

普适环境中基于信任的服务评价和选择模型*

陈贞翔[†], 葛连升, 王海洋, 黄先芝, 林金娇

(山东大学 计算机科学与技术学院, 山东 济南 250100)

A Trust-Based Service Evaluation and Selection Model in Pervasive Computing Environment

CHEN Zhen-Xiang[†], GE Lian-Sheng, WANG Hai-Yang, HUANG Xian-Zhi, LIN Jin-Jiao

(School of Computer Science and Technology, Shandong University, Ji'nan 250100, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-531-86586079, E-mail: czx@sdu.edu.cn

Chen ZX, Ge LS, Wang HY, Huang XZ, Lin JJ. A trust-based service evaluation and selection model in pervasive computing environment. *Journal of Software*, 2006,17(Suppl.):200-210. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/s200.htm>

Abstract: Based on trust behavior experience in human society and the law of gravity, this paper introduces a concept of trust gravitation to analyze the trust relationship between pervasive interaction entities. Then built a sound system is built in terms of a service evaluation and selection model based on trust gravitation. The system that integrated direct, indirect and historic evaluation is tested to improve the efficiency and veracity of service evaluation and selection. Experimental results show that pervasive entities can select optimum network services in short time via of this model.

Key words: pervasive computing; universal gravitation; trust; service evaluation; service selection

摘要: 借助人类社会中的信任行为特征以及自然科学中的万有引力定律,提出了信任引力概念,并基于此分析普适环境中交互实体间的信任关系,同时,建立了一个合理的基于信任引力的服务评价和选择模型,通过直接评价、间接评价、历史评价等多角度综合评估有效地提高服务选择效率和准确性。实验结果表明,利用该模型,普适实体能在较短时间内准确地选择一个最优服务实体。

关键词: 普适计算;万有引力;信任;服务评价;服务选择

普适计算^[1-5]是继主机计算、桌面计算之后计算模式的第三次革命。普适计算时代的到来意味着计算机将被广泛嵌入到日常生活元素和生活环境中,任务的执行过程不再重要,人们只需关注任务的输入和结果的获取。在这样一个环境中,计算机回归计算本位,物理空间与信息空间合为一体为人们服务。计算机网络技术的不断发展,无线网络、传感器网络技术日趋成熟,部署范围渐趋广泛,使得普适计算环境具有高度动态、上下文复杂、普遍存在的特点。普适实体加入、服务选择、服务完成、实体退出的松散耦合工作过程将代替原有固定网络环境中的紧密协同过程。在这个环境中,更多的是普适设备根据上下文自动选择提供最优服务的实体,而不是由用户来主动选择或者设定固定的服务实体为其提供服务。一个能充分考虑上下文的服务评价和选择模型对普适

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60673130 (国家自然科学基金); the Key Science and Technology Development Project of Shandong Province of China under Grant No.2004GG1101023 (山东省重大科技专项)

Received 2006-03-30; Accepted 2006-10-08

计算的顺利完成有重要意义。

近年来,较重要的服务发现研究有 Jini/UPnP^[6]。在该服务发现体系中,服务的描述通过服务名称或有限的属性集合来完成,服务匹配也仅是基于接口或属性集来进行,不能推理服务的功能和特性,服务与服务之间没有交互。文献[7]对服务和资源发现的各种协议进行比较并提出了存在的不足,在对普适环境中的 Salutation,SLP,Jini,SSDP,SSDS 等各种服务发现协议综述基础上指出进一步研究要解决的问题。基于语义的服务发现^[8]试图充分利用各种有意义的上下文信息,通过语义的方式实现服务自动选择和配置。初期的服务发现和选择过程,对服务上下文及其它可发挥影响作用的因素考虑不够,导致服务选择的效率和准确性不高。George Lee^[9]等人提出普适环境下基于用户引导的网络服务选择感知代理模型,该研究仅关注用户引导的请求实体本身选择态度而忽略其它可能影响服务选择的因素(本文的验证是基于该研究的实验改进)。基于信任的应用研究渐趋为热点问题,文献[10]提出了软件服务协同模型信任模型用于度量软件服务间信任关系的信任评估。Sun 等人^[11]从信息论的角度分析建立信任模型,并对信任的描述和评估提供了有效的方法。基于信任的普适计算服务选择模型^[12],以设备合作的先验知识为基础,通过全面跟踪记录各个服务的质量,依据信任滞后性和服务选择的前瞻性矛盾的动态演化规律,从直接和间接角度,动态地对服务信任程度进行较合理的评估。但如何较准确量化服务的信任以及更充分考虑影响信任的历史因素和当前服务质量,有待进一步研究。

在已有研究中,万有引力的概念被引入信息领域来解决问题。Peng^[13]等人定义了基于万有引力的“数据引力”的概念,并把其应用到数据分类领域,基于引力大小把不同的数据分到不同的集合中取得了很好的分类效果。还有其他一些自然科学领域的概念也被引用来解决信息科学中的相关问题。本文在已有研究基础上,借助人类社会中选择服务的经验,认为在普适环境中将有类似的选择规律。当有多个普适服务实体同时提供同类服务时,服务请求实体需要依靠某些历史记忆和当前服务属性判断来有效地选择优秀服务。某个具有更好服务质量的服务实体能对请求该服务的实体体现出更大的吸引力,借用万有引力定律定义其为“信任引力”,并将其作为服务的信任评价和选择标准。在该模型的帮助下,可使普适环境中服务选择过程尽可能远离人的主观意识,帮助构造一个自主决定的理性评价和选择环境,克服盲目和片面选择的缺点,提高选择效率和准确性。

本文第1节定义了一些基本概念和基于“信任引力”的信任模型。第2节提出了基于信任的服务评价和选择模型。第3节通过相关工作和实验对该模型的优越性进行评价。第4节在对该研究总结的基础上提出要改进研究的内容。

1 信任模型

1.1 基本概念

信任模型的相关定义如下:

定义 1. 普适实体。定义普适环境中参与活动的软硬件设备或程序体为普适实体,简称实体。其中,具有提供某种服务能力的软硬件设备及程序体为服务实体,记为 E_s ;需要请求某种服务的软硬件设备或者程序称为请求服务实体,记为 E_q ;给第三方实体推荐服务的软硬件设备或程序体为推荐实体,记为 E_r 。根据上下文的不同,某个实体既可以是 E_q 也可以是 E_s ,同时还可是 E_r (在文中不考虑同为多种身份的情况)。

定义 2. 信任。信任是在普适实体不断的交互过程中,某一实体逐渐动态形成的对另外实体的服务质量的评价,该评价可以用来指导其进一步动作。信任具有如下属性^[10,12]:

属性 1:上下文相关:信任是和上下文相关的,也即和所处的环境、时间及其他动态因素相关。

属性 2:多因素:存在多方面多角度的因素影响实体服务质量及其评价(直接的,间接的,历史的,当前的),即使是在同样的上下文里面,实体提供服务角度不同,对其信任的评价也是不一样的。

属性 3:动态性:信任随着提供服务的时间发生动态变化,可能升高可能降低,是一个历史积累变化过程。

属性 4:他评性:信任的评价受第三方的推荐影响,在刚进入环境开始服务时,推荐评价尤其重要。

定义 3. 信任空间。定义可影响实体信任评价的实体服务属性组成的属性空间为信任空间,用特征向量 $U(u_1, u_2, \dots, u_n)$ 表示,这些特征向量可以不同程度地对信任评价产生影响。比如,服务的持续时间和服务的费用就

可以从不同程度上影响服务的评价,特征向量值可以通过用户交互接口提交或者根据上下文产生。

定义 4. 信任权.定义信任空间中不同的属性特征对信任评价所施加的影响程度为信任权,用 $W(w_1, w_2, \dots, w_n)$ 表示. W 表示用户的属性偏好,可以通过交互接口提交或者根据上下文自动产生。

定义 5. 期望距离.定义 E_q 所期望的服务质量与 E_s 能实际提供的服务质量的差距为期望距离,记为 d_E . d_E 越小,表明 E_s 越能满足 E_q 的实际服务需求, d_E 越大,则 E_s 越不能满足 E_q 的实际服务需求. 根据已知定义可把 d_E 定义为式(1)所示的信任空间中的欧氏距离:

$$d_E = \begin{cases} \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_{si} - u_{qi})^2} & (E_s \text{ 不能完全满足 } E_q \text{ 各项属性要求}) \\ K & (E_s \text{ 完全满足 } E_q \text{ 各项属性要求}, K > 0) \end{cases} \quad (1)$$

U_{qi} 代表 E_q 希望的服务属性值, U_{si} 代表 E_s 能够实际提供的服务属性值. 当 E_s 完全满足 E_q 各项属性要求时,期望距离定义为 K , K 为一个小的实数,不能为 0。

定义 6. 相似距离.定义相似距离表示多个 E_q 之间的对某个 E_s 的喜好差异,记为 d_s . d_s 越大表明多个 E_q 对某个 E_s 喜好差异越大, d_s 越小则喜好差异越小. 根据已知定义把 d_s 定义为式(2)所示的信任空间欧氏距离:

$$d_s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_{ri} - u_{qi})^2} \quad (n \text{ 为影响服务信任评价的属性数}) \quad (2)$$

U_{qi} 代表 E_q 所关注的服务属性, U_{ri} 代表 E_{ri} 实体所关注的同类服务属性。

定义 7. 服务满意度.定义 E_q 在单次服务后获得的各项服务属性值与其希望的属性值的比值之乘积为单次服务满意度,记为 D_a . D_a 越大表明 E_q 获得了越满意的服务,对服务实体的信誉度增加越大。

$$D_a = \prod_{i=1}^n \frac{u_{si}}{u_{qi}} \quad (n \text{ 为影响服务信任评价的属性数}) \quad (3)$$

U_{si} 代表 E_s 在服务中实际提供的各项属性值,而 U_{qi} 代表 E_q 在获取服务中希望得到的各项属性值。

定义 8. 信誉度.定义信誉度为服务质量评价的历史积累,也即成功且满意地提供服务的积累,是某个 E_q 对某个 E_s 的历史服务过程的评价总和,也即单次服务满意度的积累,记为 C_{qs} . 同时,定义其他 E_r 对该 E_s 的信誉度分别为 C_{rsi} .

$$C_{qs} = \sum_{i=1}^m D_{a_i} \quad (m \text{ 为服务交互的历史积累次数}) \quad (4)$$

定义 9. 推荐信任比.定义 E_q 对 E_r 在推荐某个 E_s 时的信誉程度,某个 E_r 的推荐信誉度可以定义为(5)示的 P_{R_i} . R_s 表示 E_q 在接受 E_r 推荐 E_s 的历史中获得成功服务次数, R_{f_i} 表示记历史中服务失败的次数。

$$P_{R_i} = \frac{R_{s_i}}{R_{s_i} + R_{f_i}} \quad (5)$$

定义 10. 服务不满意度.不满意度是对信誉度降低的主要影响参数,也即对单次提供服务失败的一种惩罚,对 E_s 的信誉度有直接的减弱影响,所以定义其为 $D_n = -kD_a$. 其中 $k(0 < k < 1)$ 为惩罚力度的标示, k 越大惩罚力度越大,信誉度降低越大,反之,信誉度降低越少。

定义 11. E_s 信任质量.定义 E_s 在服务的历史记录中, E_q 及 E_r 对其服务满意度的总和积累,记为抽象信任质量 M_s .

$$M_s = C_{qs} + \sum_{i=1}^p (C_{rsi} \times P_{R_i}) \quad (p \text{ 为推荐实体个数}) \quad (6)$$

定义 12. E_q 信任质量.定义 M_q 为 E_q 的抽象信任质量,表示请求服务实体的固有本质属性,不会随着时间和交互过程而改变,设为常量值 M ,也即服务请求实体在评价其他服务实体时,完全信任自己。

1.2 信任引力

根据社会行为中的信任特征定义信任度为一个实体对其他实体的信任吸引程度,信任度越高吸引越大,反

之吸引越小.影响信任度的因素有:(1) 信誉度(历史满意度的积累),也即成功且满意地提供服务的积累;(2) 当前的服务期望距离,也即当前的服务各属性能对 E_q 需求的满足程度.判断服务的信任度时,需要同时考虑到服务的信誉度和当前的期望差距,信任度随着历史满意度的积累越多,信任度越大,反之越小;信任度在当前选择服务时,期望距离越小,信任度越高,反之信任度越低.

牛顿于 1687 年在《数学原理》上发表论文第一次阐述了万有引力定律,定律指出,两物体间引力的大小与两物体的质量的乘积成正比,与两物体间距离的平方成反比,而与两物体的化学本质或物理状态以及中介物质无关.用公式表示如下:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (7)$$

其中, F 为两个物体之间的引力; G 为万有引力常数; m_1 为物体 1 的质量; m_2 为物体 2 的质量; r 为两个物体之间的距离.

在普适实体及交互空间中,各普适实体之间并不是孤立的,在交互过程中会表现出某种相互吸引关系.服务实体(E_s)对请求服务实体(E_q)的吸引程度基于 E_q 对 E_s 的信任度的大小,这启发我们把该吸引关系与经典物理理论中的物体间的引力相联系类比:当 E_s 的信誉度越大,则其在长期的交互过程中必能提供较优质的服务,对 E_q 表现出强的信任吸引,该吸引跟 E_s 的信誉度积累(信任质量)之间存在某种正比关系;当 E_q 与 E_s 之间期望距离越大时,表明 E_s 没法满足 E_q 当前的服务质量需求,对 E_q 表现出弱的信任吸引,该吸引跟 E_q 与 E_s 之间的期望差距存在某种反比关系.借助万有引力定律把上述信任吸引描述为类似于万有引力的“信任引力”.根据以上定义和万有引力定律,信任引力可以定义为式(8)描述的 F_T .其中 G_e 是一个可应用于不同普适环境中的可调的参量; $f(M_s, M_q)$ 为服务实体和请求服务实体的质量函数, $f(d_T)$ 为期望距离函数,信任引力正比于质量函数,反比于距离函数. E_q 根据信任引力大小来评价服务的信任度并据此选择服务提供者.

$$F_T = G_e \frac{f(M_s, M_q)}{f(d_T)} \quad (8)$$

2 基于信任的服务评价和选择模型

2.1 服务实体的存储结构

每个普适实体都有自己的存储结构以记录服务评价的参数信息, E_q 有一个记录期望属性、 E_s 满意度和 E_r 及其信誉度相关的存储结构, E_s 有一个记录声明服务属性的存储结构, E_r 有记录期望属性及满意度相关的记录,并可以根据需要进行扩展.该存储结构的 XML 描述如下:

(1) E_s 存储结构

```
<Object type="E_s" id="1" name="E_s name">
  <Service name>E_s</Service name>
  <Properties>
    <Component id=1 name="u1">v1</Component>
    ...
    <Component id=n name="un">v1n</Component>
  </Properties>
</Object>
```

(2) E_q 存储结构:

```
<Object type="E_q" id="2" name="E_q name">
  <Service name>E_s</Service name>
  <Credit>C_qs</Credit>
  <Properties>
```

```

<Component id=1 name="u1">v21</Component>
...
<Component id=n name="un">v2n</Component>
</Properties>
<Recommender>
<name>Er name</name>
<Recommended Credit>Crsi</Recommended Credit>
<Success_times>Rsi</Success_times>
<Fail_temes>Rfi</Fail_temes>
<Recommend Credit>PRi</Recommend Credit>
</Recommender>
</Object>

```

(3) E_r 存储结构:

```

<Object type="Er" id="3" name="Er_name">
<Credit> Crsi </Credit>
<Service name>Es</Service name>
<Properties>
    <Component id=2 name="u2">v32</Component>
    ...
    <Component id=n name="un">v3n</Component>
</Properties>
</Object>

```

以上列出为各实体的基本存储结构,根据实际应用环境需求,可以对存储结构进行扩展.据假设,每个实体都可以同时是 E_s,E_q 和 E_r,文中仅描述了其作为单一身份的结构.E_q 中记录有多个相同存储结构的 E_s 和 E_r 的记录,文中不作特别描述.

2.2 服务的评价

合理假设:(1) 假设每个评价过程都有 E_s,E_q 和 E_r 参加;(2) 每个 E_q 都完全信任自己.

该模型改进了传统的服务选择模型^[12],将服务定义为五元组 S(ID,特征,特征值,信任质量,期望差距).假设在普适环境中有多具有不同 ID 的服务 S,服务的特征向量用 U 表示,各个不同特征向量的值记为 V,则普适环境中的一个服务可以表示为 S(ID,U,V,M_s,d_E).其中 ID 唯一标示当前不同的服务;U 表示当前服务的各属性特征,其值 V 由当前 E_s 和 E_q 根据上下文自主决定;M_s 由直接信誉度和推荐信誉度组成.基于第 2.1 节中实体存储结构的定义,E_q 有对交互过的 C_{qs} 记录,容易得到其直接信誉度.推荐信誉度的调查过程如图 1 所示.E_q 有相似距离在阈值范围内的 C_{rsi} 记录以及相应的 P_{Ri} 记录.E_q 根据初步评价选定需要进一步评价 E_s 后,向 E_r 集合发出推荐请求,返回结果集中 E_{r1} 至 E_{r4} 为有交互记录的 E_r,而 E_{r5} 和 E_{r6} 则为初次返回记录的 E_r.相似距离阈值范围内的实体 E_{r1},E_{r3},E_{r6} 的推荐结果将被采纳,其余推荐将被放弃,同时需要更新相似距离记录.根据直接的满意度和推荐的满意度,通过图 2 所示的模型可以得到 E_s 的服务质量 M_s,结合当前 E_s 相对于 E_q 的期望距离,便可通过文章提出的信任引力模型得到直接用于信任评价的信任引力.服务评价的具体流程图如图 3 所示.

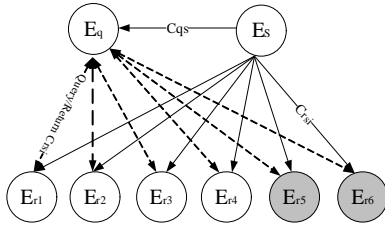


Fig.1 Query service satisfaction degree
图 1 服务满意度调查

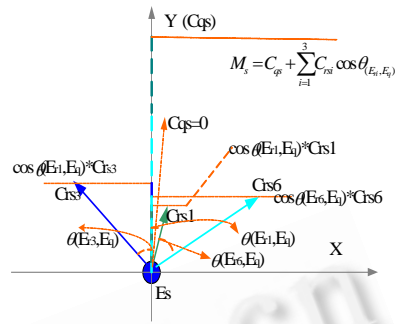


Fig.2 Compute the service entity trust mass
图 2 服务实体信任质量计算

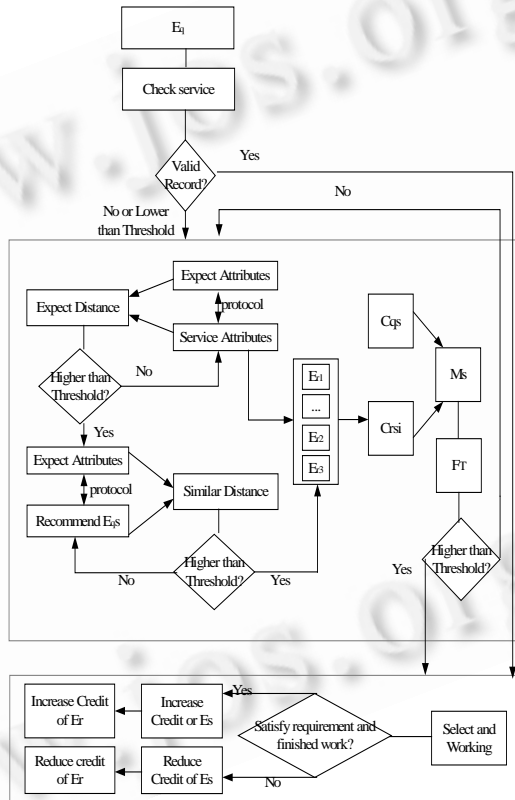


Fig.3 Service evaluation flow chart
图 3 服务评价流程

2.3 服务的选择

在信任模型中, E_q 按照如下步骤选择信任度高的可靠服务,并在服务结束后实现服务评价的更新.

- 1) 当 E_q 加入到某个普适环境中时,检查存储的相关记录,判断是否第一次进入该环境,若第一次进入则初始化相关信任记录.
- 2) 为了快速获取到服务,可以通过直接的满意度评价或期望距离判断,选择一个当前最值得信任的服务开始工作.
- 3) 在工作的同时,开始评价其他服务的信任吸引,向推荐集合请求 E_s 推荐信誉度,结合返回的推荐信誉度

和直接信誉度可以计算出 E_s 的信任质量.结合与该实体的期望距离,计算其信任引力.这样可以选择到比当前直接判断更优的服务.

4) 选择到更优服务后可以根据上下文需求选择切换服务,切换服务后继续工作.

5) 最后在工作结束后,如果顺利完成任务则增加满意度,同时更新推荐实体的相关信任评价的存储记录.如果任务未完成或者由于 E_s 的自身原因中断服务,则需要降低 E_s 满意度,施加惩罚,同时需要更新推荐实体的推荐信誉度记录,施加连带的惩罚.

服务的选择和评价更新算法由算法 1 表示.

算法 1.

```

1 check trust record;
2 if record=0 then go to 4
3 else go to 7
4 select randomly and compute  $d_E$ ;
5 if ( $d_E \leq \text{threshold}$ ) then goto 4
6 else go to 11
7 choose  $E_s$  by the  $M_s$  of  $E_s$ 
8 compute  $F_T$ ;
9 if ( $F_T \leq \text{threshold}$ ) then go to 7;
10 else
11 {
12   begin working;
13   begin evaluate other service;
14   if better service found then
15     change service;
16   if (service can't satisfy requirement or failed)
17 {
18   stop working ;
19    $C_s = C_s - D_n$ ;
20   for ( $i=0; i \leq n; i++$ )
21      $R_{ni} = R_{ni} + 1$ ;
22 }
23 else
24 {
25   finish working ;
26    $C_s = C_s + D_a$ ;
27   for ( $i=0; i \leq n; i++$ )
28      $R_{si} = R_{si} + 1$ ;
29 }
30 related update;
31 end.

```

2.4 评价更新

一次服务结束后有两种结果: E_q 请求 E_s 的服务成功,完成了服务,且具有一定的满意度 D_a ,可以相应增加信誉度; E_q 请求 E_s 的服务失败,任务中断没有完成, E_q 将产生一定的不满意度 D_n ,将相应降低信誉度.根据信任引力的计算模式,信任引力受服务实体质量 M_s 和期望距离 d_E 的影响,而 d_E 主要是体现当前的服务能力,是动态的不具有积累特征因素,不需要对其更新. M_s 是信誉度的积累,包括本身评价的信誉度以及推荐信誉度总和,记推荐的集合为($E_{r1}, E_{r2}, \dots, E_{rn}$).所以当服务结束后需要对更新相关的信誉记录及参与推荐的 E_r 记录.首先需要更新信誉度纪录,其次需要更新第三方推荐实体的推荐信誉度.更新描述如下:

$$Success: \begin{cases} C_s = C_s + D_a \\ R_{s_i} = R_{s_i} + 1 \quad (0 \leq i \leq n) \end{cases}, Fail: \begin{cases} C_s = C_s + D_n \\ R_{f_i} = R_{f_i} + 1 \quad (0 \leq i \leq n) \end{cases}$$

2.5 信任自稳定

信任更新是在一次服务过程结束之后,更新的结果可以指导下一次的服务选择过程.随着交互服务的次数不断增多,一个高质量且稳定服务的 E_s 对其他 E_q 的信任吸引力越来越大,但任何一个 E_s 的服务能力都是有限的.随着获取服务的 E_q 继续增加, M_s 将下降,导致信任吸引力也开始下降.这个时候如果有其它的优质 E_s 开始提供同类的优质服务,将有一部分 E_q 将转而向新加入的 E_s 获取服务,新 E_s 随着成功服务的次数增加信任吸引力也将增大.原有 E_s 的质量在下降部分后将随着服务的继续,开始回升,并保持一个平稳的趋势,整个普适环境维持一个自稳定环境.从后文图 10 的信任自稳定曲线可以看出,该服务在开始时刻信任引力迅速增大,到服务压力顶峰时刻开始下降.当有新的 E_s 加入并开始提供同类服务时,信任引力开始缓慢回升,并逐渐达到一个稳定状

态. 依此可以看出, 该模型在普适实体规模较大的环境下更能发挥其优越的特性.

3 相关工作与实验

在普适环境中, 快速高效地选择并使用网络服务至关重要^[8]. 我们利用网络选择服务实验^[8]的改进实验来评价该模型. 设置的实验环境包括请求服务实体(E_q)、服务实体(E_s)和推荐实体(E_r)集合. 服务实体集合模拟 6 个具有不同服务属性的宽带以太网, modem, 802.11b, GSM 等网络服务. 这组有效服务在一个软件路由器上通过流量整形来实现. 各个服务所声明的特征及属性值见表 1(所有数据为归一化值).

推荐实体集合由 3 个 PDA 组成, 其中 P_1 关注带宽、费用和丢失率, P_2 关注费用、丢失率和服务范围, P_3 关注带宽、服务半径和加入延迟. 实验过程加入两个 PDA(P_N 和 P_M) 作为新加入请求服务的实体. P_N 希望网络服务能提供长距离半径, 低费用、低丢失率的服务, 分别关注的权重为 (0.3, 0.3, 0.4). 而 P_M 关注带宽、低费用和低加入延迟, 关注权重为 (0.4, 0.3, 0.3), 给定的相关阈值为 (1Mbps, 1.5\$/MB, 3s).

实验通过 3 种方式来测试模型的准确性和有效性, 通过成功服务率(success rate)、平均服务时间(average service time)、最优化服务性能率(optimization performance rate). 成功服务率是成功的次数与总实验次数比值, 平均服务时间是总实验时间跟成功次数的比值, 最优服务性能率是最优的服务次数与成功服务次数的比值. 模拟实验总数 1000 次, P_N 和 P_M 作为加入申请服务实体.

Table 1 Announced service attributes and the values

表 1 声明的服务属性及属性值

| E_s | Bandwidth (Mbps) | Cost (\$/MB) | Lose rate (%) | Service radius (m) | Join delay (s) |
|-------|------------------|--------------|---------------|--------------------|----------------|
| W_1 | 11 | 0.8 | 0.1 | 0 | 1 |
| W_2 | 11 | 1 | 0.2 | 500 | 1 |
| W_3 | 1 | 1 | 0.4 | 300 | 3 |
| W_4 | 1 | 1.2 | 0.1 | 800 | 2 |
| W_5 | 0.512 | 2 | 0.2 | 0 | 2 |
| W_6 | 0.512 | 1 | 0.05 | 1000 | 3 |

实验 1. P_N 和 P_M 加入普适环境并以传统的选择方式选择服务. 选择服务仅依赖某些特征, 比如最小费用. 实验结果表明选择的实体没法较好地满足其他服务特征. 假设, P_N 关注服务半径, 费用和丢失率, 当其依照最小费用选择服务 w_1 时(如图 4 所示), 服务半径是 0, 选择的服务不能满足服务半径的要求. 当 P_M 仅依靠带宽选择最优服务时, 能选择最优带宽服务 w_1 (如图 5 所示), 但是服务的半径依然是 0, 同样的现象出现在仅依靠丢失率、服务半径或者加入延迟作出片面的选择. 该方法的成功率很低, 同样性能优化率也很低.

实验 2. 经历了实验一的方法后, 实验利用启发式方法开始选择服务. 比如 P_N 依靠费用特征选择 w_3 , 它能选择到成功的服务, 但是没有最优的性能. 通过分析(如图 6 和 7 所示), 从图 6 中可以看出, P_N 没有选择 w_3 因为它的丢失率高于给定阈值, P_M 没有选择 w_6 因为它的带宽小于给定阈值. 更重要的是, 随着服务数量和服务特征属性的增加, 花费的时间将很大, 让人难以忍受花费大量的时间得到一个非最优的服务.

实验 3. 基于本文提出的信任模型, P_N 或 P_M 都能在最短的时间内找到最优的服务. 准确性和有效性大大得到了提高. 从图 8 中可以看出, P_N 能在最短时间内选择性能最优的 w_2 , P_M 能在最短时间内选择性能最优的 w_4 . 总体比较评价如图 9 所示. 从图中可以看出, 基于该模型进行服务选择时, 服务成功率、平均成功服务时间、最优化服务性能率都是最优的.

该模型的优点是: 某个实体加入到普适环境中, 可以快速选择到较优服务, 保证了服务的时效性. 其次是该模型能确保服务在进行过程中继续选择综合评价更优的服务, 如果能找到则切换服务继续工作. 服务完成后合理更新服务的满意度, 为下一次服务的选择提供指导. 更重要的是该模型具有信任评价的自稳定性, 可以很好地记忆历史信息和服务的上下文. 根据自稳定性特征和上下文记录, 当服务次数达到一定数量的时, 稳定优秀的服务能在第一时间被请求服务的实体发现. 即在一个熟悉的环境中 E_q 能够迅速找到最优服务, 在一个陌生的环境中, 开始能找到较优服务, 通过一段时间的交互也能快速找到最优服务.

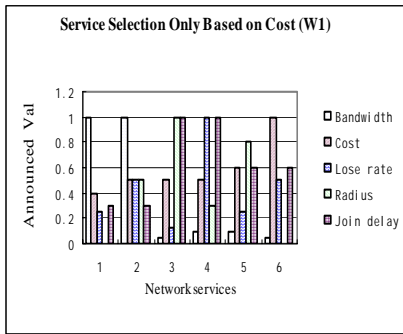


Fig.4 Service selection only based on cost
图 4 仅依赖于费用的服务选择

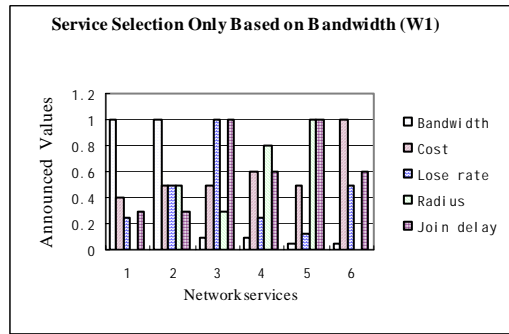


Fig.5 Service selection only based on bandwidth
图 5 仅依赖于带宽能力的服务选择

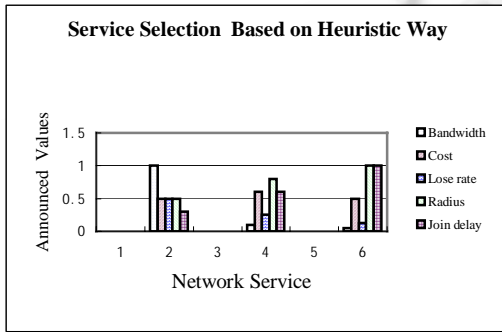


Fig.6 Service selection only based on nandwidth(P_N)
图 6 基于启发式方法的服务选择(P_N)

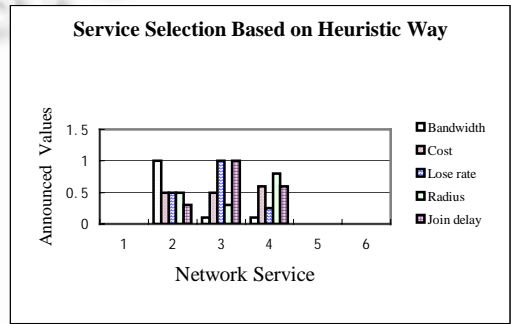


Fig.7 Service selection only based on bandwidth(P_M)
图 7 基于启发式方法的服务选择(P_M)

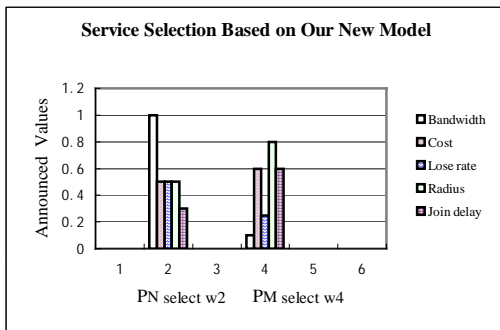


Fig.8 Service selection based on trust based model
图 8 P_N 和 P_M 基于信任模型的选择结果

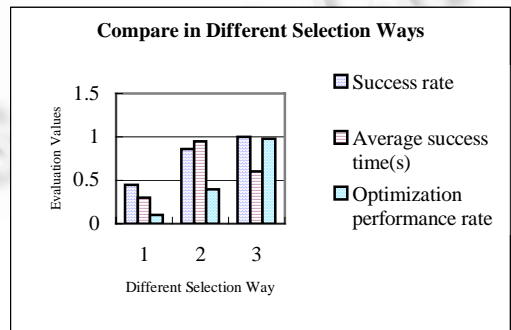


Fig.9 Comparison in different selection ways
图 9 基于不同模型的性能比较

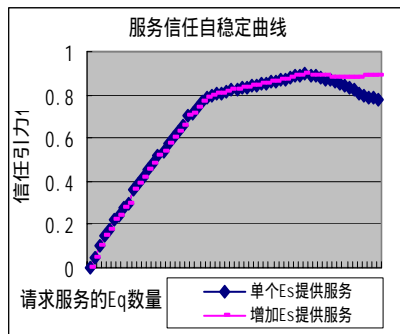


Fig.10 Service trust gravitation self-stabilization

图 10 服务信任自稳定曲线

4 结束语

本文提出一个基于信任的服务评价和选择模型以描述普适实体空间的信任关系.实验结果表明,该模型适用于普适环境中的服务评价和选择,在该模型协助下,服务选择时效性和准确性都较单因素选择和启发式选择模式有很大提高.且该模型有很好的可扩展性、自稳定特性,适用于各种不同的普适环境.借用万有引力定律和人类社会的信任观念来描述普适实体之间的信任关系,为以后研究计算机实体间的信任关系提出了一个新的研究方法.在后续的研究中,将在实际的普适环境及其它应用中进一步验证并改进该模型,确定相关可调整的常量参数和函数,并确定同类服务的标准参数.

致谢 在此,我们向对本文的工作给予指导和建议的林宗楷教授表示感谢.

References:

- [1] Weiser M. The computer of the 21st century. *Scientific American*, 1991,265(3):66-75.
- [2] Garlan D, Siewiorek DP, Smailagic A, Steenkiste P. Project aura: Toward distraction-free pervasive computing. *IEEE Pervasive Computing*, 2002,1(4):22-31.
- [3] Christopher B, Konrad B. Embedded human computer interaction. *Applied Ergonomics*, 2002,(33):273-287.
- [4] Johanson B, Fox A, Wiinograd T. The interactive workspaces project: Experiences with ubiquitous computing rooms. *IEEE Pervasive Computing*, 2002,1(2):67-74.
- [5] Satyanarayanan M. Pervasive computing: Vision and challenges. *IEEE Personal Communications*, 2001,6(8):10-17.
- [6] Allard J, Chinta V, Gundala S, Richard III G. Jini meets UPnP: An architecture for Jini/UPnP interoperability. In: *Proc. of the Symp. on Applications and the Internet*. 2003. 268-275.
- [7] McGrath RE. Discovery and its discontents: Discovery protocols for ubiquitous computing. Technical Report, UIUCDCS-R-99-2132, 2000.
- [8] Abdur R, El S, James B. Semantic-Based context-aware service discovery in pervasive-computing environments. In: *Proc. of the 1st IEEE Workshop on Service Integration in Pervasive Environments (SIPE) in Conjunction with IEEE Int'l Conf. on Pervasive Services (ICPS)*. IEEE Press, 2006.
- [9] George L, Peyman F, Steven B, John W. A user-guided cognitive agent for network service selection in pervasive computing environments. In: *PerCom 2004*, 2004. 219.
- [10] Feng X, Jian L, Wei Z, Chun C. Design of a trust valuation model in software service coordination. *Journal of Software*, 2003,14(6):1043-1051(in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1043.htm>
- [11] Sun YL, Yu W, Han Z, Liu KJR. Information theoretic framework of trust modeling and evaluation for Ad Hoc networks. *Selected Areas in Communications*, 2006,249(2):305-319.

- [12] Wang XY, Zhao H, Lin T, Zhang WB, Yin ZY. Service selection model based on trust in ubiquitous computing. Journal on Communication, 2005,26(5):1-8 (in Chinese with English abstract).
- [13] Peng LP, Chen YH, Yang B, Chen ZX. A novel classification method based on data gravitation. In: Int'l Conf. on Neural Networks and Brain (ICNN&B). Beijing: IEEE Press, 2005. 667-672.

附中文参考文献:

- [10] 徐锋,吕建,郑玮,曹春. 一个软件服务协同中信任评估模型的设计. 软件学报,2003,14(6):1043-1051. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1043.htm>
- [12] 王小英,赵海,林涛,张文波,尹震宇. 基于信任的普适计算服务选择模型. 通信学报,2005,26(5):1-8.



陈贞翔(1980 -),男,湖南桂东人,博士生,主要研究领域为计算机软件与理论,P2P网络,计算机网络,智能控制,分布式智能信息处理.



黄先芝(1965 -),男,高级工程师,主要研究领域为基于业务规则的软件工程方法,业务规则管理,数据库与数据仓库系统.



葛连升(1967 -),男,副教授,主要研究领域为计算机网络,大规模路由,智能控制,分布式智能信息处理.



林金娇(1978 -),女,博士生,主要研究领域为基于业务规则的软件工程方法,业务规则管理,数据库,信息系统.



王海洋(1965 -),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为计算机软件与理论,数据库,智能 Web, workflow, 规则管理.