

# 基于 JXTA 的多层混合定位机制的研究<sup>①</sup>

## Study on Hierarchical Hybrid Location Mechanism Based on JXTA

曹玉琳 肖洁 (大连工业大学 管理与社会科学学院 辽宁 大连 116034)

**摘要:** 提出一种基于 JXTA 的 P2P 多层混合定位机制。首先研究了 JXTA 的定位机制,指出其在底层的 SRDI 的 DHT 算法、对等组内的定位方法和超级节点机制方面还存在不足。为了克服这些缺陷,在 JXTA 的基础上提出了多层混合定位机制,论述了该机制的总体设计思路、层次结构和相关策略,最后通过对仿真系统的测试证明了该定位机制的有效性和可行性。

**关键词:** 对等网络 JXTA 共享资源分布索引 分布式哈希表 定位机制

### 1 引言

P2P(peer-to-peer), 对等互联技术, 它允许 Internet 用户直接与其他用户的计算机建立连接并使用对方的资源, 因为消除了中间环节, P2P 使得网络上的沟通变得更容易、更直接。P2P 的本性决定了节点间的定位问题在对等计算中的重要地位, 但 P2P 网络是一种开放的、非中心化的网络, 节点可以随意的加入和退出, 因此具有较高的动态性和自组织性, 因此如何解决对等节点之间的有效定位问题就显得至关重要。

### 2 JXTA概述

不同的协议、体系结构和实现机制是当前 P2P 解决方案的特点, 由于没有统一的标准, 通用性很差。鉴于此, Sun 公司提出了 JXTA 技术。JXTA 是位于操作系统或虚拟机之上、P2P 网络服务或应用之下的一个 P2P 堆栈, 它提供了 P2P 应用所需的核心功能, 主要包括一个独立于编程语言、系统平台和网络平台的协议集<sup>[1]</sup>。

#### 2.1 总体结构

JXTA 网络属于超级节点结构的 P2P 网络, 而超级节点结构的网络属于二层拓扑结构的网络, 因此 JXTA 网络也是二层网络结构, JXTA 底层提供共享资源分布索引 SRDI(Shared-Resource Distributed Index)的定位服务, 顶层提供基于多播技术的定位服

务。图 1 显示了基于 JXTA 的网络结构, 下半部分的物理网络采用 TCP/IP 或 HTTP 协议进行通信, 上面的虚拟网络是 JXTA 将物理网络映射成一个虚拟的 P2P 网络, 并通过集合节点转发查询消息<sup>[2]</sup>。

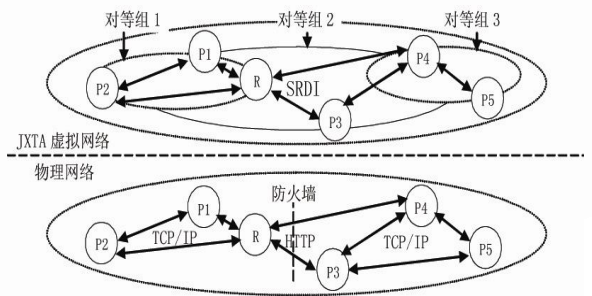


图 1 JXTA 网络的结构

#### 2.2 定位方法

(1)整体定位方法。JXTA 使用 SRDI 创建并维护一个总体索引, 目的是为了更有效的传播查询请求, 该服务采用了 DHT(分布式哈希表)算法, 其基本操作就是通过哈希函数将查询的关键字唯一地映射到某个节点上, 下一次与该节点建立连接和定位的时候就可以到相近的节点上获取节点的地址, 从而实现资源的定位。

使用 SRDI 的过程如图 2 所示。

① R1 利用 SRDI 服务为 P1 建立索引, 并将索引映射到 R2。

② P2 对关键字进行查询, 它将查询消息发送给

① 收稿时间:2008-10-22

R3, R3 使用路由算法查找到 R2 存在索引关键字。

③R3 转发 P2 的查询消息, 并通过 R2 将查询消息发给 P1。

④P1 中存在 P2 所需资源, 因此发出响应消息。

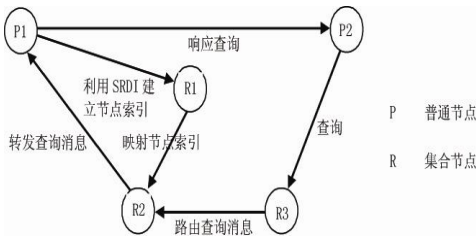


图 2 SRDI 服务使用示例

(2)对等组内的定位方法。有以下 2 种: 通过邀请发现: 一个对等节点收到邀请, 通过邀请的内容发现; 层叠发现: 如果一个对等节点发现了第二个对等节点, 若第二个允许的话, 第一个可以通过第二个发现新的对等节点, 对等组和服务。这 2 种方式都是通过多播的方法来传播消息的, 一个消息可能只在对等组内传播, 也可能在公网上传播, 因为 JXTA 把对等组作为默认的传播范围, 因为在理论上任何范围都可以以对等组的形式表示<sup>[3]</sup>。

### 2.3 JXTA 定位机制的不足之处

(1)算法效率低。虽然 SRDI 采用的是 DHT 算法, 但是该算法实现起来比较复杂, 不像 Chord、CAN 等算法有特定的实现方式, 在算法效率、负载平衡等方面还需改进<sup>[4]</sup>。

(2)查询响应慢。原因有两个: 一是使用 SRDI 服务定位时, 节点的地址信息都要通过哈希函数变成  $m$  位的标识符, 这就有可能造成物理距离很近的节点经过哈希之后节点位置相差很大, 影响了数据的本地化, 从而影响查询速度<sup>[5]</sup>; 二是虽然 JXTA 采用了二层网络结构, 在一定程度上提高了查询效率, 但是当网络规模较大时, 节点的查询路由过程可能跨越多个相距很远的节点导致查询响应时间长<sup>[6]</sup>。

(3)容易产生冗余信息。除了底层的 SRDI 服务使用了 DHT 算法外, JXTA 在资源的查询和定位中仅采用了多播技术, 所以当子网规模较大时容易产生网络风暴, 造成带宽的浪费, 带来大量的垃圾信息。

## 3 多层混合定位机制的设计方案

多层混合定位机制着重解决 JXTA 的 SRDI 服务的查询效率低、层次结构不合理、定位方法单一的缺点,

同时提供超级节点的选择方法, 增强定位机制的健壮性和可靠性。

### 3.1 引入 Chord 算法提高底层查询效率

针对 JXTA 底层的 SRDI 定位服务效率低的缺点, 引入 Chord 算法, 并用 Chord 算法取代 JXTA 的 SRDI 服务的 DHT 算法。JXTA 的 SRDI 服务的查询算法是基于 DHT 的, 虽然相对于非结构化的定位方法, DHT 更适用于大型对等网络<sup>[7]</sup>, 但采用不同的算法的效果是不同的。衡量 DHT 模型查询效率有两个重要指标<sup>[8]</sup>: 一是查找一个节点需要的路由跳数, 二是每个节点要维护的路由表的大小。与其他 DHT 算法相比, Chord 在这两个方面都有较大的优势, 它的路由跳数和网络直径优于 CAN 算法, 节点加入过程和维持开销优于 Tapestry 算法和 Pastry 算法, 因此 Chord 算法在查询效率和负载平衡等多方面有较大的优势<sup>[9]</sup>, 本文也将 Chord 路由算法作为 JXTA 底层的路由算法。

### 3.2 采用混合定位方法减少信息冗余

通过采用多种定位方法解决 JXTA 对等组内定位方法单一、冗余信息多的问题。提高资源定位机制有效性和效率的关键是降低网络节点之间的信息交流开销, 减少节点之间发送的消息量和对每个查询进行处理的节点数量, 而通过前面章节的分析可知, 对于不同的网络环境和对等节点的数量, 不同的定位方法各有其优缺点, 没有任何一种定位方法能够满足所有的 P2P 系统的要求, 但不难看出它们之间存在一定的互补性, 在一定条件下可以共存和交叉使用。基于以上思想, 本文将中心索引和 DHT 定位方法引入到 JXTA 的上层查询中, 减少查询定位时的冗余信息, 提高查询效率。

### 3.3 采用多层结构提高查询效率

原因有两个:

(1)在一个 P2P 网络中可能有数百万个节点, 虽然 JXTA 采用了二层网络结构, 但也不能很好的适应网络节点的规模, 仍然存在大量需要远距离交互的节点, 造成定位过程在网络中产生的总负载量较高、延迟较长, 导致查询速度较慢。

(2)由于 Chord 是基于平面的 DHT 设计(Flat DHT Design), 其环上的所有节点都使用同样的路由规则来处理路由信息, 这与目前网络中常用的分级路由机制有所不同, 在数据更新效率和网络的扩展性方面都不如分级路由机制。

因此在 JXTA 二层结构的基础上, 将层次式结构引入 JXTA 中, 即可以使远程资源的本地化, 减少每个对等组需要处理的节点数, 又可以提高 Chord 的查询效率。

### 3.4 定位机制的层次结构

图 3 显示了多层混合定位机制的结构。

(1)该结构可以分为底层、中间层、顶层, 层次越低处理的节点数就越多。因为非结构化定位方法一般适用于小型网络而 Chord 算法比较适合大型网络, 而且 JXTA 的 SRDI 服务是基于 DHT 的, 因此低层的 SRDI 使用 Chord 算法, 上层根据节点数和网络环境自由选择对等组内的定位方法, 如节点数小于 1000 时可使用多播定位方法, 当节点数小于 10000 时可使用中心索引定位方法, 当节点数大于 10000 时可使用 Chord 或其它 DHT 方法, 依此层层分解, 直到网络达到一个合理的状态, 从而从整体上形成一个以 Chord 为基础的、各种定位方法共存的网络。

(2)每一层都由超级节点和普通节点组成。每个的对等组中都有若干个超级节点加入到低一层对等组中, 成为低一层对等组中的节点。图 3 用虚线连接的节点是同一个节点, 它们处于上下两层对等组, 对于上层对等组来说, 它们是超级节点, 而对于下层对等组来说, 它们即可能是超级节点又可能是普通节点。任何节点都可以充当超级节点, 并且通过超级节点把各个对等组连接起来。每个对等组中的节点只能通过本对等组的超级节点与其它对等组的超级节点进行连接。

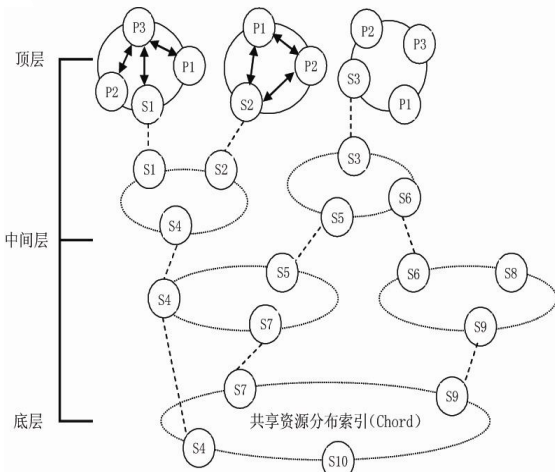


图 3 定位机制的结构

(3)每个对等组都有自己的定位方法, 并且为每个对等组分配一个 ID。当一个新节点加入时, 如果知道所要

加入对等组的 ID, 则可直接加入该对等组, 否则就向已知的超级节点发送加入请求, 并在请求信息中加入一个 RTT(消息往返时间)字段, 然后加入 RTT 最短的超级节点所在的对等组, 这样就保证了同一个对等组内的节点在物理位置上是相近的。如果在设定的时间内未能与超级节点建立连接, 那么该节点就直接成为超级节点, 然后创建一个对等组, 并加入到上层网络中。

## 4 仿真测试

### (1)对等节点的选取

本测试选取了 4 台 PC, PC1 和 PC2 拥有独立的 IP 地址, PC3 和 PC4 位于 NAT 和防火墙之后, 在每个 PC 创建 60 个对等节点(IP 地址相同, 端口号不同), 表 1 显示了各 PC 的 IP 地址和在其上建立的节点的个数。

表 1 每个 PC 的 IP 地址及节点个数

PC	IP 地址	节点个数
PC1	202.118.100.14	60
PC2	202.118.100.108	60
PC3	202.118.69.67(192.168.0.10)	60
PC4	202.118.69.67(192.168.0.88)	60

### (2)对等组的划分

每个节点载入 JXTA 应用程序时, 使用默认的 NetPeerGroup 作为直接的对等组, 为了对各种定位机制进行比较, 在此基础上创建 4 个对等组, PeerGroup1、PeerGroup2 和 PeerGroup3 位于测试网络的底层, PeerGroup4 在其它 3 个对等组之上, 表 2 显示了每个 PC 中加入各个对等组的节点的个数及各个对等组所采用的定位方法(括号内为超级节点的个数)。

表 2 各对等组的节点数及采用的定位机制

PC	PeerGroup1	PeerGroup2	PeerGroup3	PeerGroup4
PC1	15 (1)	3 (1)	24 (1)	18
PC2	17 (1)	5	21	17
PC3	9	4 (1)	23 (2)	24
PC4	10 (1)	8 (1)	15 (1)	27
	DHT 定位	多播定位	JXTA 定位	多层混合定位

### (3)测试对等组内部的定位机制

① 对 PeerGroup1 进行测试。该组中有 3 个超级节点(S), 其余为普通节点(P), 它们之间互相连接, 提供目录索引查询服务。P1、P2 通过广告分别 S1、S2 发布自己的资源(资源发布广告如图 4 所示), 然后从 PeerGroup1 中任意选取 1 个节点 P3 向 S3(S1、

S2)进行资源查询,查询关键字为“Testdocument1”,能成功的返回响应消息(如图 5 所示),从而表明 PeerGroup1 内能够使用中心索引定位机制对资源进行定位。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<?jxta:DiscoverQuery>
<Type>0</Type>
<Threshold>0</Threshold>
<PeerAdv>Search.Xml</PeerAdv>
<Attr>filename</Attr>
<Value>Testdoncument1.txt</Value>
</jxta:DiscoverQuery>
```

图 4 节点的资源发布广告

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<jxta:DiscoverQuery>
<Type>0</Type>
<count>2</Threshold>
<PeerAdv>PGIPeer1.Xml</PeerAdv>
<PeerAdv>PGIPeer2.Xml</PeerAdv>
</jxta:DiscoverQuery>
```

图 5 返回的响应消息

② 对 PeerGroup2 进行测试。测试的关键字和发布的广告与①相同, S1 采用了多播的方式向组内的其它节点发送查询消息,同样能够成功的返回响应消息,从而表明 PeerGroup2 内能够使用多播定位机制对资源进行定位。

③ 对 PeerGroup3 进行测试。测试的关键字和发布的广告与①相同,只是采用了 Chord 算法作为定位机制, P1 发布的关键字被存放在节点 S2, P2 发布的关键字被存放在节点 S3, 查询关键字为“Testdocument1”时成功的返回响应消息,但查询关键字为“document1”时不能成功的返回响应消息,表明 PeerGroup3 内能够使用 Chord 定位机制对资源进行定位但不支持模糊查询。

#### (4)测试混合定位机制

测试的关键字和发布的广告与上面的相同,发布查询消息的节点从 PeerGroup4 中的非前 3 个对等组的超级节点中选取,同样能够成功的返回响应消息,从而表明 PeerGroup4 能够使用混合定位机制对资源进行定位。

#### (5)测试 NAT 和防火墙的穿越

该测试与定位机制的测试是同步进行的,如在测试 PeerGroup1 的定位机制的时候,从 4 台 PC 都选取了节点,其中 PC3 和 PC4 上的节点位于 NAT 后,资源发布广告和资源查询广告都能被 4 台 PC 上的其它节点成功接收,而 4 台 PC 上的任意节点的资源发布广告和资源查询广告也都能被 PC3 和 PC4 上的其它节点成功接收,从而表明系统能够实现 NAT 和防火墙的穿越。

## 5 结论

本文研究了 P2P 的定位机制问题,并以 JXTA 技术为基础,提出了多层混合定位机制的解决方案,详细阐述了该机制的设计思路,并搭建了一个仿真测试系统对该机制的有效性和可行性进行了测试和验证。本文的研究为今后运用 JXTA 解决类似问题提供了有益的参考。

### 参考文献

- 1 [https://jxta-guide.dev.java.net/svn/jxta-guide/trunk/src/guide\\_v2.5/JXSE\\_ProgGuide\\_v2.5.pdf](https://jxta-guide.dev.java.net/svn/jxta-guide/trunk/src/guide_v2.5/JXSE_ProgGuide_v2.5.pdf).
- 2 Gong L. Project JXTA:A Technology Overview. Sun Microsystems Inc.
- 3 Rowstron A, Druschel P. Pastry:scalable, decen-tralized object location and routing for large-scale peer-to-peer systems. Proceedings of the 18th IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms. Heidelberg,Germany, 2005.
- 4 P2P communication across middleboxes. <http://midcomp2p.sourceforge.net/draft-ford-midcom-p2p-01.txt>.
- 5 Yang B, Garcia-Molina H. Efficient search in peer-to-peer networks. Proc. of ICDCS02,Vienna, Austria, 2002(4):34 - 35.
- 6 Sylvia Ramasamy, Paul Francis, Mark Handley. A scalable content-addressable network.Proceedings of ACM SIGCOMM,San Diego, 2006.
- 7 徐传福,陈海涛.基于 DHT 的层次式 P2P 资源定位模型.计算机工程与应用, 2004(18):156 - 158.
- 8 Theodoloz N. DHT-based Routing and Discovery in JXTA.Proceedings of ACM Sigcomm,2003(9):56 - 59.
- 9 唐辉,李祖鹏,张国杰.结构化覆盖网络模型 Chord 研究.计算机工程与应用, 2005(1):132 - 135.