

Peer-to-Peer 网络的二维 DHT 资源定位策略

Two-Dimensional DHT Resource Locating in P2P Network

伍淳华 王青琨 钟义信 (北京邮电大学智能研究中心 100876)

摘要:本文首先分析了 JXTA 的资源定位方式,在此基础上提出了一种基于三层 P2P 架构的二维 DHT 资源定位方式,并详细建议了在该方式下对 DHT 迁移的抑制方法。

关键词:对等网络 文件共享 资源定位 DHT JXTA

1 引言

P2P (Peer to Peer) 技术是一种用于不同 PC 之间、不经过中继设备直接交换数据或服务的技术。它打破了传统的 Client/Server 模式,在 P2P 网络中,每个节点的地位都是相同的,具备客户端和服务端双重特性,可以同时作为服务使用者和服务提供者。

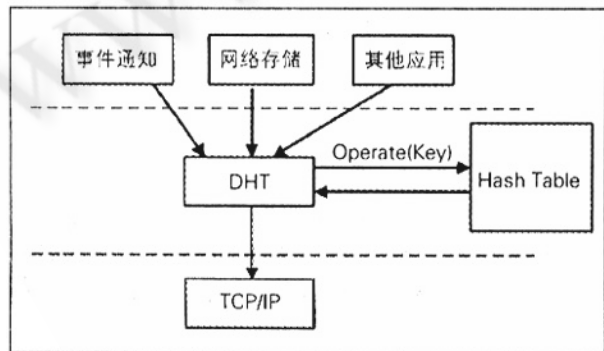


图 1 DHT 的基本概念模型

对于一个基于 P2P 的资源共享网络来讲,由于服务提供者边缘化了,解决了服务器性能和带宽的瓶颈问题,但同时也将影响系统性能的关键要素转移到对资源索引的发布、搜索和获取——也就是资源定位上面来。也就是发布的资源索引由谁来保存以及 Peer 查询的时候应该向哪个节点发送查询请求的问题。

2 DHT 资源定位方式

DHT (Distributed Hash Table) 是目前在 P2P 网络中应用得比较广的一种资源定位方式。这种定位方式

的特点是:对资源的关键字进行哈希计算,根据计算结果来决定将该资源复制到某个节点进行保存,查询的时候用同样的方式来决定到哪个节点上进行查询。典型代表是 Chord^[5],CAN^[6]和 JXTA^[3]。

它是在 P2P 网络应用层和网络层中插入单独的 DHT 层来进行 P2P 网络资源定位和查询,实际上是一个根据关键字来查询路由的转化表,见图 1。DHT 由于采用哈希函数提高了查询速度和安全性,而且便于管理、不会占用过多的网络流量。

3 JXTA 的 DHT 资源定位策略

3.1 资源发布和检索

JXTA^[3] (juxtapose) 是由 Sun 公司推出的一种开放的、为 P2P 设计的网络计算平台,它是第三代 P2P 应用的典型代表,它采用 DHT 方式来进行资源定位^[7]。

在 JXTA 中是由集合点^[7] (Rendezvous Peer) 来进行资源的发布和查询,这里的集合点也就是一种超级节点 SN (Super Node)。在每个集合点上都有一张集合点视图 RPV (rendezvous peer view),也就是一份它所知道的其他集合点的列表,如图 2 所示。这张表的

Rendezvous Peer1
Rendezvous Peer2
Rendezvous Peer3

图 2 集合点视图 RPV

长度是一定的,并且是以节点 ID 为顺序排列的。

当一个集合点要在网内发布一个资源时,它并不是将这个资源复制到其它的节点上,而是将能够查询到这个资源的关键字保存到其它节点上。一个资源根据其关键字的不同可能被保存到多个节点上。

键字还会被保存到第一个和第三个集合点上。

当对一个关键字进行查询的时候,也会进行同样的计算,首先根据查询关键字计算出哈希值,然后再对 RPV 长度取余,根据计算结果到相应的节点上进行查询。

3.2 针对 DHT 迁移的策略

在一个 P2P 网络中,节点可以任意的进出网络,当一个集合点退出网络后,RPV 表就会发生变化,产生 DHT 迁移,图 3^[7]展示了 JXTA 针对 DHT 迁移所制定的策略。

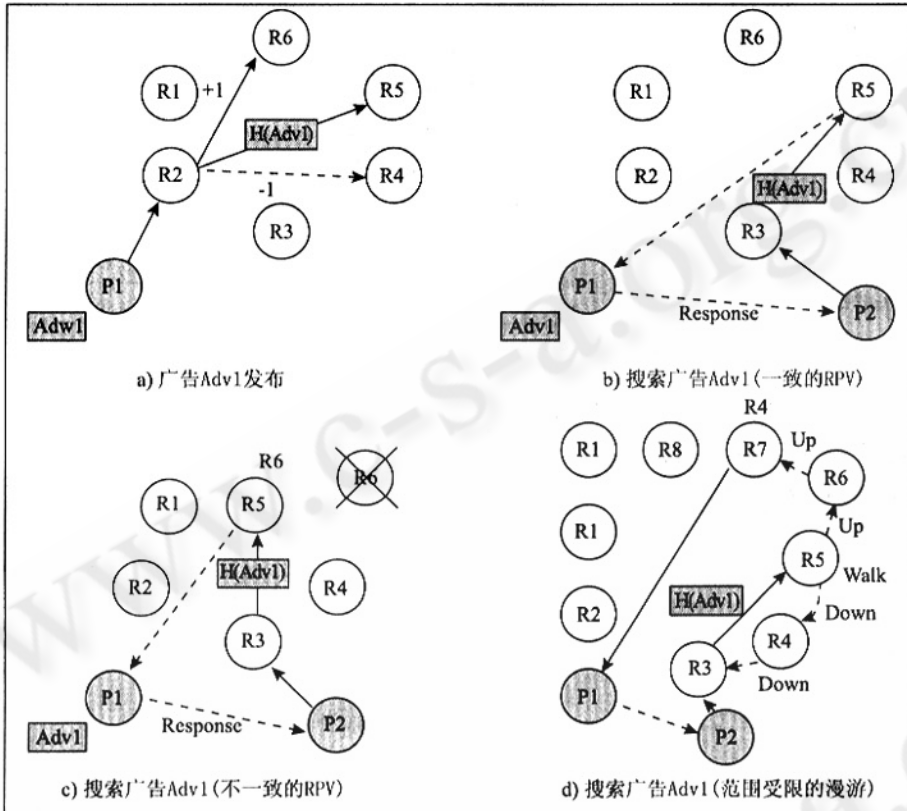


图 3 JXTA 的 DHT 迁移策略

当一个集合点要发布一个资源时,它首先提取它的关键字 Key,并根据式 3-1 计算出它的 Hash 值 RID,

$$RID = Hash (key) \quad (3-1)$$

$$H = (RID) \bmod (Len (RPV)) \quad (3-2)$$

然后再用 RID 对 RPV 的长度取模(式 3-2),以此值为依据将此关键字保存到对应的集合点上。考虑到 P2P 网络节点的动态性,为了防止由于节点的下线而使资源的查询信息丢失,同时还将此查询关键字复制到该节点在 RPV 中的相邻节点上。复制的幅度可以根据网络的动态性来自行确定。比如,某个关键字经计算 $H=2$,则这个关键字被保存在 RPV 中的第二个集合点上。同时,假设复制的幅度设为 $(-1,1)$,则这个关

4 二维 DHT 资源定位

JXTA 用广告的方式来发布资源,网络消耗少,而且对 DHT 迁移进行了必要的处理。

但是,我们也应该看到 JXTA 的这种资源定位方式存在着引发网络风暴的隐患。首先,从共享的范围来讲,一张 RPV 表中的集合点共同构成了一个小型的网络,在这个范围内共享的资源是比较容易被找到的,然而一旦超出了这个范围,它就必须在全网范围内进行广播。其次,如果网络变化较快的话,可能会丢失很多信息,从而引发网络风暴。

而且,如果用户进行模糊查询的话,由于 HASH 函数唯一性的特点,很难准确定位,只能进行漫游,甚至是广播。

为了更好的对 DHT 迁移进行处理,消除网络风暴的可能,我们设计一个三层架构的 P2P 资源共享系统 DREAM (Distributed Resource Entity Access Model),并在此基础上提出了三维 DHT 资源定位策略。

4.1 DREAM

DREAM 是一个基于三层架构的资源共享系统图 4,其中 Server 主要是对 SN 进行一个管理,并对全网的资源进行统一调配,使资源定位能更加快速、准确。同时,SN 层也有一个自治功能,以防万一 Server

出现意外,不至于引起整个网络的瘫痪。SN 由网中一些功能比较强的节点来担任,负责全网资源的发布和查询。

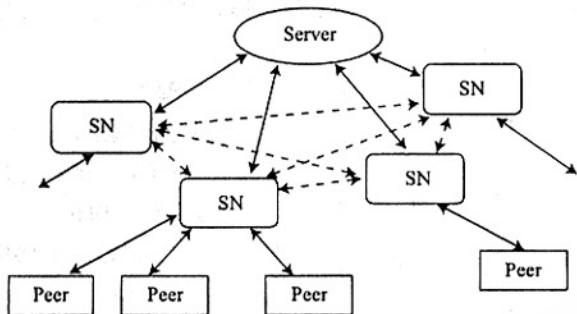


图 4 DREAM 系统模型

4.2 二维 DHT 表

在 DREAM 中,根据用户的兴趣类型,可以将节点分为三种类型:文本,音频和视频。每个节点都有可能成为该类型的 SN,而每个 SN 都会维护一张二维 DHT 表,如图 5 所示。

SN _{2,0}	SN _{2,1}	SN _{2,2}	SN _{2,3}	SN _{2,4}	SN _{2,5}	SN _{2,6}	SN _{2,7}
SN _{1,0}	SN _{1,1}	SN _{1,2}	SN _{1,3}	SN _{1,4}	SN _{1,5}	SN _{1,6}	SN _{1,7}
SN _{0,0}	SN _{0,1}	SN _{0,2}	SN _{0,3}	SN _{0,4}	SN _{0,5}	SN _{0,6}	SN _{0,7}

图 5 基于二维 DHT 的资源定位方式

对这张表我们做如下规定:

(1) 网络中同一种类型的所有 SN 组成一张如图的二维映射表;

(2) 二维 DHT 表的宽度定义为 Width;

(3) 每个 SN 都占据二维映射表中的一个位置;

(4) 每一个资源的索引都能从一行完整的 SN 集合中获取,即一行 SN 上保存的资源索引的并集是网络中该类型资源索引的总和;

(5) 同一列的 SN 对资源查询者来说都是等价的。

这样每一个资源索引都能快速的被定位到一组索引宿主上,发布、查询都快速有效而且带宽资源消耗比较少;对于一个资源关键字 RID_i,我们利用公式 4-1 可以得到资源定位参数:

$$H_i = RID_i \bmod \text{Width} \quad (4-1)$$

在进行发布的时候,SN 根据本地的二维 DHT 表,将该资源关键字索引到 SN_{0,H_i} ~ SN_{2,H_i}这几个节点上;而在进行查询的时候,根据该参数我们知道在 SN_{0,H_i} ~ SN_{2,H_i}这几个节点上可以查到该关键字所对应的资源。

4.3 针对 DHT 迁移的控制策略

在网络状态发生变化的时候,有可能会发生 DHT 迁移^[1]。在 DREAM 中,由 server 来辅助管理二维 DHT 列表,可以很好的处理 DHT 迁移。

4.3.1 DHT 迁移策略 1

首先我们来考察 P2P 网络中增加一个超级节点而且网络的二维表宽度也加 1 的情况,见图 6。

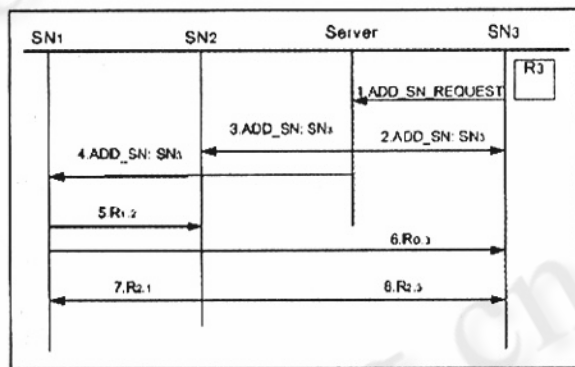


图 6 DHT 迁移策略 1

(1) 拥有资源索引 R3 的节点 SN3 申请成为超级节点;

(2) 服务器向所有 SN 广播 SN3 成为超级节点;

(3) SN1 和 SN2 收到广播后,调整自身的二维 DHT 列表,并且把应属于其他 SN 的资源索引向相应的 SN 传送;

(4) 超级节点收到资源索引消息后调整各自的资源索引结构。

这样,二维 DHT 资源定位结构就重新获得平衡。

4.3.2 DHT 迁移策略 2

本节考察增加一个 SN,而网络二维表宽度不变的情况,见图 7。

(1) 网络状态原来如图左所示,增加一个超级节点后如图右;

(2) 服务器向所有 SN 广播 SN2.2 成为超级节点;

(3) SN2.2 从 SN1.2 处获取相应的资源索引信息;

(4) 超级节点调整二维 DHT 列表和资源索引结构。这样,二维 DHT 资源定位结构就重新获得平衡。

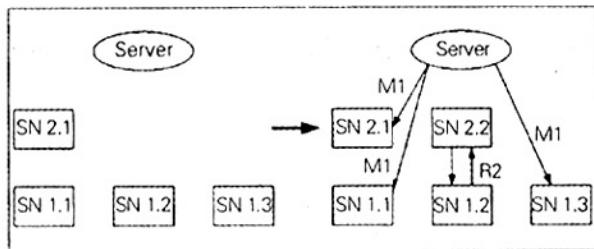


图 7 DHT 迁移策略 2

4.3.3 DHT 迁移策略 3

本节考察减少一个超级节点而二维表宽度不变的情况,见图 8。

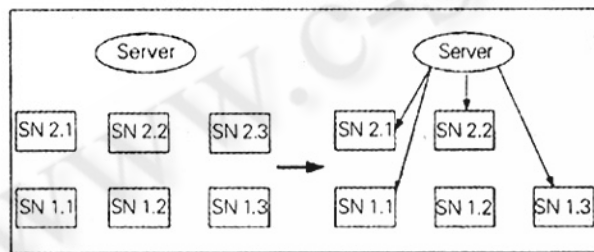


图 8 DHT 迁移策略 3

二维 DHT 列表的变化如图所示,这种情况很简单,只是需要向所有 SN 广播减少一个超级节点 SN_{2.2} 即可。

4.3.4 DHT 迁移策略 4

本节考察网络中减少一个超级节点,二维表宽度也减 1 的情况,见图 9。

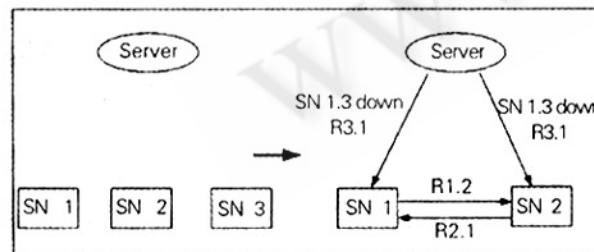


图 9 DHT 迁移策略 4

(1) 在 SN₃ 下线后,服务器向所有超级节点广播 SN₃ 下线;

(2) 服务器向 SN₁ 和 SN₂ 拷贝原来保存在 SN₃ 上的资源索引信息;

(3) 网络中的各个 SN 调整自身的二维 DHT 资源定位表结构。

这样,二维 DHT 资源定位结构就重新获得平衡。

由此可见,二维 DHT 资源定位策略对 DHT 迁移作了很好的控制,它消除了引发网络风暴的可能性。

5 结束语

本文提出的基于二维 DHT 的资源定位技术,继承了原有 DHT 技术的特点,并且加入了新的特性,使得在 DHT 系统中实现模糊查询成为可能;对网络迁移进行了较好的控制,消除了引发网络风暴的可能性。但在进行资源的映射时,由于是对关键字进行索引,用 HASH 函数生成的 ID 不很均匀,有一些突起,不能做到好的负载平衡,还有待我们进一步研究。

参考文献

- 1 刘业、杜庆伟、杨鹏,基于 P2P 的分布对象定位机制的研究,东南大学学报(自然科学版),2004, 34(3): 327~331。
- 2 熊江胡、胡仲华, P2P 技术及其应用,重庆三峡学院学报,2003, 19(3): 100~105。
- 3 JXTA Project. <http://jxta.org>
- 4 许斌, JXTA—Java P2P 网络编程技术,清华大学出版社,2003 年。
- 5 Chord Home Page. <http://pdos.csail.mit.edu/chord/>
- 6 Sylvia Ratnasamy, "A Scalable Content - Addressable Network." Proceedings of ACM Sigcomm, August 2001.
- 7 Bernard Traversat, Ahkil Arora, Mohamed Abdelaziz. Project JXTA 2.0 Super - Peer Virtual Network. Sun Microsystems, Inc. May 25, 2003
- 8 徐传福、陈海涛、黄遵国、胡华平、王正华,基于 DHT 的层次式 P2P 资源定位模型,计算机工程与应用,2004, 40(18): 156~158。