的属性。计算属性频率:

$$f(a) = |A| / |C|$$

(3) 从 E 中选择最大 $f(a)$ 的属性 a 加入到 R 中;

(4) 令 $R = R + \{a\}, E = E - \{a\}$, 计算 $POS_R(D)$ 是否等于 $POS_C(D)$, 若是则结束, 否则, 转(3);

(5) 输出 R , R 即为属性约简。

算法二:

(1) 计算属性出现的频率: $f(a) = \lambda_{ij} / D_{ij}$, 当 $a \in D_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n$. n 为样本个数;

(2) 对每个属性 $a \in E$, 根据式(1) 计算其属性重要度 $M(a)$;

(3) 选择 $M(a)$ 值最大的属性, 加入至 R 中;

(4) $R = R + \{a\}, E = E - \{a\}$, 计算 $POS_R(D)$ 是否等于 $POS_C(D)$, 若是则结束, 否则, 转(2);

(5) 输出 R , R 即为属性约简。

计算属性的灰色关联度, 及进行聚类仅对部分样本进行计算, 故算法时间复杂度和基于属性频率的算法复杂度相同, 故在时间上一样快。

3.2 算法实验分析

在职位的任职资格指标体系中, 如何精选那些代表性好、灵敏度高、特异性强、易于测评的指标是试图通过基于粗糙集数据挖掘要解决的问题。以某单位任职资格评审原有的指标为例进行数据集的属性约简。该测评共有 15 个指标(属性): 申请书印象、学术能力、讨人喜欢程度、自信程度、精明、诚实、推销能力、经验、积极性、报负、外貌、理解能力、潜力、交际能力、适应能力。而每个观测样本(具体的人)在指标(属性)中品质, 可由申请书印象、学术能力、诚实等描述, 所以指标(属性)具有一定的重复性。样本数为 1000。灰色关联算法显示学术能力与经验, 外貌与理解能力关联度很大。运用对数据进行属性约简。算法二实验结果较算法一及基于频率函数的方法得到属性集个数少。算

法一仅在时间上较频率函数方法小。

4 结 语

粗糙集理论的主要思想是在保持分类能力不变的前提下, 对属性进行约简, 进而导出分类规则, 因此, 属性约简是粗糙集理论的核心内容。由于寻找决策表属性的最小约简是 NP-hard 问题, 因此应采用启发式算法进行求解。而启发式算法要着重考虑属性间的关联度才能保证在大数据集及高维属性下的有效性。文中的启发式信息, 由于考虑了属性间关联性, 算法在一定程度上还可以减少相对约简中的冗余属性, 且具有较好的时间性能。

参考文献:

(上接第 153 页)

Practice[J]. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115-152.

[4] 赵龙文, 侯义斌. 智能软件: 由面向对象到面向 Agent[J]. 计算机工程与应用, 2001(5): 41-43.

[5] 张云勇, 刘锦德. 移动 Agent 技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[6] 郑人杰, 殷人昆, 陶永雷. 实用软件工程[M]. 北京: 清华大

[1] Pawlak Z. Roughset: theoretical aspects of reasoning about data[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.

[2] Perkins C E, Royer E M. Ad Hoc on Demand Distance Vector (AODV) Routing[S]. IETF MANET WG Internet draft, 2000.

[3] 王 珏, 王 任, 苗夺谦, 等. 基于 Rough Set 理论的“数据浓缩”[J]. 计算机学报, 1998, 21(5): 393-399.

[4] 苗夺谦, 胡桂荣. 知识约简的一种启发式算法[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(6): 681-684.

[5] 石 峰, 姜臻亮, 张永清. 一种改进的粗糙集属性约简启发式算法[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(4): 478-481.

[6] 张冬玲. 基于粗糙集理论的属性约简算法的实现[J]. 计算机应用, 2006, 26: 78-82.

[7] 马光志, 吴黎明. 基于粗糙集理论的一种属性约简算法[J]. 计算机工程与应用, 2006(18): 171-175.

[8] 胡可云. 基于概念格和粗糙集的数据挖掘方法研究[D]. 北京: 清华大学, 2001.

[9] 卢佳华. 基于属性频率函数的粗糙集属性约简算法[J]. 武汉大学学报: 理学版, 2006(6): 331-334.

[10] 白秀玲, 王平普, 杰 信. 一种粗糙集值约简算法及其应用[J]. 微计算机信息, 2006(11)7: 207-209.

[11] 刘思峰, 党耀国, 方志耕. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[12] 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 等. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

学出版社, 1997.

[7] 侯惠芳, 彭成寒. 面向对象软件度量工具的设计实现[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(6): 1447-1449.

[8] Harrison R, Nithi R. An evaluation of the MOOD set of object-oriented software metrics[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1998, 24(6): 491-496.

[9] 程显毅, 石纯一. Agent 社会理性的研究[J]. 软件学报, 2001, 12(12): 1825-1829.