

# 基于遗传神经网络的可信 Web 服务度量模型\*

张 杨, 房 斌, 徐传运  
(重庆大学 计算机学院, 重庆 400044)

**摘要:** 针对目前可信 Web 服务缺乏客观科学的度量方法的问题, 首先建立了针对 Web 服务的可信属性模型 TM-WS, 形式化地描述 Web 服务的可信属性及其度量因子之间的关系; 然后将神经网络的自我学习和遗传算法的全局寻优相结合, 设计了可信 Web 服务度量模型 EPTMM 及其基本算法 ANNGA, 使其能随设定条件的变化进行灵活推算以满足可信 Web 服务选型中随时可能改变的用户需求; 最后开发了一个简单的原型系统以验证 EPTMM 及 ANNGA 在指导可信 Web 服务选型中的可行性和有效性。

**关键词:** 可信 Web 服务; 度量模型; 神经网络; 改进的遗传算法

**中图分类号:** TP311.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2010)01-0215-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.01.063

## Trustworthy metrics model for Web service using genetic neural network

ZHANG Yang, FANG Bin, XU Chuan-yun  
(College of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that there was short of objective metrics methods for trustworthy Web service, this paper gave the trustworthiness model for Web service to describe the relations between trustworthiness elements and metric factors, designed entire process trustworthiness-metric model for TM-WS by combining the self-learning of artificial neural network and global optimizing of genetic algorithm so as to enable it calculate with the changes of conditions to meet variational users' requirements in trustworthy Web service selection. Finally validated the validity of EPTMM and ANNGA in trustworthy Web service selection by a prototype system.

**Key words:** trustworthy Web service; metrics model; artificial neural network; improved genetic algorithm

Web 服务的推广为实现全球化的动态电子商务和企业业务流程重组提供了有力的支持, 但由于 Web 服务自身的复合性及其运行环境的复杂性和开放性, 不可避免地存在诸多可信性问题。面对众多陌生的远程实体, 服务请求者如何判断对某个服务的访问是否可信, 如何在诸多功能相同或相似的 Web 服务中进行选择, 如何预先对服务及其提供者的可信度进行度量以便最大程度地避免风险。可信性度量通过对软件的各种可信属性进行分析, 利用定量与定性相结合的方法来衡量软件的功能和性能、分析软件缺陷发生的规律等<sup>[1,2]</sup>。本文通过对 Web 服务的可信属性进行分析归纳, 采用人工神经网络与遗传算法设计了可信 Web 服务的度量模型及其基本算法, 为可信 Web 服务的选取提供支持。

### 1 可信属性模型

软件属性的深入分析是度量的基础之一<sup>[3]</sup>, 作为一个特殊形态的软件, Web 服务的可信性分为内部属性、外部属性以及在组合过程中产生的组合属性。其中, 内部属性是指功能、效率、可靠性等; 外部属性是指易用性、可维护性、可移植性、可重用性等, 体现了服务的静态可信度; 而组合属性涉及的是有效性、生产率、安全性、满意度等, 表现出服务的动态可信度<sup>[4]</sup>。这两者之间的关系是组合属性依赖于相应的外部属

性, 而外部属性又依赖于相关的内部属性。

本文综合内部属性、外部属性与组合属性, 建立了针对 Web 服务的可信属性模型 (trustworthiness model for Web service, TM-WS), 如图 1 所示。



图 1 Web 服务的可信属性模型

对 TM-WS 中涉及的抽象属性进行解析, 得到如表 1 所示的部分度量因子。

表 1 TM-WS 的部分度量因子

可信属性	度量因子	基本含义
外部属性	明确性	需求的含义惟一
	完整性	对需求的描述足够详细
	理解性	文档的结构和可读性
	波动性	变化频率
	可跟踪性	对设计、实现、测试进行跟踪的难易程度
内部属性	结构复杂度	从模块进、出的调用数目
	程序复杂度	代码行数、数据类型、参数数目、条件语句嵌套的深度
	文档复杂度	程序的注释
组合属性	正确性	完成需求的程度

TM-WS 在三类基本可信属性的基础上, 引入了针对 Web

收稿日期: 2009-04-21; 修回日期: 2009-05-31      基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20060611009); 2006 年教育部资助项目(NCET-06-06-0762); 重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2007BA2003, CSTC2006BB2003)

作者简介: 张杨(1981-), 女, 重庆人, 博士研究生, 主要研究方向为可信计算、软件度量(octoberzhang@163.com); 房斌(1967-), 男, 四川成都人, 教授, 博导, 主要研究方向为图像处理、模式识别; 徐传运(1979-), 男, 重庆人, 博士研究生, 主要研究方向为 P2P 搜索。

服务的度量因子,产生的数据用来形成可信度量指标系统。

## 2 可信性度量模型

在可信属性模型的基础上,本文设计了全程可信度量模型(entire process trustworthiness-metrics model for TM-WS, EPTMM),如图 2 所示。

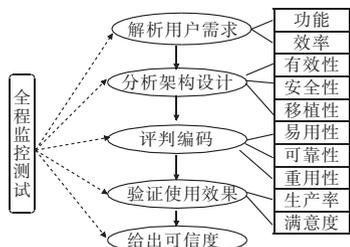


图 2 全程可信度量模型 EPTMM

EPTMM 的基本思路是:准确解析用户对于功能和效率的真实需求,仔细分析服务的架构设计(有效性、安全性、移植性),精确评判服务编码遵守规范(易用性、可靠性、重用性)的程度,验证服务在生产率和满意度方面的具体使用效果,给出包括数据和文字说明的度量结果,以指导用户的服务选型决策。其主要步骤如下:

a) 明确选型目标。选型是为了在众多服务中选取合适的,因此在进行度量之前,应该重新明晰选用该服务的准确目的和具体需求。

b) 设计度量指标体系。采用度量模型的主要目的是为了在最大程度上避免主观性,因此应尽量使用客观性指标;但是,因为度量过程的特殊性,很多质量因素不可能完全量化为客观性指标,所以必须设计一些主观性指标,由软件专家、企业管理人员和软件操作人员分别对其进行相关领域的评分。

c) 确定各个度量指标的权重系数。结合软件的设计要求和用户需求,确定指标体系中各个度量指标的具体权重系数或其所占比例。

d) 收集度量数据。尽可能地自动收集数据。

e) 执行分析。分析实际数据与计划数据的偏差。

f) 得到每个指标对应的度量值。对客观指标,通过对权重函数进行计算,得到针对某一特定软件产品的每个度量指标值;对主观指标,由系统工程专家、经济学专家、业务部门人员和客户代表组成的专家小组打分。

g) 展现度量结果。通过对权重函数进行计算,综合各个度量值,得到该软件产品最终的度量分值。

h) 由专家给出文字性的评价。对于最后得到的度量分值,由专家小组分别对功能、性能、文档等各方面进行综合分析,形成一个统一的文字性评价,以供最终的选型决策。

EPTMM 通过全程的监控、测试来获得准确、全面、有针对性的数据,并用容易理解的方式来展现度量结果以辅助用户的服务选型。

## 3 模型算法

因为度量的过程和数据能随需求和目标的变化进行周期性的评估和改进,所以可利用神经网络来完成这一不断进化的迭代过程。由于遗传算法能够通过寻找局部最优逐步确定全局最优,而且具有较强的鲁棒性,是一种动态调整神经网络结构和权值的理想算法,将遗传算法与前馈网络结合起来,不仅能发挥神经网络的泛化映射能力,而且使神经网络具有较快的

收敛性和较强的学习能力<sup>[5,6]</sup>。

因此,本文采用基于遗传算法的三层前向网络(artificial neural network improved by genetic algorithm for EPMM, ANNGA)作为全程度量模型 EPMM 的基本算法,表示为一个四元组  $[V, E, f, s]$ 。其中,  $V$  是神经元节点的集合;  $E$  是神经元之间连接的集合;  $f$  是激活函数;  $s$  是学习算法,分成三个步骤:

$$net_i = \sum_j w_{ij} \alpha_j + \theta$$

a) 前向传播。  $\theta_i = f(net_i)$ 。

b) 误差反向传播。对于输出层  $\delta_i = f'(net_i)(y_i - o_i)$ ; 对于隐含层  $\delta_j = f'(net_j)' \sum_k \delta_k w_{kj}$ 。

c) 权重更新。  $w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha \delta_i o_j$ 。

ANNGA 算法的基本思想是:根据度量指标对各项度量因子进行全程检测以获取具体数值,再根据适应度函数对这些参数进行仔细分析以评估出其权重(即各个度量因子对服务可信度的影响程度),最后根据权重函数计算出服务的可信度。ANNGA 以一个没有隐层节点的网络开始,输入直接连接到输出,重复如图 3 所示的步骤直到误差小到可接受程度。

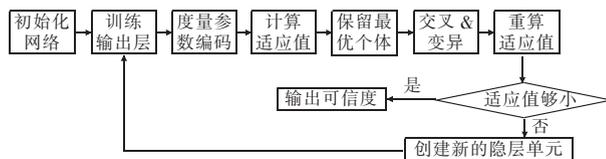


图 3 基于遗传算法的神经网络 ANNGA

a) 初始化网络。构建仅包含输入层和输出层两层网络,在输入层和输出层之间建立连接,并用随机值对网络进行初始化。

b) 训练输出层。采用遗传算法按如下步骤训练输出节点的权重:

(a) 将度量参数(即测量、评估获得的关于软件度量指标的具体数值)编码为若干十进制串(即初始种群),一个度量指标对应于一个十进制位(即一个个体),使模型算法作用于整个参数集而非单个参数。

(b) 计算每个个体基于适应度函数的分值,采用多元适应度函数来引导进化,适应值最小的个体为最优。

(c) 采用选择、交叉、变异产生子代种群,即选出并保留最优个体,将本代的最优个体直接通过交叉与变异进化到下一代以确保全局最优。其中,选择算子采用轮盘赌选择法(即每一类中个体被选中的概率与其适应度函数成比例),交叉算子采用两点交叉实现,交叉概率一般为 0.5 ~ 1,变异概率取 0.001 ~ 0.1。

(d) 在交叉与变异操作中,用当前种群中的最优个体替换其下一代种群中的最差个体,即将上一代最优值放入第 1 个个体,将 2 ~ N/2 个体与 N-1 ~ (N/2)+1 个体的小数点后一或两位小数进行互换,形成新的 (N/2)-1 个个体;同时,对于 (N/2)+1 ~ N 个体的选取,用其后的一或两位小数与 1 ~ N/2 个体的对应位进行互换来获得。

(e) 根据适应度函数对新种群进行重新计算,如果适应值足够小,算法结束,输出结果,否则转步骤 c)。

c) 创建新的隐层单元。创建一个新单元,连接到输入和所有已存在的隐层节点,返回步骤 b)。

遗传算法对适应度函数的要求是单值、连续、非负、最大化,而且目标函数是求神经网络中误差平方和的最小值。因此,生成 ANNGA 的多元适应度函数可采用下列方法:

a) 由相关专家与测试人员组成评审小组,根据服务可信属性 A, 确定度量指标  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ , 评语集及相应于  $A_i$

( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 的测试用例、位态各参数的权重系数。

b) 对于度量指标  $A_i$ , 生成一元适应度函数  $\text{adapt}(A_i)$ 。

(a) 对于  $A_i$  的每个测试用例  $U_i$ , 根据测试结果生成一个关于可监测的状态参数集  $P$  的逼近矩阵  $R_i$ ;

(b) 利用各状态参数的权重系数与上述逼近矩阵  $R_i$ , 确定  $P$  与  $P_0$  的接近程度  $\epsilon \in [0, 1]$ ;

(c) 就  $n$  个测试用例  $U_i$  关于  $P$  的接近程度的取值状况, 构成一元适应度函数  $\text{adapt}(A_i)$ ;

c) 由各  $\text{adapt}(A_i)$  生成多元模糊度量函数  $\text{adapt}(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$ , 并与特性指标  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  的权重系数得到复合多元适应度函数  $\text{adapt}(i)$ 。

### 4 仿真实验

根据全程可信度量模型 EPTMM 及其算法 ANNGA, 本文设计了一个简单的原型系统进行模拟仿真, 以验证其在软件选型决策中的有效性。

假设现有三家公司的库存管理服务, 先根据本文给出的度量因子获取各自具体的指标数据值(表 2), 再根据 EPTMM 及其 ANNGA 对三个服务进行分析计算, 最后得到各自的分数曲线(图 4)。

表 2 三家软件公司 ERP 系统的具体度量值

度量参数	A 公司产品	B 公司产品	C 公司产品
功能完备性	5 分	4 分	5 分
出库单处理时间/s	0.51	0.97	1.2
吞吐率/Mbps	3.2	2.9	3.3
代码规模/万行	40	60	35
故障率/每 48 h	2	1	2
平均失效间隔时间/h	23.97	47.9	23.89
缺陷密度/每 10 <sup>5</sup> 代码行	5	2.5	5
平均失效恢复时间/h	0.03	0.01	0.11
维护性	5 分	4 分	5 分
移植性	5 分	5 分	3 分
重用性	4 分	5 分	3 分
易用性	5 分	5 分	3 分
安全性	3 分	4 分	5 分
满意度	5 分	5 分	3 分

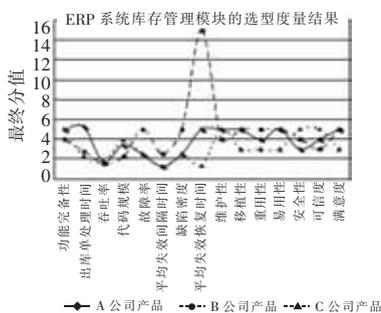


图 4 库存管理服务的度量结果

(上接第 214 页) 平台的安全性。同时, 广义的可信计算平台包括了所有的人机接口, 进而实现真正的用户对用户可信。

### 参考文献:

[1] BRIZEK J, KHAN M, SEIFERT J P, et al. A platform-level trust-architecture for hand-held devices [C]//Proc of Workshop on Cryptographic Advances in Secure Hardware, 2005.

[2] EISENBARTH T, GÜNEYSU T, PAAR C, et al. Reconfigurable trusted computing in hardware [C]//Proc of ACM Workshop on Scalable Trusted Computing. New York: ACM Press, 2007: 15-20.

[3] DIETRICH K. An integrated architecture for trusted computing for Java-enabled embedded devices [C]//Proc of ACM Workshop on Scalable Trusted Computing. New York: ACM Press, 2007: 2-6.

由图 4 可知, A 公司产品得分较高且平稳, B 公司产品各项指标起伏较大, C 公司产品普遍的分较低。因此, 可以认为 A 公司的产品整体水平较其他两家公司都高。

### 5 结束语

本文首先对 Web 服务的可信属性进行分析, 归纳出可信属性模型, 总结出可信属性相关的度量因子; 然后根据度量的基本流程建立了 Web 服务的可信性度量模型, 并将神经网络与遗传算法相结合设计了模型的基本算法; 最后通过一个仿真实验验证了该方法的可行性和有效性。

由于神经网络和遗传算法建立的度量模型具有根据需求条件进行随机调节的能力, 输入源与输出结果之间的关联关系对用户透明, 因而用户可以在已有的数据基础上自动建模、灵活推算, 很适合需求不断变化的软件选型。而且在遗传算法中, 由若干二进制串组成的群体在各类算子的作用下通过寻找局部最优逐步确定全局最优, 从而构成一个不断进化的群体序列, 其多解并行搜索的机理特别适合对若干度量指标在度量权重指导下进行多个具体目标的量化、评估及优化的软件度量问题。神经网络和遗传算法作为有效的信息处理和优化工具正不断融合, 越来越多地应用于软件度量。

### 参考文献:

[1] SIMON C, WEBER P, EVSTIKOFF A. Bayesian networks inference algorithm to implement Dempster Shafer theory in reliability analysis [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2008, 93(7): 950-963.

[2] HU Yong, CHEN Ju-hua, HUANG Jia-xing, et al. Analyzing software system quality risk using Bayesian belief network [C]//Proc of IEEE International Conference on Granular Computing. Washington DC: IEEE Computer Society Press, 2007: 93-96.

[3] FENTON N E, LAWRENCE P S. Software metrics: a rigorous & practical approach [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 65-72.

[4] NEIL M, TAILOR M, MARQUEZ D, et al. Modelling dependable systems using hybrid bayesian networks [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2008, 93(7): 933-939.

[5] 洪伦耀, 董元卫. 软件质量工程 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004: 71-72.

[6] XIU Z H, REN G. Optimization design of TSP ID fuzzy controllers based on genetic algorithms [C]//Proc of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation. 2004: 2476-2480.

[4] TCG. TCG specification version 1.1b [EB/OL]. [2005-06-20].

[5] TCG. TCG specification architecture overview, ver1.4 [EB/OL]. (2007-08-02) [2008-11-24]. [https://www.trusted-computing-group.org/files/resources\\_files/resource\\_files/AC652DE1-1D09-3519-ADA026AOC-05CFAC2/TCG\\_1\\_4\\_Architecture\\_Overview.pdf](https://www.trusted-computing-group.org/files/resources_files/resource_files/AC652DE1-1D09-3519-ADA026AOC-05CFAC2/TCG_1_4_Architecture_Overview.pdf).

[6] TCG. TCG TNC (trusted network connect) architecture for interoperability, ver1.2 [EB/OL]. (2007-05-02) [2008-11-24]. [http://www.opus1.com/nac/tnc/TNC\\_Architecture\\_V1\\_1\\_r2](http://www.opus1.com/nac/tnc/TNC_Architecture_V1_1_r2).

[7] 冯登国, 秦宇. 可信计算环境证明方法研究 [J]. 计算机学报, 2008, 31(9): 1640-1652.

[8] 林闯, 田立勤, 王元卓. 可信网络中用户行为可信的研究 [J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(12): 2033-2043.