

基于 Skyline 的动态可信服务选择方法

王海艳^{1,2} 丁 飞²

(东南大学计算机科学与工程学院 南京 210096)¹ (南京邮电大学计算机学院 南京 210003)²

摘 要 服务选择是实现服务共享、组合、复用的重要前提。随着具有相同功能属性但非功能属性(如服务质量(Quality of Service, QoS))不同的候选服务数量日益增多, QoS 已成为服务选择的关键指标。然而,在动态网络环境下,服务选择过程中 QoS 数据的真实可信性无法得到保障。通过引入包括度量服务资源种类及服务提供商信任的服务信任(Trust of Service, ToS)来构建服务的信任机制。利用 Skyline 技术的支配关系及投影模型,给出 QoS 和 ToS 两者之间的关联,提出了基于 Skyline 的动态服务选择算法,它在确保服务质量的前提下可提高服务选择的可信性。仿真实验表明了所提算法的可行性与有效性。

关键词 服务, 服务选择, 信任

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

Skyline-based Dynamic and Trustworthy Service Selection Method

WANG Hai-yan^{1,2} DING Fei²

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)¹

(College of Computer Science, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)²

Abstract Service selection is of crucial importance for the sharing, composition and reuse of services. With rapid growth of the number of candidate services which have same functional attributes but have different non-functional attributes, e. g. quality of service(QoS), QoS has been regarded as one of the most important criteria for the selection of services. However, the authenticity and trustworthiness of QoS data can not be effectively guaranteed during service selection process in dynamic network environments. To address this problem, trust of service (ToS) including the trust of service resource type and the trust of service provider was introduced. Trust mechanism was therefore established for service selection through the evaluation of two kinds of trust. Association relationship between QoS and ToS was given with the employment of dominance relationship and projection model in Skyline technology. A skyline-based dynamic service selection algorithm was proposed to improve the trustworthiness of service selection while QoS requirements are already met. Simulation results demonstrate the feasibility and effectiveness of the presented algorithm.

Keywords Service, Service selection, Trust

1 引言

随着网络服务技术的广泛普及与应用,网络上出现了大量功能属性相同而非功能属性不同的网络服务。如何在诸多候选服务中选择所需服务,并将其进行有效聚合,以形成虚拟的满足不同用户需求的增值的聚合服务,已成为新的应用需求和研究热点^[1,2]。

目前,已有服务选择方法主要分为基于服务质量(Quality of Service, QoS)的服务选择^[3-10]和基于信任(Trust)的服务选择^[11-14]两大类。前者选择服务质量“好”的服务;后者表现为服务的行为可靠、可预测、可监控。然而,其存在以下明显不足:(1)基于 QoS 对 Web 服务进行查找和选择,难以保证服务提供者给出的 QoS 数据的真实可信性;(2)QoS 反馈数据的可信性无法得到保障;(3)基于 QoS 和基于 Trust 的两类服务选择方法之间未建立科学有效的关联机制。

本文提出了 QoS 和服务信任(Trust of Service, ToS)相结合的动态服务选择算法,用以构建服务资源种类和服务提供商的信任机制,以提高服务选择的可信性。引入服务信任的概念,将 ToS 提升到和 QoS 同等的地位,实现基于两种服务度量结果有机结合的服务选择,增强服务行为的可信性,提高服务执行的成功率;并提出投影模型,实现可信的服务选择。

本文第 2 节引入服务信任概念,分别对服务资源种类及服务提供商的信任值进行度量;第 3 节将 QoS 与 ToS 相结合,利用 Skyline 技术实现动态服务选择,给出相应的动态服务选择算法;第 4 节通过实验测试算法的性能;最后是总结与展望。

2 服务信任

2.1 服务的信任度量

定义 1(服务信任(ToS, Trust of Service)) 即服务使用

到稿日期:2012-02-21 返修日期:2012-05-02 本文受江苏省自然科学基金(BK2011072),江苏省博士后科研计划项目(1002005C)资助。

王海艳(1974—),女,博士后,教授,CCF 会员,主要研究领域为网络与信息安全、服务计算技术、可信计算技术, E-mail: wanghy@njupt.edu.cn;

丁 飞(1986—),男,硕士生,主要研究领域为服务计算技术、可信计算技术。

者愿意相信服务所属的资源种类可信并提供服务的服务提供商行为可信的一种意愿程度,其信任程度用服务信任值 $V(S)$ 进行度量。按照信任的来源,将其分为服务资源种类信任和服务提供商信任。

定义 2(服务资源种类信任) 即服务所属的资源种类的信任,其信任程度用 $T_g(s)$ 来进行度量标识。

定义 3(服务提供商信任) 即服务所属服务提供商的信任,其信任程度用 $T_p(s)$ 来进行度量标识。

本文采用统计学原理,监测网络环境的变化和服务提供商的行为,预测服务相关的信任指标,利用用户反馈信任,辅助更新网络环境,以大大减小恶意评价和联合欺骗对网络产生的影响。

2.1.1 服务资源种类信任

本节从统计学的角度对服务资源种类信任进行分析,采用 3 种不同的预测方法,动态预测网络中不同服务资源种类的信任值,并通过仿真实验说明不同预测方法的性能,以及分别适用的场景。

一元线性回归预测法

定义服务资源种类信任值 $T_g \in (0, 1)$, 网络中监测中心监测到的网络环境好坏程度为 C , μ 表示任意随机变量, T_g 与 C 具有相关关系, 线性回归模型为:

$$T_g = b_0 + b_1 C + \mu \quad (1)$$

根据样本数据,作一条回归直线使它能够拟合这些点,近似地描述 C 与 T_g 之间的关系。

加权移动序列平滑预测法

将统计得到的数据按照时间进行顺序排列。将时间序列的因素分解如下:

$$x_t = f(T_t, S_t, C_t, I_t) \quad (2)$$

首先,确定加权移动平均值,设时间序列为: x_1, x_2, \dots, x_n , 令:

$$M_t = \frac{1}{N} (w_t x_t + w_{t-1} x_{t-1} + \dots + w_{t-N+1} x_{t-N+1}) \\ = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t w_i x_i \quad (3)$$

式中,参数 w 为不同时间序列的权重。一般情况下,根据历史数据的实效性,给予近期数据以较大的权重,同时给予远期数据较小权重,然后进行移动平均。

预测式为:

$$\hat{x}_{t+1} = F_{t+1} = M_t \quad (4)$$

马尔柯夫预测方法

设马尔柯夫链在时间 t_m 处于状态 $S_i, i=1, 2, \dots, n$; 在下一个时间 t_{m+1} 转移状态为 $S_j, j=1, 2, \dots, n$; P_{ij} 表示由状态 S_i 转移为 S_j 的概率,记为一步转移矩阵。资源种类信任分为 5 种状态: $(0.0 \sim 0.2), (0.2 \sim 0.4), (0.4 \sim 0.6), (0.6 \sim 0.8), (0.8 \sim 1.0)$ 。

将网络初始时的各个状态的概率组成状态概率向量,记作 $P(0) = (P_1(0), P_2(0), \dots, P_n(0))$, 也称基期。利用初始状态概率向量和状态转移矩阵,得到 $P(k) = P(0) P^k$ 。

在服务提供者发布网络服务时,网络注册中心根据服务所属的服务种类和网络环境,将服务划入不同的服务池中。通过不同的预测方法预测出服务资源种类信任值,为用户选择服务提供参考。

2.1.2 服务提供商信任

在服务使用过程中,服务提供商的可信度对用户选择服务有直接影响。一个可信度高的服务提供商提供的服务相对比较可信。

参考文献[15],用隐马尔柯夫模型(Hidden Markov Model, HMM)状态转换矩阵和观察矩阵收集统计服务提供商的信任变化,通过标准化、归一化过程,使得复杂的评价关系得以量化计算,为服务选择提供可信支持。

假定每个服务提供商具有 N 个信任状态,用 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$ 表示。通常认为服务提供商信任可以处于 5 种状态: $(0.0 \sim 0.2), (0.2 \sim 0.4), (0.4 \sim 0.6), (0.6 \sim 0.8), (0.8 \sim 1.0)$ 。假设能够检测到的环境变化有 M 种,用 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_M\}$ 表示,则变化序列为: $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$, 其中 $y_t \in C$ 。

为了计算状态, HMM 还包含环境观察矩阵 EOb_s 、状态转换矩阵 $Trans$ 、状态初始化矩阵 $Init$ 。环境观察矩阵 EOb_s 就是在时刻 t 服务提供商信任处于 S_n 状态下观察到 C_m 的概率即是 $Eobs_{nm} = P(y_t = C_m | x_t = S_n)$, $1 \leq n \leq N, 1 \leq m \leq M$ 。状态转换矩阵 $Trans$ 即是服务提供商信任状态之间转换的概率, $Trans_{ij}$ 表示在 t 时刻状态为 S_i , 那么到 $t+1$ 时刻状态为 S_j 的概率。初始状态概率 $Init$ 是一个向量,表示计算开始,服务提供商信任处于各个状态的概率 $Init = (I_1, I_2, \dots, I_N)$ 。通过 $Init$ 和 $Trans$ 可以计算出当前服务提供商信任处于各种状态的概率 $P_t = (P_1, P_2, \dots, P_N)$ 。

在 t 时刻,服务提供商信任状态分布概率表示为 $P_t = (P_i, I, 1 \leq i \leq N)$, 状态的分布概率公式为:

$$P_t(i) = P(x_t = S_i | y_t) \quad (5)$$

在 t 时刻,服务提供商的信任值表示为:

$$T_p = \sum_{i=1}^5 P_t(i) S_i \quad (6)$$

2.1.3 服务信任值的综合

服务信任值 $V(s)$ 由 $T_g(s)$ 和 $T_p(s)$ 采用相乘法原理进行计算,计算公式为:

$$V(s) = \sqrt{T_g(s) \times T_p(s)} \quad (7)$$

式中, s 表示某服务, $T_g(s) \in (0, 1)$ 表示服务 s 所属资源种类信任值; $T_p(s) \in (0, 1)$ 表示服务 s 的服务提供商的信任值; $V(s) \in (0, 1)$, $V(s)$ 越大,服务信任值越高。

3 基于 Skyline 的动态可信服务选择方法

本文将信任提升到与 QoS 对等的角色,将两者作为 Skyline 的两个维度进行分析,完成服务选择。

用户选择某服务,首先确定该服务所属种类,然后在该服务种类的资源池中,根据资源种类信任度量值选择可信的资源种类,再根据提供商信任值选择合适的服务提供商,最后两者协商,提供商向用户提供服务,完成选择过程。如图 1 所示,其中 A(1-4) 是用户请求服务的过程, B(1-5) 是提供商提供服务的过程。

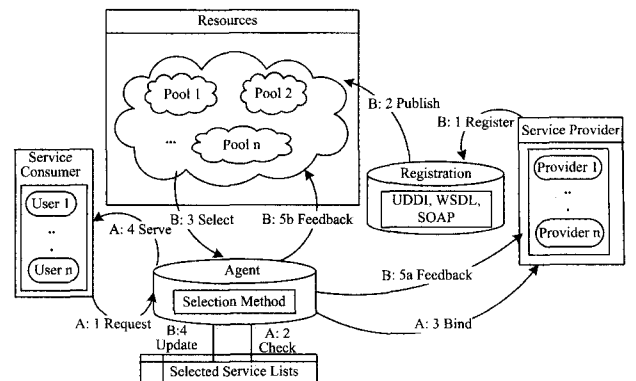


图 1 服务选择流程图

本文利用 Skyline^[16]中的支配关系,将服务质量 QoS 和服务信任 ToS 作为 Skyline 的两个度量维度,屏蔽服务库中所有非 Skyline 服务,缩小服务选择范围,降低服务选择时间,提高服务选择的可信度及选择效率。

3.1 投影模型

如果将每次变化的服务均与 Skyline 服务集中的服务逐个进行比较,来判断服务变化对 Skyline 的影响,会大大降低执行效率,特别是在 Skyline 服务集中含较多服务的情况下,效率呈指数级降低。因此,本文提出了投影模型,即采用动态局部投影动态分配所投影服务的数据存储空间,以提高算法效率,简化服务维护。

针对服务空间的两个维度:QoS、ToS,将两个维度的投影分别定义为 Projection of Quality(PoQ)和 Projection of Trust(PoT)。图 2 所示的是 Skyline 服务集在两种维度上的投影。

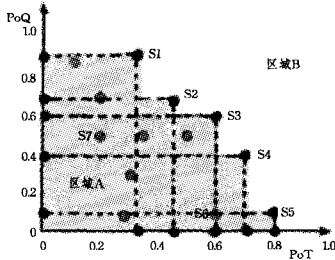


图 2 Skyline 服务集投影

3.2 DMASG 服务选择算法

本文提出相应的服务维护算法,并增加服务信任的反馈机制以提高服务竞争力,其统称为 Skyline 服务集动态维护算法(Dynamic Maintenance Algorithm for Skyline Services Group,DMASG)。

服务新增维护算法:

```
Input: Service Skyline(SL), Service Newly Added(SA)
Output: Updated Skyline
1. Project SL around SA and SA to Trust dimension;
2. Search from point SA to m and n direction;
3. if(! encounter S∈SL)
4. {keep searching;} end if;
5. S(m),S(n) ready,switch (case) {
6. case1: Projection SA between Projection S(m)&S(n), add SA to SL;
7. case2: Projection SA under Projection S(n), add SA to area A;
8. case3: Projection SA on top of S(m), keep search in the direction of m, until Projection SA under Projection S(m), add service m to SL, and add the encountered services to area A.
9. }
10. end
```

服务失效维护算法:如果失效服务 S 为被支配的服务,则对 Skyline 无影响;如果失效服务 S 为原 Skyline 服务集中的服务,则需要计算服务 S 的替换服务,并形成新的 Skyline 服务集。

```
Input: Service Skyline(SL), Service failed(SA)
Output: Updated Skyline
1. if (SA∈areaA)
2. End if;
3. else if(SA∈SL)
4. search both directions, find nearest service S(m), S(n);
5. draw a rect Substitute area(RSA), use(SAx, SAy) and (Smx,
```

```
Sny);
6. if(no services in RSA)
7. delete SA;
8. else find Skyline Services of RSA, add them to origin Skyline;
9. end if;
10. End else if.
```

反馈提高服务竞争力算法:原 Skyline 上的服务被替换,或者新增服务没有加入 Skyline 服务集,是因为此服务被别 Skyline 服务集中的服务所支配。本文根据 QoS 及 ToS 与 Skyline 服务集在两轴上的投影关系,向淘汰的服务提供高反馈提高该服务竞争力的建议。

```
Input: Service Skyline(SL), Service failed(SA)
Output: add_qos, add_tos (means additional QoS & ToS)
if (SA dominated only by one service B)
return
add_qos=QoS(B)-QoS(SA), add_tos=0;
or add_qos=0, add_tos=ToS(B)-ToS(SA);
End if;
else
search on both PoQ&PoT, and record the first service as SAQ&SAT,
return
add_qos=QoS(SAQ)-QoS(SA), add_tos=0;
or add_qos=0, add_tos=ToS(SAT)-ToS(SA);
then run the algorithm again.
End else
```

下面通过仿真实验将 DMASG 算法与已有的一些服务选择方法进行更详细的性能比较。

4 仿真实验与结果分析

4.1 实验设置

本文实验数据基于 Matlab 仿真软件,参考 WSBen 平台(Web 服务生成器)设计得到。实验模拟定义一系列功能属性相同的服务,赋予生成服务随机的 QoS 值, QoS 范围在 0~1 之间;赋予网络环境变化量 C 为 0~1 间随机的值,随机变量 μ 取值于 0.0~0.2 之间,初始化矩阵 *Imit* 随机值。具体实验参数见不同的实验场景。

实验在 Genuine Intel(R) CPU 2140 @ 1.6GHz 1.61 GHz 处理器和 1.00GB 内存的主机上运行,操作系统为 Windows XP Professional Service Pack 2。实验主要分为不同选择方法在效率与开销两个方面的对比,即比较本文所提的服务选择方法与 RATEWeb^[14]、一般基于信誉的模型^[17]在服务选择上的效率差异;比较基于不同选择算法而导致的每成功选择一个服务所耗费的时间开销。

4.2 实验结果

实验 1 参考 WS-Ben 平台,利用 Matlab 生成 10 种功能属性不同的服务,分属 3 种不同资源种类,为每种服务模拟生成 1000 个不同 QoS 的服务。设环境变化序列为 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_6\}$, 其中 C_2, C_4 为网络环境较差时的服务信任值,其他时刻的信任值表现递增。

针对每种预测方法,根据图 3、表 1 给出它们的性能比较,包括算法复杂度比较、每种预测方法适用的网络环境及特点,其中 m 为样本数目, n 为资源信任所具有的状态数, S 为资源种类数。

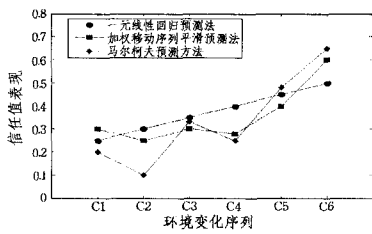


图3 不同预测方法信任比较结果

表1 3种预测方法性能比较

预测方法	复杂度	特点	适用环境
一元线性回归	$O(ms)$	远期、近期数据一样重要,保持数据一致性	较稳定的网络环境,环境波动较小
加权移动序列平滑	$O(ms)$	区分远期、近期数据的权重,更依赖近期数据	适合网络环境连续变化,波动较大
马尔柯夫	$O(m+n^2s)$	受初始概率矩阵影响大,预测较准确,开销大	适合信任状态离散的网络环境

实验2 在完成 T_g 值的计算后,利用 HMM 方法预测出 T_p 的值,令 $Trans_{ij}$ 为随机生成的,向量 $Init = (0.1, 0.1, 0.2, 0.2, 0.3, 0.1)$ 。实验中,取 $St_1, St_2, St_3, St_4, St_5$ 为所在状态区间的中间值,即分别为 $0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$,所以 $T_p = \sum_{i=1}^5 P_i(i) St_i$,根据式(7)计算出服务的信任值 ToS,利用投影模型,结合 QoS,提供满足用户的服务请求。

图4给出了几种结合服务信任的选择方法的执行效率。其中,横坐标为可选服务集中的服务数目,纵坐标为选择出10个满足用户需求服务所需要的平均时间。与其他两种服务选择方法相比,所提出的 DMASSG 算法的服务选择在可选服务数目约小于700的情况下,平均选择的效率不高;但随着服务集中可选服务的增多,DMASSG 方法的选择效率明显优于前两者。

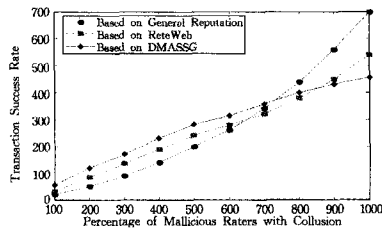


图4 执行效率的比较

实验3 分析不同算法提供服务的服务成功率。当服务提供商恶意声称服务 QoS,导致实际 QoS 与声称不符时,用户不满意当前选择的服务,重新选择服务。在实验2的基础上,实验3向模拟生成的服务中加入不同比例的恶意声称高的 QoS 服务。不考虑联合欺骗的存在,通过实验比较不同选择算法的性能表现。图5为不同恶意服务比例下服务成功率的比较。

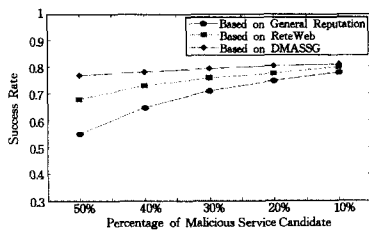


图5 服务成功率的比较

实验4 设置仿真场景中,不同恶意服务的比例下存在提供者联合欺骗,各算法的性能比较如图6所示。

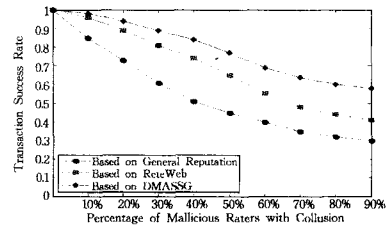
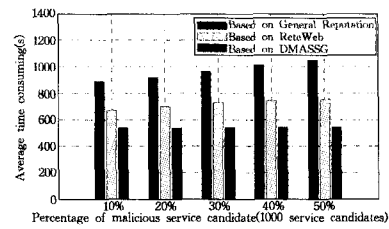


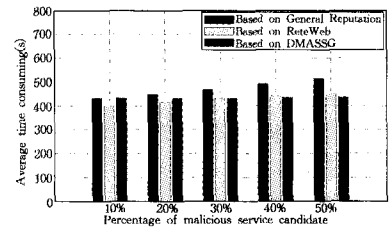
图6 选择算法抗欺骗性能的比较

由图6可知,与其他两种服务选择方法相比,文中所提算法的平均交易成功率明显优于前两者。前两种算法将用户的反馈值直接作为信任机制中的维度进行信任度量,这给恶意推荐和联合欺骗提供了便利;而本文以预测为主,用户反馈信任与直接信任度量为辅(用户不直接参与服务的信任度量),大大减小了恶意推荐和联合欺骗的影响,很好地防止了联合欺骗的产生,提高了整个服务过程的效率。

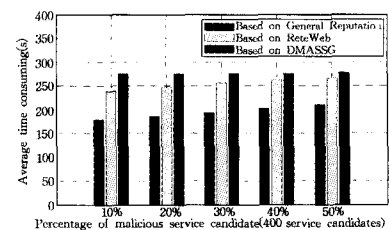
实验5 综合实验2、3的环境设置和相关数据,得出图7,其中图7(a)-(c)分别为基于一般信誉、RATEWEB和本文所提 DMASSG 算法在不同服务数量且不同恶意服务比例下平均耗时的比较。



(a) 1000个服务数



(b) 700个服务数



(c) 400个服务数

图7 不同服务数开销的比较

由实验可以得出,虽然在服务集中数目小于700的情况下,DMASSG 单次请求消耗时间有所增加,但所选服务完成用户请求的成功率大大提升,减少了不合格服务带来的用户重新选择服务的问题。例如在服务集数目为500时,利用 DMASSG 选择10个服务耗时约280s,而一般信誉模型需要200s左右;DMASSG 在恶意服务比例为30%时的成功率为80%,此时一般信誉模型的成功率约为65%。然而 DMASSG 算法收敛速度远大于一般信誉模型,DMASSG 总

耗时约 340s,而一般信誉模型需约 370s。随着用户请求服务数目的增加,本文的算法将能更好地适应大规模网络环境,减少整体耗时,为用户提供满意的服务。

结束语 本文引入服务信任,采用统计学的方法预测服务所属资源种类信任值,利用随机论理论计算服务提供商信任值,并将服务质量与服务信任相结合,通过改进 Skyline 方法有效地对候选服务进行过滤处理,提出了动态 Skyline 维护算法 DMASSG,从而提高了服务选择中 QoS 数据的真实可信性。

如何控制 Skyline 服务集的规模,更精确、更快速地向用户提供高质量、高可信的服务,是未来工作的研究方向。

参考文献

- [1] 范小芹,蒋昌俊,方贤文,等. 基于离散微粒群算法的动态 Web 服务选择[J]. 计算机研究与发展,2010,47(1):147-156
- [2] 刘书雷,刘云翔,张帆,等. 一种服务聚合中 QoS 全局最优服务动态选择算法[J]. 软件学报,2007,18(3):646-656
- [3] 李金忠,夏洁武,唐卫东,等. 基于 QoS 的 Web 服务选择算法综述[J]. 计算机应用研究,2010,27(10):3622-3627
- [4] 胡建强,李涓子,廖桂平. 一种基于多维服务质量的局部最优服务选择模型[J]. 计算机学报,2010,33(3):526-534
- [5] 苏森,李飞,杨放春. 分布式环境中服务组合的迭代选择算法[J]. 中国科学 F 辑:信息科学,2008,38(10):1717-1732
- [6] 朱红宁,张斌. 基于 SPA 的 Web 服务选取方法[J]. 计算机科

(上接第 40 页)

于篇幅,本文省略了两种协议在不同业务强度和不同节点移动速度下附加开销的对比仿真结果图。

结束语 本文在 OLSR 路由协议的基础上,为无线 Mesh 网设计了一种基于网络环境认知的表驱动路由协议 LR-OLSR。LR-OLSR 引入了认知无线网络中的环境感知推理思想,通过对表征节点处理负载能力的链路投递率和链路可用性等信息进行感知,并以此为依据对链路质量进行推理,将其作为路由选择的依据,实现对路由的优化选择,提高网络的吞吐量,达到负载均衡。仿真结果表明,在不对网络引入更多额外开销情况下,LR-OLSR 较 OLSR 在分组成功递交率、分组传递平均端到端时延性能方面均有较大幅度的提升,能够在一定程度上达到负载均衡的路由效果。

下一步将针对多信道应用环境,结合信道分配策略,研究 LR-OLSR 协议的跨层联合优化问题,通过降低节点之间的相互干扰,提高无线资源的利用率。

参考文献

- [1] Whitehead P. Mesh Networks: a new Architecture for Broad-band Wireless Access Systems[C]//IEEE International Conference on Radio and Wireless. Denver, CO, USA: IEEE, 2000: 43-46
- [2] Akyildizif, Wang Xu-dong, Wang Wei-lin. Wireless mesh networks: a survey [J]. Computer Networks, 2005, 47(4): 445-487
- [3] Waharte S, Boutaba R, Iraqi Y, et al. Routing protocols in wireless mesh networks: challenges and design considerations [J]. Multimedia Tools and Applications, 2006, 29(3): 285-303
- [4] Liu Te-huang, Liao Wan-jiun. Capacity-Aware Routing in Multi-Channel Multi-Rate Wireless Mesh Networks[J]. 2006 IEEE International Conference on Communications, 2006, 5: 1971-

学, 2009, 36(11): 32-35

- [7] 杨放春, 苏森, 李祯. 混合 QoS 模型感知的语义 Web 服务组合策略[J]. 中国科学 F 辑: 信息科学, 2008, 38(10): 1697-1746
- [8] 李祯, 杨放春, 苏森. 基于模糊多属性决策理论的语义 Web 服务组合算法[J]. 软件学报, 2009, 20(3): 583-596
- [9] Bleidm, Ngay, Jordan M I. Latent Dirichlet allocation[J]. Journal of Machine Learning Research, 2003, 3(1): 993-1022
- [10] 石晶, 胡明, 石鑫, 等. 基于 LDA 模型的文本分割[J]. 计算机学报, 2008, 31(10): 1865-1874
- [11] Wang Shou-xin, Zhang Li, Wang Shuai, et al. A Cloud-Based Trust Model for Evaluating Quality of Web Services[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2010, 25(6): 1130-1142
- [12] Zeng Liang-zhao, Benatallah B, Dumas M. Quality Driven Web Services Composition[C]//WWW 2003. 2003
- [13] Alrifai M, Skoutas D, Selecting R T. Skyline Services for QoS based Web Service Composition[C]//WWW2010. 2010
- [14] Malik Z, Bouguettaya A. RATEWeb: Reputation Assessment for Trust Establishment among Web services[J]. The VLDB Journal, 2009, 18: 885-911
- [15] 张润莲, 武小年, 周胜源, 等. 一种基于实体行为风险评估的信任模型[J]. 计算机学报, 2009, 32(4): 688-698
- [16] 吴健, 陈亮, 邓水光, 等. 基于 Skyline 的 QoS 感知的动态服务选择[J]. 计算机学报, 2010, 33(11): 2136-2146
- [17] 徐建国, 罗永亮, 王德才. 基于信誉模型的 Web 服务优化选择[J]. 计算机应用, 2008, 28: 322-325

1976

- [5] Song Wen, Fang Xu-ming. Routing with Congestion Control and Load Balancing in Wireless Mesh Networks[C]//2006 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings. June 2006: 719-724
- [6] 魏翼飞, 张勇, 宋梅, 等. 一种适用于 WiFi Mesh 网络的 AODV 改进路由协议[J]. 北京邮电大学学报, 2007(4): 128-132
- [7] 沈强, 方旭明. 无线 Mesh 网中一种基于综合准则的 DSR 扩展路由方法[J]. 电子学报, 2007(4): 785-790
- [8] Yang Ya-ling, Wang Jun, Kravets R. Designing Routing Metrics for Mesh Networks [C]//Proceedings of the IEEE Workshop on Wireless Mesh Networks (WiMesh). IEEE Press, 2005: 675-679
- [9] 郑相全. 基于认知无线电的移动自组网关键技术研究[J]. 重庆通信学院学报, 2006, 25(6): 4-7
- [10] Jacquet P, Muhlethaler P, Clausen T, et al. Optimized Link State Routing Protocol for Ad hoc Networks[C]//IEEE international Conference on Multi Topic Technology for the 21st Century. Proceedings. Dec. 2001: 62-68
- [11] Sobrinho J L. Algebra and algorithms for QoS path computation and hop-by-hop routing in the Internet[J]. IEEE-ACM Transactions on Networking, 2002, 10(4): 541-550
- [12] Sobrinho J L. Network Routing with Path Vector Protocols: Theory and Applications[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM 2003 Conference on Computer Communications. Karlsruhe Germany: ACM, 2003: 49-69
- [13] UCB/LBNL/VINT. Network Simulator-Ns (version 2) [EB/OL]. <http://www-mash. CS. Berkeley. EDU/ns>, November 2010
- [14] 郑相全. 无线自组网技术实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 101-107