

文章编号:1000-582X(2010)10-123-06

可信的网络交互模式设计与实现

彭淑芬^a, 何泾沙^b, 高枫^a

(北京工业大学 a. 计算机学院; b. 软件学院, 北京 100124)

摘要:为了充分利用信任关系来建立网络交互模式,提出了基于信任的基础交互模式及其模糊产生式规则,建立了交互事件确信度和整体交互模式确信度等概念,进一步提出了基于基础交互模式的网络交互模式的搜索算法和更新方法。模式的搜索算法是基于堆栈的深度优先搜索算法的,整体交互模式的主动更新是根据用户的需求进行改进,被动更新是根据交互实体信任关系的变化和交互事件的增减对模式进行更新。理论分析和实验结果表明,该方法可以快速建立可信的整体交互模式和更新整体交互模式的确信度。

关键词:信任;交互;模式;基础交互模式;确信度

中图分类号:TP393

文献标志码:A

Design and implementation of trusted network interaction pattern

PENG Shu-fen^a, HE Jing-sha^b, GAO Feng^a

(a. College of Computer Science and Technology;

b. School of Software Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China)

Abstract: In order to establish network interaction pattern based on trust, trust-based basic interaction patterns were proposed and the fuzzy production rules were designed. The basic interaction patterns were used to describe degree of truth of the interaction event trust and that of the integrated interaction pattern. Furthermore, the searching algorithm and refreshing method for the basic interaction pattern based network interaction pattern were proposed. The searching algorithm for integrated interaction pattern is based on the depth - first search algorithm for stack and heap. The active refreshing for integrated interaction pattern is based on user's requirements, while the passive refreshing for integrated interaction pattern is based on trust changes between the interacted entities and the interaction event changes. Theoretical analysis and experiment results show that the method can establish trusted integrated interaction patterns quickly and refresh degree of truth of the integrated interaction patterns.

Key words: trust; interaction; pattern; basic interaction pattern; degree of truth

网络交互是以网络为传输媒介、发生在 2 个实体或者更多个实体之间的通信。参与网络交互的实体可能是用户、程序、自治 Agent 等。网络交互中参

与方不需要面对面,甚至参与方可能完全不认识,因此,网络交互存在风险,这种风险常用信任管理来控制。在信任关系产生和演变中,虚拟企业或虚拟个

收稿日期:2010-05-02

基金项目:北京市教委科技基金资助项目(JHJKM201010005027);北京市教委科技发展计划重点资助项目(JHJKZ200610005003)

作者简介:彭淑芬(1978-),女,北京工业大学博士研究生,主要从事网络安全方向研究,(Tel)13611392172;
(E-mail)shufenp@emails.bjut.edu.cn。

人之间的交互扮演了重要角色^[1-2]。反过来,虚拟企业或虚拟个人之间的信任在它们的交互建立和演变中也起到了重要的作用,所以目前有越来越多的研究根据信任来建立交互模式、选择网络服务^[3-6]。其中,交互模式的环境适应性和安全性备受关注^[7-10]。文献[4]根据服务的信任评价价值帮助用户选择可信的服务提供者,文献[5]也是根据信任管理系统提供的结点信任值来决定资源定位和利用的过程,缺少对非直接交互的实体之间的交互模式选择的研究。文献[7]提出基于语义的交互行为信息和交互模式检测规则,并设计了自动检测交互模式的算法,没有考虑由于交互实体及其信任关系引起的交互事件之间逻辑关系。文献[11]将虚拟认证机构引入认证模型来保证虚拟企业的安全交互。文献[12]是在交互过程中根据直接信任选择最可信的“下游”,没有考虑交互的整体特性。针对上述不足,从交互、信任和交互模式的关系出发,首先根据实体间的信任对其交互事件确信度的影响提出了基础交互模式、整体交互模式及相关概念,然后设计了整体交互模式建立算法,并分析了算法的正确性和复杂性,最后利用基础交互模式便于描述交互事件之间关系的特点给出了更新整体交互模式的具体方法。这种网络交互模式的设计方法不要引入新的网络机构,不是简单的利用局部的信任信息来选取直接交互的对象,而是既根据基础交互模式来考虑局部交互的可靠性的影响因素,又从整体考虑整个交互的可靠性来搜索全局最可靠的整体交互模式,从而达到对整体交互模式的动态实时更新优化。

1 基础交互模式与整体交互模式

1.1 基础交互模式

交互事件由 1 个发起者 e_s 、1 个接收者 e_r 和 1 个从发起者指向接收者的交互事件组成。交互事件发生的确信度大小由 e_r 对 e_s 的信任度决定。网络交互模式指网络实体之间约定的协作方式或方法。根据互联网上交互的特点将交互事件进行最简单扩展即添加一个交互事件,得到五种典型的基础交互模式(basic interaction pattern, BIP)。5 种基础交互模式可以用如下模糊产生式规则来描述^[13]。 d_j 代表 e_s 到 e_r 的交互开始的事件, d_k 代表 e_s 到 e_r 的交互结束的事件。

类型 1 直接交互模式可以用式(1)所示的模糊产生式规则来描述。式(1)的变迁发生的确信度 U_i 是 e_r 对 e_s 的信任度

$$\text{IF } d_i \text{ THEN } d_k (CF = U_i). \quad (1)$$

当且仅当多接收者之间形成了身份认证联盟、信任联盟时,类型 2 发起者多接收者交互模式可以用式(2)所示的复合模糊产生式规则来描述。式(2)的变迁发生的确信度 U_i 是各 e_r 对 e_s 的信任度的最小值

$$\begin{aligned} \text{IF } d_i \text{ THEN } d_{k_1} \text{ AND } d_{k_2} \text{ AND } \dots\dots \\ \text{AND } d_m (CF = U_i). \end{aligned} \quad (2)$$

类型 3 对等交互模式可以用式(3)、(4)所示的复合模糊产生式规则来描述。式(3)、(4)的变迁发生的确信度 U_{i1} 和 U_{i2} 是对等实体彼此对对方的信任度

$$\text{IF } d_i \text{ THEN } d_k (CF = U_{i1}); \quad (3)$$

$$\text{IF } d_k \text{ THEN } d_i (CF = U_{i2}). \quad (4)$$

类型 4 基于中间人交互模式可以用式(5)所示的复合模糊产生式规则来描述。式(5)的变迁发生的确信度 U_{i1} 是中间人对发起者的信任度, U_{i2} 是接收者对中间人的信任度

$$\text{IF } d_i \text{ THEN } (\text{IF } d_j \text{ THEN } d_k (CF = U_{i2})) (CF = U_{i1}). \quad (5)$$

当且仅当多发起者之间形成了类似并行与分布式系统的联盟时,类型 5 多发起者—接收者交互模式可以用式(6)来描述。式(6)的变迁发生的确信度 U_i 是 e_r 对各 e_s 的信任度的最小值

$$\begin{aligned} \text{IF } d_{i1} \text{ AND } d_{i2} \text{ AND } \dots\dots \text{ AND } d_m \\ \text{THEN } d_k (CF = U_i). \end{aligned} \quad (6)$$

任何由这 5 类基础交互模式组成的复杂网络交互模式都可以用若干个上述模糊产生式规则来描述。反之,如果已知描述网络交互模式的模糊产生式规则,也可以推导出网络交互模式图。

1.2 互实体信任度矩阵、交互事件类型矩阵和交互事件确信度矩阵

如果 e_r 和 e_s 之间有直接交互事件,则将 e_r 对 e_s 的信任度保存在信任度矩阵中,行标为 e_s 编号,列标为 e_r 编号;否则为 0。

交互事件类型为其所在的基础交互模式的类型。如果 e_r 和 e_s 之间有直接交互事件,则将交互事件的类型编号保存在交互事件类型矩阵中,行标为 e_s 编号,列标为 e_r 编号;否则为 0。

如果交互事件类型为 1 发起者多接收者交互模式,且这些交互事件的 e_s 都相同,那么这些交互事件的确信度为各 e_r 对 e_s 的信任度的最小值。如果交互事件类型为多发起者 1 接收者交互模式,且这些交互事件的 e_r 都相同,那么这些交互事件的确信度为 e_r 对各 e_s 的信任度的最小值。如果交互事件的类型为其它 3 种,那么交互事件确信度矩阵的对

应元素为交互事件的 e_i 对 e_j 的信任度。如果实体之间没有直接交互事件,那么交互事件确信度矩阵的对应元素为 0。

1.3 直接可达实体、相邻实体

如果从 e_1 到 e_2 之间有直接交互事件,那么 e_2 就是 e_1 的直接可达实体^[14]。如果从 e_1 到 e_3 的交互事件和从 e_2 到 e_3 的交互事件都属于类型 5,那么 e_2 是 e_1 关于 e_3 的相邻实体,同时 e_1 是 e_2 关于 e_3 的相邻实体。

1.4 整体交互模式

定义 1 整体交互模式是在某个信任域内交互实体序列 S_m 为某种共同目的约定的共同完成交互事件序列 S_w 的方式或方法,其中交互实体序列的头为整体交互模式的发起者 E_0 ,尾为整体交互模式的接收者 E_i 。整体交互模式可以用如下特征来描述

发起者 E_0 :信任域内所有实体中的任意 1 个实体。

E_0 的声誉 T_s :信任域内整个交互的发起者的声誉。

接收者 E_i :信任域内除 E_0 以外的任意 1 个实体。

整体交互模式的实体序列 S_m :参与该整体交互模式的所有网络交互实体按交互的先后次序的排列。

整体交互模式的交互事件序列 S_w :整体交互模式实体序列中的相邻实体之间的特定交互事件按交互的先后次序的排列。交互事件有 4 个关键属性,即发起者、接收者、类型和确信度。

确信度阈值 T_0 :交互事件发生的确信度的最小值。

整体交互模式的确信度 T_e : E_i 所代表的交互结束事件的确信度,为 E_0 的声誉及从 E_0 到 E_i 之间的相邻实体所发生的交互事件的确信度之积。如果 T_e 不小于 T_0 ,那么此整体交互模式为成功的。否则,此整体交互模式为失败的。

2 网络交互模式的建立

假定以带权有向图 $G=(V,E)$ 表示 1 个交互网络 I ,其中 V,E 分别是交互实体和交互事件的集合。对于每个交互事件 $(u,v) \in E$,定义 2 个相关联的权函数: $w_k: E \rightarrow R_0^+, 1 \leq k \leq 2$,分别代表与交互事件相关联的 2 个权值,即交互事件的类型和交互事件的接收者对发起者的信任度。给定 1 个交互网络,整体交互的发起者 E_0 ,整体交互的接收者 E_i ,2 个与交互事件相关联的权函数,整体交互模式建立算法就是搜索从 E_0 到 E_i 的所有整体交互模式 P ,并评估

各整体交互模式 $p \in P$ 的确信度。

算法 1 整体交互模式建立算法

输入:交互网络 I ;

输出:所有整体交互模式 P 。

步骤 1 E_0 入栈,并将它标记为入栈状态,整体交互模式的数量 pathnum 置 0。

步骤 2 若栈为空,则跳到步骤 6;否则,选取栈顶实体。

步骤 3 若栈顶实体为 E_i ,则首先建立一种新整体交互模式,从栈顶到栈底的所有实体为新整体交互模式的实体序列 S_m 的逆序列,即 E_i 、中间实体和 E_0 ,同时评估其确信度及是否成功交互模式,然后将栈顶实体出栈, E_i 标记为出栈状态,pathnum 加 1。返回步骤 2。

步骤 4 若栈顶实体不为 E_i 且栈顶实体有非入栈的直接可达实体,则让其入栈,将其标记为入栈。返回步骤 2。

步骤 5 若栈顶实体不为 E_i 且栈顶实体没有非入栈的直接可达实体,则让栈顶实体出栈。返回步骤 2。

步骤 6 如果 pathnum 大于 0,依次输出所有整体交互模式的具体信息。

2.1 算法的正确性

定理 1 假设交互网络 $I=(V,E)$,2 个权函数: $w_k: E \rightarrow R_0^+, 1 \leq k \leq 2$ 。在 I 中运行算法 1,若 pathnum > 0,则算法 1 找到了所有从 E_0 到 E_i 的整体交互模式 P 。

证明:从整体交互模式的定义可知,当栈顶实体为 E_i 时,从栈底到栈顶的实体序列及其之间的直接交互事件序列构成了一种整体交互模式。每次建立完 1 种新整体交互模式,栈顶实体 E_i 就出栈以便于继续寻找其他的整体交互模式;同理,栈顶实体不为 E_i 且栈顶实体没有非入栈的直接可达实体,栈顶实体就出栈也是为了继续寻找其他的整体交互模式。假设 p 是一种从 E_0 到 E_i 的路径,所以 pathnum > 0。因此,在交互网络上运行基于堆栈的深度优先搜索算法(SBDFS)可以找到从 E_0 到 E_i 的所有整体交互模式 P 。定理得证。

2.2 算法的复杂度分析

定理 2 在最坏情况下,算法 1 的时间复杂度为 $O(nm)$,空间复杂度为 $O(n^2)$ 。其中, n 是信任域内所有实体的个数, m 是信任域内所有实体之间的所有直接交互事件的个数。

证明:步骤 2 最多执行 n 次。因为算法 1 采用堆栈的结构,所以步骤 3 读取堆栈的所有实体所需

时间最大为 $O(m)$ 。因为用邻接表作直接可达实体的存储结构,所以步骤 4 或步骤 5 判断栈顶实体是否有非入栈的直接可达实体所需时间最大为 $O(m)$ 。因此,算法 1 总的复杂度为 $O(n \times m)$,所以最坏情况下,算法 1 的时间复杂度为 $O(nm)$ 。由于邻接矩阵的存储,所以算法 1 的存储空间复杂度为 $O(n^2)$ 。定理得证。

3 网络交互模式的更新

3.1 根据用户的需求主动对整体交互模式进行改进

实体 E_0 和 E_i 最关心的是整体交互模式的确信度,而整体交互模式的确信度由整体交互模式的交互事件集中的交互事件的确信度决定。所以它们可以通过局部提升交互事件的确信度,从而提高整体交互模式的确信度。交互事件的确信度提高的方式具体见表 1。若提高单个交互事件的确信度不能使整体交互模式的确信度提高到用户的期望值,则需要同时提高此整体交互模式中的多个交互事件的确信度,从而达到用户的期望值。

表 1 交互事件的确信度提高的方式

交互事件类型	交互事件的确信度提高的方式
1,3	通过双方多次交互来提高 依次去掉发起者的最小信任度的直接可达实体,或者逐步提高发起者的最小信任度的直接可达实体的信任度
4	通过选择新的中间人来提高 依次去掉发起者关于下 1 个实体的最小信任度的相邻实体,或者逐步提高发起者关于下 1 个实体的最小信任度的相邻实体的信任度

3.2 根据环境的变化被动对整体交互模式进行改进

当实体的交互环境变化时,可以只考虑变化处附近局部交互实体,减少计算量,从而较迅速修改现有整体交互模式的特性,或者增加新的整体交互模式^[15]。

3.2.1 交互实体信任关系的变化

e_e 和 e_s 信任关系变化意味着 e_e 和 e_s 之间交互事件所在基础交互模式确信度可能也会变化。如果这样,那么 e_e 和 e_s 之间交互事件确信度 T_{ev} 也会变化,从而影响交互事件所在的整体交互模式的确信度,具体如表 2。 e_e 对 e_s 的原、新信任度分别记作

T_{eso} 、 T_{esn} 。

表 2 实体之间信任与实体之间交互事件确信度的关系

交互事件类型	T_{eso}	T_{esn}	e_e 和 e_s 所在 BIP 的确信度	T_{ev}
1,3,4	任意值	任意值	变,为 T_{esn}	同左
2,5	等于 T_{ev}	大于 T_{eso}	变,不为 T_{esn}	同左
2,5	等于 T_{ev}	小于 T_{eso}	变,为 T_{esn}	同左
2,5	不等于 T_{ev}	不低于 T_{ev}	不变	同左
2,5	不等于 T_{ev}	低于 T_{ev}	变,为 T_{esn}	同左

如果 E_0 的声誉变化了,那么就要重新计算各整体交互模式的确信度,有的整体交互模式的确信度可能会变化,有的可能不会变化。

3.2.2 交互实体/交互事件的增加和删除

现有交互实体/交互事件退出意味着该交互实体/交互事件所在的整体交互模式都无效。新增交互实体意味着要新增交互事件,所以整体交互模式可能会增加,如表 3。假设 e_i 和 e_j 是现有的交互实体,新增交互实体/交互事件可以新增从 e_i 到 e_j 的局部交互模式。

表 3 交互实体的增加对整体交互模式的影响

现有整体交互模式	新 e_i 到 e_j 的局部交互模式对整体交互模式的影响
同时包含 e_i 和 e_j	用新 e_i 到 e_j 的局部交互模式直接替换原 e_i 到 e_j 局部交互模式
分别包含 e_i 和 e_j	用 E_0 到 e_i 、 e_i 到 e_j 和 e_j 到 E_i 的局部交互模式,依次组合成新整体交互模式
只包含 e_i	如果原交互实体可形成从 e_j 到 e_i 的局部交互模式,那么有新整体交互模式
只包含 e_j	如果原交互实体可形成从 E_0 到 e_i 的局部交互模式,那么有新整体交互模式
不包含 e_i 或者 e_j	如果原交互实体可形成从 E_0 到 e_i 、 e_j 到 E_i 的局部交互模式,那么有新整体交互模式

4 实例

根据上述算法,在 VC++6.0 中设计网络交互模式建立与更新的实验。假设一个信任域内有 9 个实体 e_1, e_2, \dots, e_9 ,信任域内的实体及其交互事件用 FPN 模型可以表示成如图 1。 p_1, p_2, \dots, p_9 分别表示这 9 个实体, d_1, d_2, \dots, d_9 分别表示这 9 个实体发起的交互的开始事件或者接收的交互的结束事件。假定整个交互的发起者和整个交互的接收者分别为 e_1 和 e_9 , e_1 的声誉为 0.90,确信度阈值 T_0 为

0.60,处所 d_4 的真实度为 0.80。所有实体之间的交互可用 R_1 至 R_7 个模糊产生式规则来描述。例如 R_1 表示 e_1 与 e_2, e_3 之间的交互模式为 1 发起者多接收者交互模式, e_1 到 e_2 的交互的确信度还会受到 e_1 与 e_3 之间的信任度的影响; R_3 表示 e_3 和 e_7 之间的交互模式之一为基于中间人交互模式, e_6 为中间人; R_4 表示 e_3 和 e_7 之间的交互模式之二为直接交互模式,这两种交互模式的的确信度不同。交互实体的直接可达实体和相邻实体分别如表 4 和表 5。

- R_1 : IF d_1 THEN d_2 and d_3 ($CF=0.95$);
- R_2 : IF d_2 THEN d_5 ($CF=0.95$);
- IF d_5 THEN d_2 ($CF=0.90$);
- R_3 : IF d_3 THEN (IF d_6 THEN d_7 ($CF=0.90$)) ($CF=0.95$);
- R_4 : IF d_3 THEN d_7 ($CF=0.80$);
- R_5 : IF d_4 and d_5 THEN d_8 ($CF=0.90$);
- R_6 : IF d_7 THEN d_8 ($CF=0.95$);
- R_7 : IF d_8 THEN d_9 ($CF=0.90$).

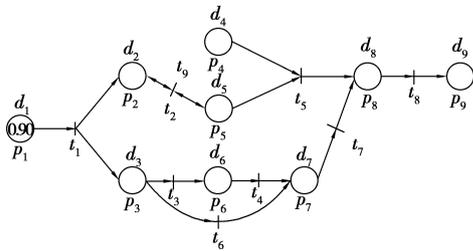


图 1 1 个交互网络的实体及交互事件的带标记 FPN 描述

表 4 直接可达实体

实体	直接可达实体	实体	直接可达实体
e_1	$\{e_2, e_3\}$	e_5	$\{e_2, e_8\}$
e_2	$\{e_5\}$	e_6	$\{e_7\}$
e_3	$\{e_6, e_7\}$	e_7	$\{e_8\}$
e_4	$\{e_8\}$	e_8	$\{e_9\}$

表 5 相邻实体

实体	实体	相邻实体
e_1	e_2	ϕ
e_1	e_3	ϕ
e_2	e_5	ϕ
e_3	e_6	ϕ
e_3	e_7	ϕ
e_4	e_8	$\{e_5\}$
e_5	e_8	$\{e_4\}$
e_6	e_7	ϕ
e_7	e_8	ϕ
e_8	e_9	ϕ

通过实验,得到从 e_1 到 e_9 的整体交互模式图如图 2 所示,共有 3 种整体交互模式,其中第一种和第二种的不同源于 e_3 与 e_7 之间的局部交互模式有 2 种,即直接交互模式和基于中间人交互模式。3 种整体交互模式的的确信度分别为 0.585、0.625 和 0.648,所以第一种整体交互模式为失败的,后 2 种整体交互模式为成功的。从图 2 可见,第 3 种从 e_1 经过 e_2, e_5, e_8 到 e_9 的确信度最高。

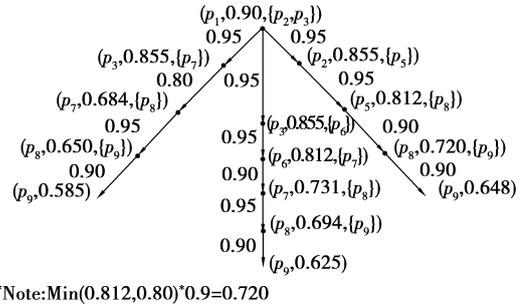


图 2 从 e_1 到 e_9 的整体交互模式图

如果要求对第三种整体交互模式的的确信度进行提升,那么实验结果为:去掉 e_2, e_3 中对 e_1 信任度最低的那个成员,这样整个交互可以立即按照此整体交互模式进行下去,或者逐步提高这个成员对 e_1 的信任度,但是这样整个交互就要往后推迟;或者逐步提高 e_5 对 e_2 的信任度;或者去掉 e_4, e_5 中 e_8 对其信任度最低的那个成员或者逐步提高 e_8 对这个成员信任度;或者逐步提高 e_9 对 e_8 的信任度。

如果 e_2 对 e_1 的最新信任度为 0.90,那么实验结果为: e_2 和 e_1 所在的基础交互模式的的确信度受到影响,变为 0.90,如表 2 的第五种情况, R_1 的确信度变为 0.90。并且,第一种、第二种和第三种整体交互模式的的确信度分别更新为 0.554、0.592、0.623。这样只有第三种整体交互模式为成功的。

如果这个信任域新增了从 e_3 到 e_4 的局部交互模式,那么实验结果为:原有的第一种和第二种整体交互模式中包含 e_3 ,而且原交互实体可以形成从 e_4 到 e_9 的局部交互模式,如表 3 的第三种情况,所以可以形成新的整体交互模式,即 $e_1, e_3, e_4, \dots, e_9$ 。

5 结 语

针对实体之间的信任关系如何影响实体之间的交互模式的问题,首先设计了 5 种基础交互模式及其模糊产生式规则,然后根据信任和基础交互模式设计了快速搜索从 E_0 到 E_i 的所有整体交互模式的算法,及实时主动和被动更新整体交互模式的算法。

最后用实验证明了该方法的有效性。基础交互模式增加了交互事件之间的关联性,增强了整体交互模式描述的实际意义,解决了基于信任的网络交互模式的描述、建立和更新的关键问题。该方法可以应用于需要设计可信的流线型网络交互模式的网络应用中,有较高的实用性。

参考文献:

- [1] 陈怡, 杨天怡, 刘益良, 等. 基于行为的 Ad Hoc 网络分布式 CA 推荐信任模型[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2007, 30(1): 81-85.
CHEN YI, YANG TIAN-YI, LIU YI-LIANG, et al. Recommending trust model based on behavior for distributed CA in MANET[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2007, 30(1): 81-85.
- [2] 廖成林, 乔宪木. 虚拟企业信任关系: 决定因素与机理[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2004, 27(5): 139-142.
LIAO CHENG-LIN, QIAO XIAN-MU. Trust in virtual enterprise: determinants and mechanism[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2004, 27(5): 139-142.
- [3] XU F, PAN J, LU W. A Trust-based approach to estimating the confidence of the software system in open environments[J]. Journal of Computer Science and Technology: English Language Edition, 2009, 24(2): 373-385.
- [4] ZHU M L, ZHI J. An agent-based framework supporting trust evaluation for service selection[C] // 33rd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference, July 20-24, 2009, Seattle, WA, United states. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2009: 286-291.
- [5] CHEN C, GU L Z, NIU X X, et al. An approach for resource selection and allocation in grid based on trust management system[C] // International Conference on Future Information Networks, October 14-17, 2009, Beijing, China. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2009: 232-236.
- [6] TAO F, HU Y, ZHAO D, et al. An approach to manufacturing grid resource service scheduling based on trust-QoS [J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2009, 22(2): 100-111.
- [7] DUSTDAR S, HOFFMANN T. Interaction pattern detection in process oriented information systems[J]. Data and Knowledge Engineering, 2007, 62(1): 138-155.
- [8] GUO W C, LIN C. A formal approach to verify grid service composition based on interaction pattern[C] // the 3rd IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, December 15-19, 2008, Pisa, Italy. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2008: 69-74.
- [9] YAMABE T, TAKAHASHI K, NAKAJIMA T. Design issues and an empirical study in mobility oriented service development[C] // the 1st workshop on Mobile middleware: embracing the personal communication device, December 1-5, 2008, Leuven, Belgium. [S. l.]: ACM, 2008: 1-6.
- [10] YOON H, WOO W. Design and implementation of a universal appliance controller based on selective interaction modes[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2008, 4(54): 1722-1729.
- [11] 刘端阳, 潘雪增. 虚拟企业的安全交互模型[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(9): 1307-1311.
LIU DUAN-YANG, PAN XUE-ZENG. New VCA scheme in virtual enterprises[J]. Computer Research and Development, 2003, 40(9): 1307-1311.
- [12] BOODNAH J, POSLAD S. A trust framework for peer-to-peer interaction in ad hoc networks[C] // the 2009 Computation World: Future Computing, Service Computation, Cognitive, Adaptive, Content, Patterns, Nov. 15-20 2009, Athens, Greece. [S. l.]: IEEE, 2009: 707-712.
- [13] CHEN S M, KE J S, CHANG J F. Knowledge representation using fuzzy Petri nets[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1990, 2(3): 311-319.
- [14] 王映辉, 张世琨, 刘瑜, 等. 基于可达矩阵的软件体系结构演化波及效应分析[J]. 软件学报, 2004, 15(8): 1107-1115.
WANG YING-HUI, ZHANG SHI-KUN, LIU YU, et al. Ripple-effect analysis of software architecture evolution based on reachability matrix[J]. Journal of Software, 2004, 15(8): 1107-1115.
- [15] 田鹏飞, 王剑英. 动态最短路径算法及其仿真[J]. 计算机仿真, 2007, 24(6): 153-155, 206.
TIAN PENG-FEI, WANG JIAN-YING. An algorithm of shortest path for dynamic situation and Its simulation [J]. Computer Simulation, 2007, 24(6): 153-155, 206.

(编辑 侯 湘)