



引用格式:张安琳,刘元博,陈慧,等.基于JXTA网络节点RPV表的JPDV算法[J].轻工学报,2016,31(3):93-98.

中图分类号:TP311 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2016.3.013

文章编号:2096-1553(2016)03-0093-06

# 基于JXTA网络节点RPV表的JPDV算法

## A JPDV algorithm based on peer's RPV of JXTA network node

张安琳<sup>1</sup>,刘元博<sup>2</sup>,陈慧<sup>1</sup>,黄道颖<sup>1</sup>,丁冠铭<sup>1</sup>,谢兆贤<sup>1</sup>

ZHANG An-lin<sup>1</sup>,LIU Yuan-bo<sup>2</sup>,CHEN Hui<sup>1</sup>,HUANG Dao-ying<sup>1</sup>,

DING Guan-ming<sup>1</sup>,XIE Zhao-xian<sup>1</sup>

1. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院,河南 郑州 450002;

2. 河南财政金融学院 现代教育技术中心,河南 郑州 451464

1. College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. Modern Educational and Technological Center, He'nan Institute of Finance and Banking, Zhengzhou 451464, China

### 关键词:

JXTA网络;拓扑匹配;  
集合点路由表;JPDV  
算法

### Key words:

JXTA network; topology  
adaptation; rendezvous  
peer-routing view;  
JPDV algorithm

**摘要:**针对基于JXTA平台的P2P网络底层网络拓扑失配,造成消息在网络传播过程中传输效率低下,网络资源浪费严重的问题,提出了一种基于JXTA网络节点集合点路由RPV表的时延统计向量(JPDV)算法.该算法中节点选择信誉度高、能力高的集合点作为界标节点,通过周期性对界标节点进行时延探测来构造时延统计向量并计算出距离值,然后与原逻辑邻居节点距离值比较,用距离值较小者更新节点路由表,使得在通信时选择距离自己较近的节点进行路径构造,从而提高与底层网络拓扑的匹配度.仿真实验结果表明,该算法可减少链接长度,提高检索效率,具有合理性和有效性.

收稿日期:2015-12-07

基金项目:河南省重点攻关项目(132102210418);河南省教育厅重点攻关项目(13A520379)

作者简介:张安琳(1971—),女,四川省绵竹市人,郑州轻工业学院高级实验师,主要研究方向为计算机网络及流媒体技术.

通信作者:黄道颖(1967—),男,河南省信阳市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为计算机网络、分布式计算.

**Abstract:** In order to solve the P2P underlying network topology mismatch problem based on JXTA platform, which caused the lower transmission efficiency in the process of message transmission, severe waste of network resources, a statistical vector algorithm called JPDV (JXTA Rendezvous Peer-routing Algorithm Based on Delay Statistics Vector) based on the Peer's RPV (Rendezvous Peer-routing View) of JXTA was proposed. Node chose rendezvous with good creditworthiness and high capability as Landmarks node, and constructed delay statistics vector and got its distance by measured delay to Landmarks node, and then compared distance with old logical neighbor, modified its routing table with less distance. As the more near route path was chosen on communication to other peers, JPDV had better matching with the underlying network topology. Simulation experiment results showed that JPDV algorithm had the rationality and validity, which reduced the length of the peer link and improved the retrieval efficiency.

## 0 引言

基于 JXTA 平台的 P2P 覆盖网的构建独立于物理网络, 系统中对等点在选择邻居时像大多数 P2P 网络一样, 采用随机的方式, 这种随机性虽然带来了很好的健壮性, 但由于没有考虑到任何物理拓扑信息<sup>[1]</sup>, 会导致与物理网络拓扑失配的问题. 拓扑失配使得本来在物理网络上通过较少跳数就能实现的节点间的信息交换, 在逻辑网络中却要经过不必要的步骤才能实现, 从而导致信息交换延迟, 不仅影响效率, 而且消耗大量网络带宽资源, 加重物理网络的负担. 其解决方法是改进 JXTA 的路由机制进行拓扑匹配, 使覆盖网中节点的逻辑关系与它们所处的物理网络关系相适应, 并采取措施合理安排数据调度, 从而减少网间信息交互和物理网络负载. 目前, 解决 P2P 覆盖网拓扑匹配问题的算法主要有以下 3 种.

1) 界标簇算法. 在网络中选择活跃、带宽和信誉度高的节点作为界标节点, 各节点将自己邻居节点按照它们到各界标节点的时间延迟进行排序, 进而划分区域, 同一区域在物理位置上相接近. 该方法简单, 扩展性较好, 但属于粗粒度划分, 而且没有考虑后续的拓扑优化问题<sup>[2]</sup>.

2) 节点 ID 编码区域划分算法. 在界标簇的基础上使用节点 ID 编码方法, 将逻辑网络中的节点与实际物理网络建立映射关系, 以 IP 地址

接近相临近的原则进行查询. 该方法没有考虑节点离开或失效情况下的网络拓扑维护问题, 健壮性较差<sup>[3]</sup>.

3) 基于位置感知的拓扑匹配算法. 采用物理拓扑分配 ID 的方法实现位置定位, 节点间的距离由节点的坐标值来反映, 算法中逻辑邻居节点即为物理邻居节点. 其优点是采用完全分布式, 扩展性好, 时间延迟较低. 但该方法没有考虑节点在网络中所处位置和身份, 造成节点负载不均衡<sup>[4]</sup>.

鉴于此, 本文拟借鉴界标簇拓扑匹配算法思想, 对 JXTA 集合点随机邻居选择策略、路由机制进行改进, 提出一种基于网络节点 RPV 表 (Rendezvous Peer-Routing View) 的时延统计向量 JPDV (JXTA Rendezvous Peer-routing Algorithm Based on Delay Statistics Vector) 算法, 以期解决 JXTA 底层非结构化网络存在的拓扑失配问题.

## 1 JPDV 算法

### 1.1 基本思想

JPDV 算法在 JXTA 网络中对节点间 RPV 表进行获取并分析, 运用界标簇算法思想在网络中选取界标节点, 通过各节点与界标节点的响应时间构造时延统计向量, 根据量化值选择各节点构造路由表从而达到最优路径.

JPDV 算法基本思想: 通过节点 RPV 表了

解各节点所连接的集合点和逻辑邻居节点的数目,从中选择活跃、信誉度高、能力强的集合点作为界标节点;节点周期性地向界标节点发送信息进行时延探测,按照 2.2 节方法构造时延统计向量,算出抽象距离值;节点发送消息时添加距离属性,更新自己的路由表,并根据距离值选择下一跳.根据上述思想,算法最终以物理邻居代替逻辑邻居,合理选择下一跳,从而构造最优路径.

## 1.2 流程

JPDV 算法流程如图 1 所示,具体描述如下.

**步骤 1** 节点在通信前,根据时间周期判断其路由表是否须进行更新;若须更新,进行步骤 2,否则转至步骤 3;

**步骤 2** 直接选择逻辑距离值最短的节点作为下一跳,进行路由选择然后进行通信;

**步骤 3** 计算当前的逻辑距离值:

1) 首先判断节点是否有界标节点:若有则进行 2);若没有,则各节点将自己的 RPV 表的列表信息交给本地集合点.集合点进行统计并选出  $M$  个界标节点,然后进行发布.

2) 各节点通过与各界标节点进行时延统计,

构造时延统计向量,根据公式计算出逻辑距离值.

3) 用新得到的各节点距离值与更新前的距离值进行比较:若小于,则在路由表上进行更新,然后转至步骤 2;否则转至步骤 1.

## 2 JPDV 算法路由表构造

### 2.1 JXTA 网络中 RPV 表获取

JXTA 网络节点必须处于默认的对等组中,每个节点都有唯一的 PID 进行标识<sup>[5]</sup>.当节点形成时,寻找对等组创建时所发布的广告来加入对等组<sup>[6]</sup>.网络中各节点都维护自己的 RPV 表,其中包含对等组内与本节点进行信息交互的其他对等点节点信息<sup>[7]</sup>.节点可以通过下面操作获取自己的 RPV 表信息.以查询集合点为例:

```
RendezVousService p1 = this. ThePeerGroup.
getRendezVousService();
```

```
List < PeerID > Items = p1. getLocalRendezVousView();
```

```
List < String > StrItems = new ArrayList <
String > ();
```

```
for (int i=0;i < Items. size();i + +)
```

```
StrItems. add(Items. get(i). toString());
```

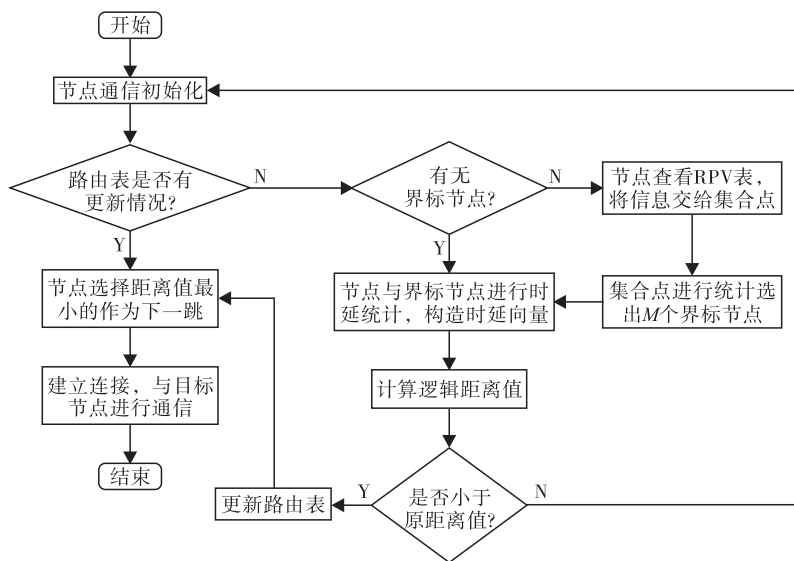


图 1 JPDV 算法流程图

Fig. 1 JPDV algorithm flow chart

updateTableContent(StrItems,LocalRDV\_Col);

可用类似的操作查询节点所连接的周围对等点信息. 指定对等点 (urn:jxta:uuid-596164616.....745) 的 RPV 表如表 1 所示.

表 1 指定对等点的 RPV 表

Table 1 The specified peer's RPV

Local RDV view IDs	Local EDGE view IDs
urn:jxta:uuid-596164616.....E30	urn:jxta:uuid-596164616.....286
urn:jxta:uuid-596164616.....583	urn:jxta:uuid-596164616.....u35
⋮	⋮

综合对等点的 RPV 表可以简单直观地了解各节点所连接的集合点和逻辑邻居节点的数目,推断出 JXTA 网络节点的大致分布情况. 然后从中选择活跃、信誉度好、能力强的集合点作为界标节点,用于时延统计向量(DV)的构造.

### 2.2 时延统计向量构造

选取界标节点的目的是响应节点的时延探测,返回一个简单的响应信息,帮助节点构造时延向量. 节点向各界标节点发送 ping 信息,并对往返时延进行统计. RTT 表示节点与界标节点的往返时延总和,所以选取 RTT 的一半构成 DV 表.

用向量  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  表示在 JXTA 网络中选取了  $n$  个界标节点,第  $m$  个节点的 DV 记作  $D_m = (d_{m1}, d_{m2}, \dots, d_{mn})$ , 其中  $d_{mn}$  表示  $m$  节点从加入网络到现在与  $a_n$  间的时延统计平均值,该节点同时也保存着一组次数统计向量值,用  $V_m = (v_{m1}, v_{m2}, \dots, v_{mn})$  表示,其中  $v_{mn}$  表示节点  $m$  向界标节点  $a_n$  的发送次数.  $D_m$  和  $V_m$  都是  $n$  维列向量. 计算节点  $m$  与界标节点  $a_n$  的平均统计时延公式为

$$d_{mn} = \frac{d_{mn}^{(c+1)} + d_{mn}^{(c)} \times c_n}{c_n + 1}$$

其中,  $d_{mn}^{(c+1)}$  为第  $c + 1$  次获取的网络时延,  $d_{mn}^{(c)}$  为第  $c$  次的平均时延值,  $d_{mn}^{(c)} \times c_n$  为前  $c$  次与界标节点  $a_n$  的总时延. 将新获得的  $d_{mn}$  值替换原

来的  $d_{mn}^{(c)}$  的值,同时将向量  $V_m$  中  $v_{mn}$  数据加 1. 通过类似的操作得到节点  $m$  到其他界标节点的时延统计值,最终得到  $D_m$  第  $n + 1$  次的向量. 通过此向量就可以用  $Dist_{lm} = \sqrt{[D_m - D_l, D_m - D_l]}$  表示节点  $l$  与节点  $m$  间的距离,其中  $[D_m - D_l, D_m - D_l] = (D_m - D_l)^T (D_m - D_l)$ .

### 2.3 路由表构造

通过  $Dist$  值可以准确判断自己与其他邻居节点距离远近,节点可以据此选择与自己更近的节点(通常是物理邻居)用于路由构造,  $Dist$  值越小,距离越近. JXTA 网络中节点的路由表<sup>[8]</sup>可改进为表 2.

表 2 改进后的对等点路由表

Table 2 Improved routing table of peer

mark	Dist/ms	p1 Route
1	5.34	urn:jxta:uuid-596164616.....286
0	86.62	urn:jxta:uuid-596164616.....u35
1	27.51	urn:jxta:uuid-596164616.....6d0
⋮	⋮	⋮

路由表中设置一个  $mark$  标记,在 0 或 1 间取值.  $mark = 1$ ,表示该节点最近对请求信息进行应答;反之  $mark = 0$ ,这样可以对某个节点在 JXTA 中的活跃状态进行直观显示. JXTA 网络动态性强,因此时常对路由表中数据进行更新. 当节点收到信息时,提取与节点的 DV 值计算  $Dist$  后与路由表中  $Dist$  值进行比较,优先替换  $Dist$  值较大且  $mark = 0$  的邻居节点. 为了防止网络中出现过度集中的离散簇,节点在路由表中应保存 1 个或 2 个  $Dist$  值较大的邻居节点,以方便候补选择.

### 3 仿真实验及结果分析

采用 Peersim 作为实验仿真工具<sup>[9]</sup>,它支持结构化和非结构化 P2P 网络模拟,而且本身不带任何具体的协议实现,具有很好的扩展性,适合模拟 JXTA 网络环境.

为了避免部分区域节点负载过大,假设环境中不存在部分节点过度集中形成的离散簇,设 JXTA 网络中有 2 000 个自由加入的节点,从中选取  $K$  个集合点作为界标节点,每个节点的邻居个数至少 8 个,随机选择 10 个对等点进行观测,设定一段固定时间为 1 个周期,实验共进行 10 个周期,每个周期对节点进行观测,从中提取有关数据并计算度量值. 实验采用平均链路长度  $ALL$ <sup>[10]</sup> 和平均回复时间  $ART$  作为度量,对本算法和原 JXTA 系统采用的传统随机邻居选择策略随机节点选择算法(PSRN)进行比较. 度量的定义如下:

$$ALL = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} T_i}{n_1} \quad ART = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} R_i}{n_2}$$

其中,  $T_i$  表示第  $i$  个通信时延,  $n_1$  表示通信的个数;  $R_i$  表示第  $i$  个回复的时延,  $n_2$  表示回复的总数量. 由于系统从第 4 周期开始,逐渐进入稳定状态,所以  $ALL$  和  $ART$  的数值分析从第 4 周期开始.

软件模拟 JXTA 环境,分别运行 JPDV 算法和 PSRN 算法,在系统中设置  $K(6, 8, 11)$  个均匀分布的界标节点,周期观测各节点的时延值根据算法形成时延向量,对数据进行统计和描绘. 实验获取的数据如图 2 所示.

由图 2 可知,采用 JPDV 算法可以使节点有效判断和选择距离自己物理位置相近的节点进行路由选择和通信,从而消除路由表中的长链接,保留和选择短的链接,使整个系统的平均链路长度缩短. 当 JXTA 系统处于稳定状态时,  $ALL$  处于 72 ms 和 95 ms 之间,也处于较稳定的水平. 观测 PSRN 算法数据,系统的  $ALL$  的波动很大,这是由于邻居选择和查询的盲目性,没有考虑到拓扑匹配造成的结果. 随着  $K$  值的增加,节点位置在网络中的精度提高,系统的  $ALL$  也成反比例下降. 但第 4 周期后,  $K$  取 8 和 11,

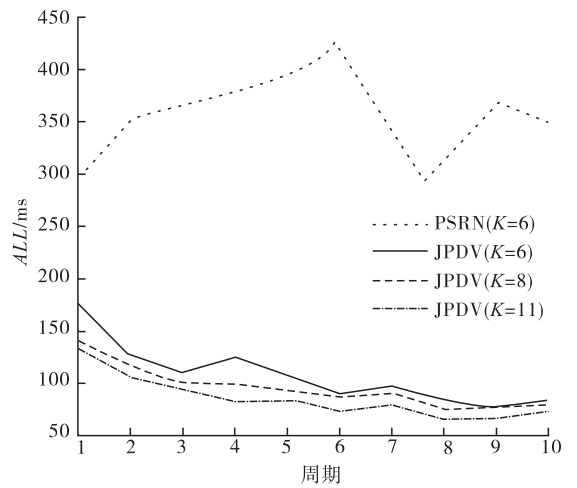


图 2  $K$  取不同值时,两种算法  $ALL$  结果比较

Fig. 2 Comparisons between two algorithms'  $ALL$  with different  $K$

两者曲线处于拟合状态. 这是因为节点的物理邻居数目趋于稳定,可供选择的短链接已不多. 继续增大  $K$  的取值,效果增加也不太明显,这样只会增大算法处理开销,使系统的收敛时间增长.

图 3 为当  $K = 11$  时两种算法的  $ART$  结果. 由图 3 可见,较 PSRN 算法,本文提出的 JPDV 算法的  $ART$  大大降低,总体呈下降趋势,这说明 JPDV 算法可使节点有区别地选择邻居和发送信息,有效地降低搜索时延,提高响应时间,

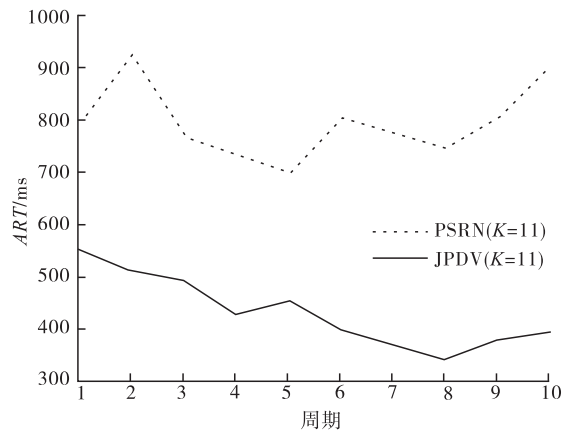


图 3  $K = 11$  时,两种算法  $ART$  结果比较

Fig. 3 Comparisons between two algorithms'  $ART$  as  $K$  equals to 11

系统稳定时  $ART$  在 410.76 ms 与 358.29 ms 之间波动. 而 PSRN 算法由于邻居选择和信息发送的随机性到这节点获得响应时间较长, 曲线变化波动较大,  $ART$  处于 967.25 ms 与 701.87 ms 之间.

综上所述, JPDV 算法可以在一定程度上解决 JXTA 网络拓扑匹配问题, 使 JXTA 网络路由表构造得到一定程度的优化, 为节点间的信息交互提供更好的服务.

## 4 结语

本文针对 JXTA 底层非结构化网络存在的拓扑失配问题, 借鉴界标簇拓扑匹配算法思想, 提出基于 JXTA 网络中集合点 RPV 表的时延统计向量算法 JPDV. 该算法可以实现系统节点间拓扑匹配, 有效降低资源检索时延, 提高响应速率. 仿真实验验证了该算法的合理性和有效性. 算法还有不完善的部分, 比如, 更精确地对物理邻居进行定位和组织、进一步减少系统构造 DV 的开销、 $K$  的取值等问题, 都还有待进一步地思考论证.

## 参考文献:

- [1] ZHU D, XU X Y, LIANG Y, et al. Research on overlay network topology-matching [J]. Micro-computer applications, 2008(6):18.
- [2] 邱彤庆, 陈贵海. 一种令 P2P 覆盖网络拓扑相关的通用方法 [J]. 软件学报, 2007, 18(2): 381.
- [3] 孙建, 郑明春, 王战友. PSDV: 一种无结构 P2P 网络的邻居选择策略 [J]. 现代计算机, 2009(12):29.
- [4] 连淑娟, 孙波, 魏云刚. 结构化 P2P 网络拓扑匹配技术综述 [J]. 计算机应用研究, 2009, 26(8):2807.
- [5] Sun Microsystems. JXTA protocols specification [EB/OL]. (2002-10-25) [2015-08-28] <http://download.java.net/jxta>.
- [6] 黄敬磊, 黄永忠, 王磊. 基于 JXTA 技术的网络计算模型 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(3):574.
- [7] 魏强, 李建春, 黄道颖, 等. 基于分区的 JXTA 网络搜索策略研究 [J]. 郑州轻工业学院学报, 2012, 27(2):77.
- [8] 黄道颖, 史利华, 张安琳, 等. JXTA 网络路由机制研究 [J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2013, 28(2):87.
- [9] HALEPOVIC E, DETERS R. The JXTA performance model and evaluation [J]. Future generation computer systems, 2005, 21(3):377.
- [10] 史利华, 张安琳, 黄道颖, 等. JXTA 网络短链路由改进算法 [J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(7):168.