

# 基于用户行为特征的云计算资源可用性动态评价模型

许普乐 王 杨 黄亚坤 韩文锴 赵传信  
(安徽师范大学数学计算机科学学院 芜湖 241000)

**摘 要** 针对云计算资源分布集中、同一来源资源质量一致性强的特征,提出了一个基于用户行为特征的云计算资源可用性动态评价模型。首先利用资源来源质量、服务质量和特征信息,确定来源原始基准,并以此对原始资源进行评价。然后通过动态基准的方法,以动态误差和更新阈值为指标,在加入新资源时对原始基准进行校正,从而对所有资源进行重新评价。最后提出了以特征系数为核心的用户行为特征优化算法。

**关键词** 动态基准,云计算资源,评价模型,特征系数

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

## Evaluation Model of Cloud Computing Resources Dynamic Usability Based on User Behavior Feature

XU Pu-le WANG Yang HUANG Ya-kun HAN Wen-kai ZHAO Chuan-xin  
(School of Mathematics & Computer Science, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

**Abstract** According to the characteristics of cloud computing resources that they are usually centralized and consistent in quality, we proposed an evaluation model based on the concept of dynamic reference. We firstly determined the original reference and gave the resources an original evaluation utilizing the quality of sources, quality of service and characteristics of resources. Then we employed the difference of dynamic and refreshing threshold to adjust the reference into dynamic reference, which consequently enables us to reevaluate the resources. At last, we proposed the characteristic coefficient to further enhance the evaluation based on users' behaviors.

**Keywords** Dynamic reference, Cloud computing resources, Evaluation model, Characteristic coefficient

## 1 引言

云计算作为一种商业计算模式,具有按需自助服务、广泛的网络接入、丰富的资源池、快速弹性和服务可度量等特点。云计算能提高资源与业务过程的可用性<sup>[1]</sup>。但从用户体验的角度,云计算资源的可用性是提升云计算粘性和商业价值的核心要素。

基于云计算资源的服务可用性评估方法主要有以下 3 类:(1)基于云计算资源链接性能的评估方法,如 PageRank、Sogou Rank 等<sup>[3,4]</sup>;(2)基于云计算资源内容有效性的评估方法,如 ARC 算法、HITS 算法等<sup>[5,6]</sup>;(3)基于云用户行为可用性特征的排序,如个性化排序算法<sup>[7]</sup>、BM25 加权算法等<sup>[8]</sup>。

但这些算法和模型一方面没有充分考虑云计算资源的特点,另一方面没有从用户服务体验的角度研究云资源的可用性。本文针对云计算资源分布集中、同一来源质量同质化强的特征<sup>[9,10]</sup>,提出了一种新的基于用户行为特征的动态云计算资源可用性评价模型。

## 2 理论背景与相关定义

### 2.1 动态基准

为了对来源相近的云计算资源进行归类 and 总体评估,需

要确定一个资源来源质量的基准,用以提高资源可用性评估的效率;同时对于那些刚刚被纳入资源系统而没有累计更多引用量、下载量和点击量的资源给予更客观、准确的评价;其次,相近来源的资源虽然质量相近,但随着时间的推移,对相近来源资源的动态评估校正也同样重要<sup>[11,12]</sup>。为了便于问题的描述,给出如下定义。

**定义 1(固定基准)** 固定基准是指某个限定范围下对事物进行制造、计算和评估等行为时所参照的一个基础性标准。在云计算资源可用性评价中,固定基准即为对同一来源的资源进行特征分析后综合而成的一个固定的评价基准。针对云计算资源的评价中,我们首先根据现有的资源对各个来源进行分析,计算出其原始基准。

**定义 2(来源原始基准)**

$$R_p = \frac{\sum R_q^p Q_p}{N_p} \quad (1)$$

其中, $R_p (p=1, 2, 3, \dots, n)$  为各个来源的原始基准, $R_q^p$  为来源  $p$  中各资源的质量, $N_p$  为来源  $p$  的资源总量, $Q_p$  为来源  $p$  的服务质量。为了提高评估效率,资源质量往往不需要通过全站资源分析计算得出,而利用用户评分、站点引用次数、外链分析等方式整体获得;服务质量则通过站点的连通率、资源可用率等指标获得。

本文受国家自然科学基金(61572036),教育部人文社科青年基金(11YJC880119),安徽省高校人文社会科学类研究重大项目(SK2014ZD033),安徽省教育科学规划课题项目(JG14022)资助。

许普乐(1980—),男,硕士,副教授,主要研究方向为云计算、机器学习;王 杨(1971—),男,博士,教授,主要研究方向为数据挖掘、机器学习、智能 Agent 等,E-mail:wycap@126.com(通信作者)。

定义 3(动态基准) 动态基准是指相对固定基准,在一定范围内动态浮动的基准,具有反馈性和动态性的特点。在云计算资源评估中,这种模型的动态性来自于两个方面,一方面是个体资源的动态性,另一方面是基准本身的动态性。本文针对云计算资源的评价中,主要在来源原始基准上求出各个现有资源评价当前结果。

定义 4(资源评价)

$$E_q^p = A_q^p R_p = \frac{\sum R_q^p}{N_p} Q_p \quad (2)$$

其中,  $E_q^p$  为资源评价,  $A_q^p$  为某资源的特征信息,如点击量、下载量、引用数等。某来源添加新资源后,其总体资源质量必定会发生改变,在对此资源进行评价后需要对来源原始基准进行修正,从而得到这个来源的动态基准。

定义 5(来源动态基准)

$$FR_p = \frac{\sum R_q^p + E_q^p}{N_p + 1} Q_p = \frac{\sum R_q^p (1 + \frac{A_q^p Q_p}{N_p})}{N_p + 1} Q_p \quad (3)$$

其中,  $FR_p$  为各个来源的动态基准。同时定义来源基准动态差,如式(4)。

定义 6(来源基准动态差)

$$\Delta R_p = R_p - FR_p = Q_p \left[ \frac{1 - A_q^p Q_p}{N_p (N_p + 1)} \right] \sum R_q^p \quad (4)$$

对于刚加入的资源评价是有误差的,因此需要定义资源评价动态误差来确定其误差程度。

定义 7(资源评价动态误差)

$$\begin{aligned} \Delta E_q^p &= A_q^p \Delta R_p = A_q^p (R_p - FR_p) \\ &= A_q^p Q_p \left[ \frac{1 - A_q^p Q_p}{N_p (N_p + 1)} \right] \sum R_q^p \end{aligned} \quad (5)$$

随着来源基准动态差的积累,资源评价误差也越来越大,这时需要确定一个阈值,如式(6)。

定义 8(评价更新阈值  $t$ )

$$\begin{aligned} \frac{\Delta R_p}{R_p} &\leq t, \text{ 即} \\ \frac{1 - A_q^p Q_p}{(N_p + 1)} &\leq t \end{aligned} \quad (6)$$

阈值  $t$  可在实际使用过程中根据系统资源限制和具体需求进行确定。当不满足此条件时,则此来源的所有资源根据新的基准进行重新评价。

## 2.2 用户行为特征优化

为了增强索引和搜索结果的可用性,本文提出特征系数的概念来解决这个问题。用户在云计算资源搜索引擎中进行操作时,被访问的历史资源有一定的特征(如关键字、索引类别、学科范围等),根据这些记录,可以计算各个资源的特征与某用户的历史操作记录特征的相关性,从而得到特征相关系数。

定义 9(特征相关系数)

$$CC_i^p = \sum CC_{ij}^p (j=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

其中,  $CC_i^p$  为  $p$  来源中的资源  $q$  与用户  $i$  的特征相关系数,  $CC_{ij}^p$  为特征  $j$  里  $p$  来源中的资源  $q$  与用户  $i$  的相关系数。其计算方法多种多样,本文使用皮尔森  $r$  值或斯皮尔曼  $\rho$  值进行计算,具体方法可根据实际需求选择。同时,单个用户的操作记录与整个用户群操作记录背景的对比也能体现出其行为的定向性。因此可以由此生成出特征背景系数式(8)来调整相关资源针对此用户的评价结果。

定义 10(特征背景系数)

$$BC_i^p = \sum BC_{ij}^p, j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

## 2.3 评价结果与排序的关系

对资源的评价是资源排序的基础,它给排序(或者说 Rank 机制)提供了原始数据。在得到评价结果后,可以通过各类阈值的选择对资源进行预选,然后再作为传统排序算法中的参数,对资源进行排序。

以 Google Page Rank(评价结果)与其网页搜索结果排名的关系为例,具体分析评价结果与排序的关系:

- Google 排名算法不完全基于外部链接
- 高 PageRank 并不能保证 Google 高排名
- PageRank 值更新得比较慢,而 Google 排名更新较快(几乎是即时的)

但对于云计算资源来说,PageRank 的更新速率(或者说动态度)较低,不能适应云计算资源的更新周期;Google 排名的动态度又太高,相对来说更消耗系统资源。文中提出的这种算法结合合适的排序机制后,既能保证评价结果误差被控制在阈值范围内,又能避免半即时更新耗费的大量系统资源。

## 3 基于动态基准的教育云计算资源评价方法

基于动态基准的教育云计算资源评价方法的流程如图 1 所示。

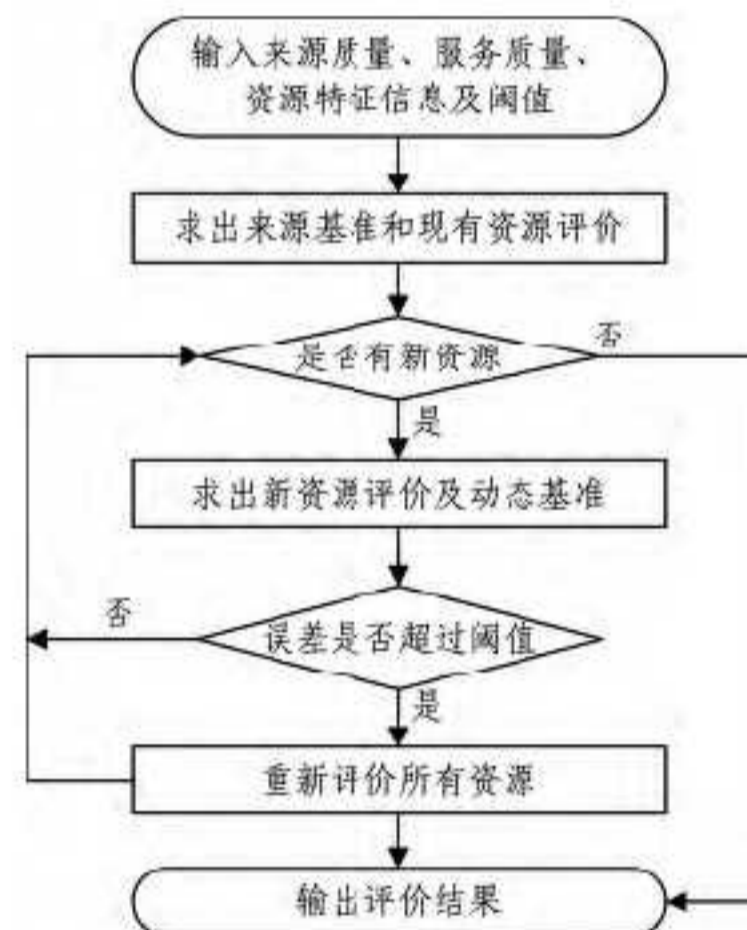


图 1 动态基准算法流程图

### 3.1 算法描述

算法 1 基于动态基准的教育云计算资源评价方法

Input:  $R_q^p$ ; // 来  $p$  中各资源质量,  $Q_p$  来源  $p$  的服务质量,  $A_q^p$  // 资源特征信息;  $t$  // 动态阈值

Output: Result-Sets // 资源评价结果

1. for all  $R_q^p$  then
  2.  $R_p \leftarrow (\sum R_q^p / N_p) * Q_p$  // 求出来源质量
  3.  $E_q^p \leftarrow R_q^p R_p$  // 现有资源评价
  4. end for
  5. if New-Res-Adding then
  6. for each New-Res then
  7. Recalculate( $R_q^p$ ) by Equ. (1); // 重新计算来源质量
  8. Recalculate( $A_q^p$ ) by Equ. (2); // 重新计算资源评价
  9. if  $\Delta E_q^p > t$  then
  10. Modify( $t$ ) by Equ. (6). // 修正动态阈值  $t$
  11. end if
  12. end for
- end if

### 3.2 算法分析

上述算法的主要步骤包括以下 3 点。首先,分别根据来源质量、服务质量和资源特征信息确定来源基准和资源评价结果;其次,当加入新资源时,求出其评价结果和加入新资源后的动态基准;最后,当动态误差大于阈值时,修正所使用的基准数值,对资源评价结果进行更新。

### 4 基于用户行为特征的优化方法

为增强搜索结果的可用性,在对资源进行评价时,对用户行为特征进行优化能够提高靠前搜索结果符合用户期待的几率,减少用户在搜寻资源时所消耗的时间。用户在云计算资源搜索引擎中进行操作时,被访问的历史资源有一定的特征(如关键字、索引类别、学科范围等),根据这些记录,可以计算各个资源的特征与某用户的历史操作记录特征的相关性,从而得到特征相关系数和特征背景系数。本文提出的基于用户行为特征优化方法的流程如图 2 所示。

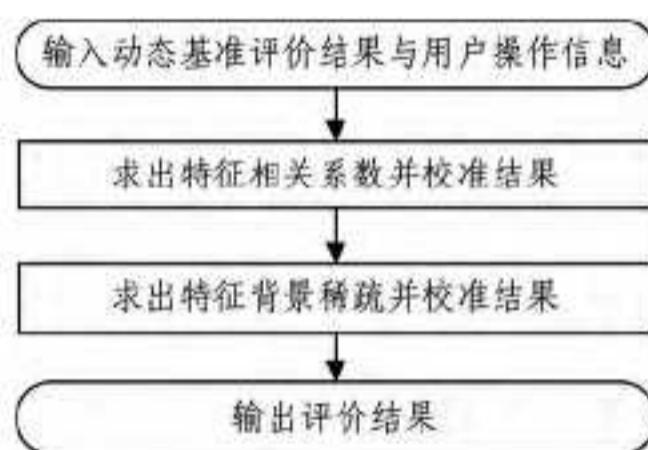


图 2 基于用户行为特征优化方法的流程图

这种方法不仅适用于搜索引擎对资源条目的预处理,也可以针对各种信息或社区网站的信息推送排序进行优化。在非搜索性的资源呈现系统中,被呈现的资源数量和内容是相对固定的,因此不需要根据语义相似度等数据对条目进行再排序。如果所有用户的排序结果都一样,则又很难体现出信息对用户的针对性,用户很难快速获取到想要的信息。利用用户的行为特征,可以对固定的条目进行重排序,从而提高靠前搜索结果符合用户期待的几率,减少用户在搜寻资源时所消耗的时间,确保了用户的良好使用体验。

### 5 实验结果与分析

分别从 IEEE Journals, Transactions, Magazines 随机抽取了 10 个作者共 183 条资源记录,根据所提算法,首先将 2012 年之前的 132 条资源作为固定基准的评估依据,再将剩下的资源作为后加入的资源进行动态基准的评估。经过统计与预处理得到的原始数据和固定基准如图 3 所示。经过对数据的整理、处理与分析,得到了每个资源的固定基准,并根据固定基准给每个资源进行了动态评价,部分结果如表 1 所列。

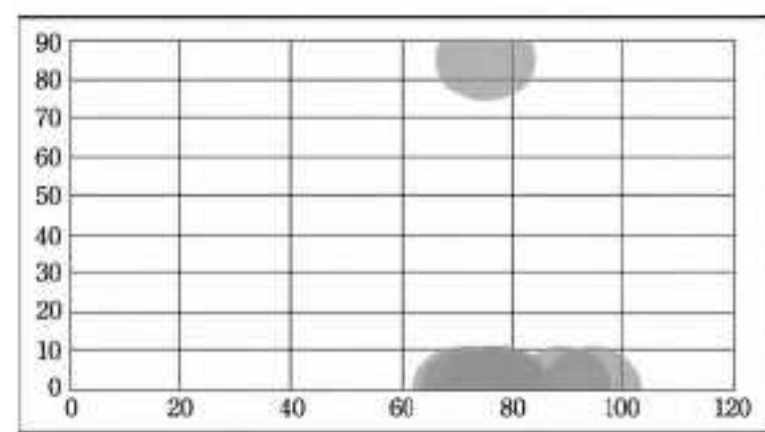


图 3 原始数据与固定基准散点拟合图

表 1 部分动态基准算法结果

序号	来源	资源数据	固定基准	拟合结果	动态基准
1	1	75.16	85.00	85.45	85.02
2	1	71.05	85.00	80.77	84.76
3	1	75.85	85.00	86.23	85.07
...	...	...	...	...	...
81	4	93.47	95.00	118.76	96.13
82	4	93.68	95.00	119.03	96.14
83	5	66.79	65.00	58.06	61.53
84	5	65.41	65.00	56.87	60.93
...	...	...	...	...	...
181	10	89.12	92.00	109.66	92.84
182	10	91.21	92.00	112.23	92.96
183	10	90.22	92.00	111.01	92.91

所有结果如图 4 所示。

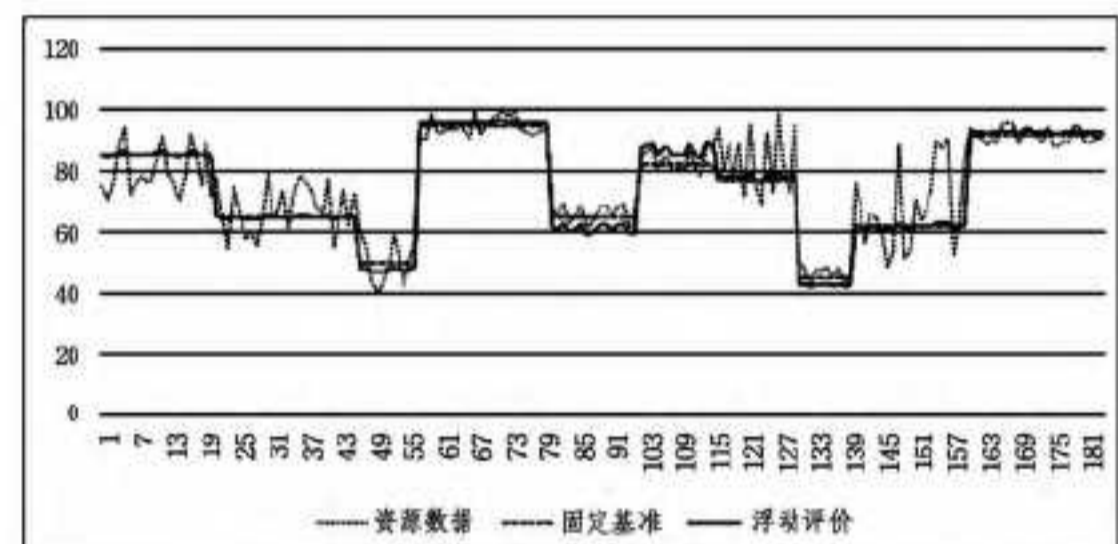


图 4 资源数据、固定基准与动态评价结果折线图

然后,利用上文提到的基于用户行为特征的优化方法模拟针对 30 个条目评价,并评测其评价结果与用户实际体验的一致性。其部分数据结果如表 2 所列,所有结果如图 5 所示。通过一致性检验得到本文算法评价结果与用户评价结果的得分和排序均具有高一致性。

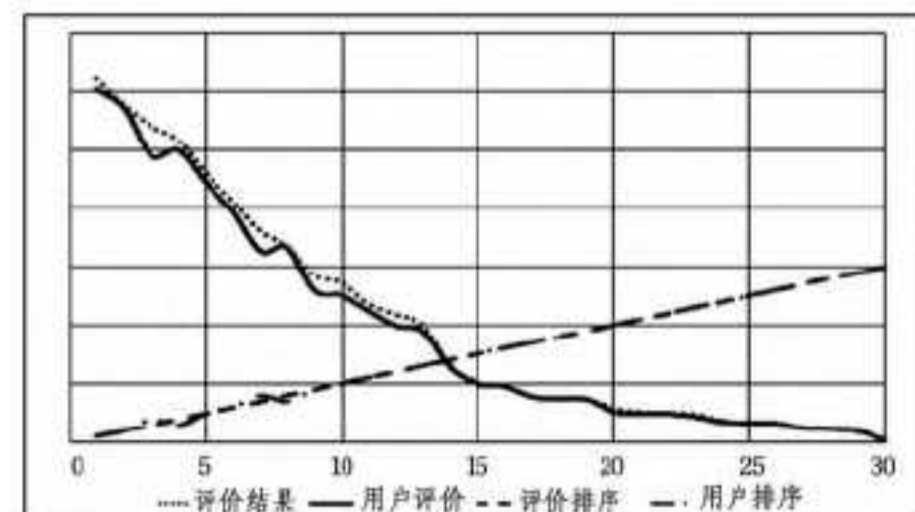


图 5 用户行为特征的优化结果

表 2 部分用户行为特征的优化结果

序号	动态基准	特征相关系数	特征背景系数	评价结果	评价排序	用户评价	用户排序
114	77.484	0.852	0.941	62.133	1	60	1
176	92.896	0.908	0.684	57.679	2	57	2
106	85.361	0.767	0.828	54.175	3	49	4
...	...	...	...	...	...	...	...
113	78.818	0.176	0.178	2.465	28	2	28
54	48.686	0.113	0.377	2.063	29	2	29
91	61.303	0.769	0.007	0.353	30	0	30

结束语 针对云计算资源分布集中、同一来源资源质量

一致性强的特征,从用户服务体验的角度提出了一种新的云

计算资源动态服务评价模型,并结合用户特征对结果进行了优化。下一步将对本文提出的可用性评估方法和各项指标的确定进行探讨与应用。

### 参考文献

[1] Varadharajan V, Tupakula U. Security as a Service Model for Cloud Environment[J]. IEEE Transactions on networks and service management, 2014, 11(1):60-74

[2] Mustakerov I, Borissova D. A conceptual approach for development of educational Web-based e-testing system[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(11):14060-14064

[3] Wu Gang, Wei Yi-min. An Arnoldi-extrapolation algorithm for computing PageRank[J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2010, 234(11):3196-3212

[4] Boldi P, Santni M, Vigna S. PageRank as a function of the damping factor[C]//Proceedings of the 14th International Conference on World Wide Web. USA:ACM Press, 2005:557-566

[5] Klenberg J M. Authoritative sources in a hyper-linked environ-

ment[J]. Journal of the ACM, 1999, 46(5):604-632

[6] Hersovici M, Jacovi M, Maarek Y S. The shark-search algorithm-An application[C]//Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference. Brisbane, Australia: ACM Press, 1998:317-326

[7] Kang Fu-wei, Liu Xiao-dong. A Personalized Ranking Approach via Incorporating Users Click Link Information into PageRank Algorithm[J]. Energy Procedia, 2011, 13:275-284

[8] Zhai Cheng-xiang. Statistical language models for information retrieval a critical review[J]. Foundations and Trends in Information Retrieval, 2008, 2(3):137-213

[9] 陈付龙, 周雯, 王杨, 等. 基于 Agent 的云计算资源预选择分层模型[J]. 计算机工程, 2009, 39(9):119-122

[10] 王杨, 杨娜娜, 陈付龙, 等. 基于模糊集和 RSS 的云计算资源 Rank 算法[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(2):127-130

[11] 余辉, 齐丹, 李恒达, 等. 基于动态基准法的无创血糖检测实验应用研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(3):770-774

[12] 林伯香, 孙晶梅, 刘起弘, 等. 关于动态基准面概念的讨论[J]. 石油物探, 2005, 44(1):94-97

(上接第 300 页)

图 9 示出 4 种路由算法的平均传递延时。随着网络中数据包数量的不断增加, GTSP 路由算法体现出了平均延时小的特点。原因是, 移动节点对数据包的交付是根据时间和地点来与另一个节点相遇, 从而避免了在错误的地理区域和时间段移动, 因此节省了时间, 降低了平均传递时延。

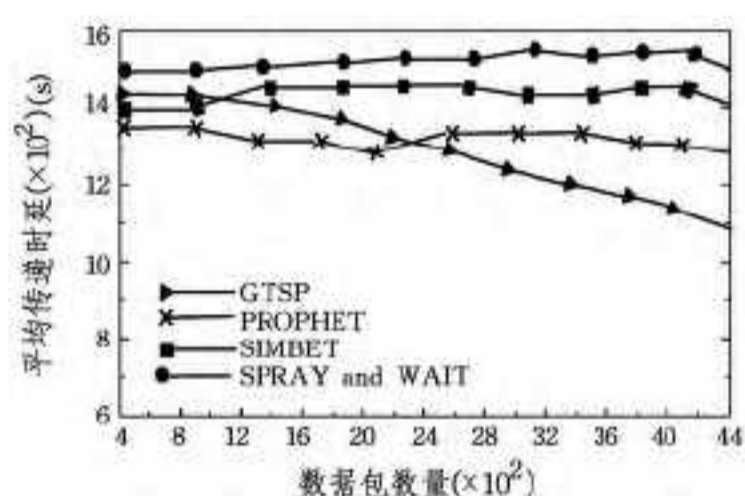


图 9 平均传输时延

**结束语** 在延迟容忍网络中, 传统的路由算法分为传染性路由算法、概率性路由算法以及社会性路由算法, 虽然它们各有优势<sup>[9]</sup>, 但它们都没有具体综合考虑时间和空间这两个因素, 也就是文中提到的时间段和地理区域两个因素, 没有综合考虑时间、地点、社会性和概率性这几方面。本文提出的 GTSP 算法根据节点的概率表和节点间的共同朋友节点在相应的时间段和地理区域上进行数据包转发。在 GTSP 算法中结合了传染路由算法中的洪泛策略、概率路由的特点以及社会性路由的社会性特点。在 GTSP 算法中, 门卫节点会利用洪泛策略将存储的相关信息转发给附近的移动节点。在 GTSP 算法中, 每个节点会有一个相遇节点概率表, 它是根据这些节点相遇概率的大小由大到小排序, 每个表项都有对应的相遇节点以及相遇时间段和地理区域, 从概率最大的相遇节点开始选出前  $m$  个节点组成。在 GTSP 算法中, 根据社会性的特点, 每个节点会建立与其它节点的共同朋友节点, 这些共同朋友节点是在某个时间段在某个地理区域进行转发的最佳候选节点。仿真结果表明, GTSP 路由算法与传统的 Spray

and Wait 路由算法、Prophet 路由算法以及 SimBet 路由算法相比有更低的平均传输延时和网络开销以及更高的数据包传递命中率。下一步将重点考虑如何进一步减轻门卫节点的存储器和处理器的负担。

### 参考文献

[1] Jain S, Fall K R, Patra R K. Routing in a delay tolerant network [C]//Proc. SIGCOMM, 2004:145-158

[2] Vahdat A, Becker D. Epidemic routing for partially-connected ad hoc networks[R]. Duke University, Durham, NC, USA, 2000

[3] Lindgren A, Doria A, Scheln O. Probabilistic routing in intermittently connected networks[J]. Mobile Comput. Commun. Rev, 2003, 7(3):19-20

[4] Costa P, Mascolo C, Musolesi M, et al. Socially-aware routing for publish-subscribe in delay-tolerant mobile ad hoc networks [J]. IEEE J. Sel. Areas Commun, 2008, 26(5):748-760

[5] Jones E, Li L, Schmidtke J, et al. Practical Routing in Delay-Tolerant Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2007, 6(8):943-959

[6] Spyropoulos T, Psounis K, Cauligi S, et al. Efficient routing in intermittently connected mobile networks; the multiple-copy case [J]. IEEE Transactions on Networking, 2008, 16(1):77-90

[7] Fall K. Delay-tolerant network architecture for challenged internets[C]//Proceedings of the 2003 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications. ACM, 2003:27-34

[8] Daly E M, Haahr M. Social network analysis for routing in disconnected delay-tolerant manets[C]//Proceedings of the 8th ACM International Symposium on Mobile Ad hoc Networking and Computing. ACM, 2007:32-40

[9] 陈元甲. DTN 路由算法的研究与改进[D]. 长沙: 中南大学, 2010