

基于 P2P 机制的网格资源发现的研究^①

Research of Grid Resource Discovery Based on P2P Mechanism

杨长兴 江海涛 (中南大学信息科学与工程学院 长沙 410083)

摘要: 资源发现在网格的资源管理中占有重要的地位。本文首先简明描述了当前网格资源发现中存在的问题并指出了几种 P2P 模型中资源查找方式的优缺点。将 P2P 非结构化模型的思想引入到网格资源发现, 提出 Grid-P2P 模型, 给出了 Super-peer 层资源发现的算法描述。

关键词: P2P Grid-P2P 模型 Super-peer 层资源发现

网格作为一种分布式计算环境, 目的在于利用互联网把分散在不同地理位置的各种可用空闲资源整合起来, 最终实现网络虚拟环境中的资源共享和协同工作。

在网格环境中的资源发现就是查询网格分布状态的过程。目前网格系统中的资源发现基本上是集中式的资源发现机制。服务请求发往中心服务器, 通过向高层服务器转发请求, 进行遍历式的服务查找。例如在 Globus Toolkit 中, 通过请求运行在一个收集和发布关于某一特定组织节点信息的节点上的服务应用程序, 一个用户或应用就能直接获得特定节点的资源信息^[1]。

这种集中式的管理模式虽然便于资源的管理与维护, 但对于大规模的网格环境容易造成性能瓶颈。同时由于存储是静态信息, 因此不能很好地反映服务的实时性状态, 并且这种系统是为满足基于某个特定组织的网格需求而构建。它们不能应对事先不知道有用信息服务在哪里的动态分布式环境。当节点数量比较大时, 结构的层数也会增加, 在一定程度上限制了网格系统的可扩展性。MDS (Monitoring and Discovery Service) 等通过构建层次目录服务器来完成资源的组织, 但仍缺乏有效、易扩展的分布式目录服务器的构建和维护方法。而且目录服务器层次的搭建是通过配置文件来完成的, 不易实现动态地调整结构。

1 P2P 的搜索机制

对等计算 P2P (Peer-to-Peer) 类似网格计算, 强调的是为分布在不同地点的人提供资源共享服务^[2]。P2P 系统所关注的资源共享主要用于那些包含数以万计的大型环境, 并且这些用户大多通过家庭桌面系统以及低带宽设备连接到 Internet; 而网格系统主要用于规模相对较小的用户组织的协作, 并提供更加丰富多彩的可共享资源。尽管它们具有不同之处。但 P2P 与网格的长远目标在某些方面是一致的。因为网格系统需要扩展规模, 并把短期服务与资源结合起来对外发布。而 P2P 的研究者们则考虑提供一些稍微宽泛的服务。

在 P2P 网络中, 有两种典型的网络模型: 结构化 P2P 网络模型和非结构化 P2P 网络模型。所谓结构化与非结构化模型的根本区别在于每个节点所维护的邻居是否能够按照某种全局方式组织起来以利于快速查找。

1.1 结构化 P2P 网络模型

结构化 P2P 系统的特点是文件的发布和网络拓扑紧密相关, 文件按照 P2P 拓扑中的逻辑地址精确地分布在网络中。这类系统包括 CAN, Tapestry, Pastry 等, 目前结构化系统的搜索方法都基于结构化路由模型。结构化路由模型基于纯 P2P 网络结构。它为网络中的每一个节点赋予一个 ID, 同时, 每个节点存储的资源和服务也有类似的 ID。节点的路由表中登记一定

① 基金项目: 基金项目(编号); 科研项目(编号)

数量的邻居节点,节点请求被转发至与所请求的资源或服务最接近的节点,直到发现这个资源或服务。插入一个新资源或服务的过程与查询过程类似,也是通过查找该资源或服务的 ID 来确定存储的正确位置。结构化路由模型均采用分布式哈希表 DHT (Distributed Hash Table) 作为主要的存储算法^[3]。

1.2 非结构化 P2P 网络模型

非结构化 P2P 系统的特点是文件的发布和网络拓扑松散相关。该类系统有 Napster, Gnutella 等。

1.2.1 中央索引模型

该模型的一个典型应用是 Napster,系统中有一个中央服务器,存放其他节点所共享资源的一个索引。任何一个注册的节点,都要向中央服务器传送自己所共享资源的索引。节点搜索资源时,将搜索请求发送到中央服务器,中央服务器检索资源索引,告知资源请求者拥有该资源的节点的标识,然后资源请求者直接去访问资源拥有者节点,下载所请求的文件或者使用其资源。这种方式并不是纯粹的 P2P 模型,因为它需要一个中央服务器。中央索引模型的优点在于搜索速度比较快,并且搜索全面,其他节点可以动态地将信息传至服务器,所以索引更新的速度也比较快,搜索过程中所需要的消息量小,节省了网络带宽。其缺点在于中央服务器的能力限制了节点的数量,系统的可伸缩性不够,并且一旦中央服务器失败,整个系统就无法运行,容错性不高。

1.2.2 泛洪请求模型

该模型采用泛洪法将查询请求不断地转发至邻居节点,直到目标节点,获得查询结果。为了避免消息无限制地转发,查询请求中设定有 TTL (Time to live) 或 HTL (Hops to Live) 进行转发控制。Gnutella 是采用此类模型的典型系统。采用洪泛请求模型的系统中,不需要中央服务器,任何通信都在节点间进行。Gnutella 在应用层构建了一个使用它自己路由机制的虚拟网络,各个节点都有一个记录邻居节点的路由表,用来传递消息,当一个节点需要搜索一个资源时,它向所有邻居节点发送这个请求,邻居节点又向它们的邻居节点发送请求,就这样向外扩张,拥有所请求资源的节点就可以响应这个请求。从概念上说,这是一种广度优先搜索(BFS)方法。

1.2.3 改进的搜索模型

GUESS (Gnutella UDP Extension for Scalable Searches) 和 Gnutella2^[3] 的系统中,就是采用的超级节点的概念。在这次分层的网络结构中,每个超级节点即和一些叶节点相连,又和其他超级节点相连,当超级节点收到来自叶节点的搜索请求后,它将消息转发给其相应的叶节点和相邻的超级节点,相邻的超级节点收到请求的消息后,转发给其所属的叶节点。在这个过程中,不相干的节点不参与搜索的过程,因此可有效的避免采用单纯的泛洪式搜索所产生的问题,如产生过大的网络负载、不适应大规模的网络、大量消耗网络带宽等问题^[4,5]。

2 Grid - P2P 模型及算法描述

根据 P2P 搜索机制,将改进的 P2P 搜索模型中超级节点的思想引入到网格系统。我们在网格的超级计算机和普通节点之间引入 Super-peer 的概念。Super-peer 的选取可以基于地理位置或基于普通节点中某些高性能计算机。在 Super-peer 与 Super-peer 之间构成一个 P2P 的中间层,形成如下的网络模型。

在 Grid - P2P 模型中每一个普通的 peer 都从属于一个 Super-peer,即在一个 Super-peer 的域内,所有的 peer 都和该 Super-peer 相连接。底层 peer 需要向 Super-peer 注册信息,peer 即可以是资源的提供者,也可以是资源的请求者。

在第二层 Super-peer 中,以对等的方式建立无结构的 P2P 网络。Super-peer 需要在 Center-peer 中注册,而它与同层的节点之间建立邻居节点关系。为避免 Super-peer 节点动态加入或离开,我们可以考虑以地理位置的划分来确定 Super-peer 节点,比如指定某个区域内的一台高性能计算机作为 Super-peer 节点,该区域内其他计算机都作为普通的 peer 节点。

在最高层,也即 Center-peer 层,建立 Super-peer 的一个索引邻接表,将所含资源按倒序排列,这样有利于资源发现时,从所含资源最多的 Super-peer 节点开始查询。

Grid - P2P 模型集中了 P2P 中无结构模型和网格层次式资源管理的优点,可以看作是一种混合结构的网格层次模型,利用这种模型在节点数不多时实现的高分散性、鲁棒性和高覆盖率,也可以用来对大规模网

格提供可扩展性。

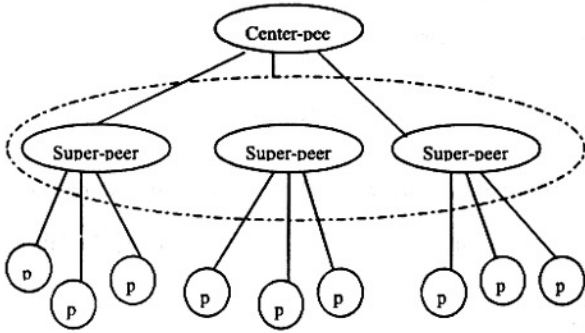


图 1 Grid-P2P 模型的拓扑结构



图 2 索引邻接表的格式

2.1 Grid-P2P 模型中的算法描述

(1) 当某个 peer 节点提交查询时,首先向其 Super-peer 节点发出查询信息,Super-peer 节点在自己的当前信息中查找,如果查找到符合条件的资源,则还回给 peer,算法结束;

(2) 若 Super-peer 节点在自己的当前信息没有查找到符合条件的资源,则向同层次中其他 Super-peer 发出请求,接收到请求的 Super-peer 节点在自己当前信息中查找,如果查找到符合条件的资源,则还回给发出请求的 Super-peer 节点,再由发出请求的 Super-peer 节点将信息返回给 peer,算法结束。

下面给出基于 P2P 层采用索引邻接表后的伪代码算法描述。

//算法 1: peer 节点将请求发送给 Super-peer 节点

```
When a peer sent a search message to Super-peer
{
    If ( Super-peer 找到资源)
        返回给 peer 节点
```

Else 调用 Super-peer 层的查找算法

//算法 2: Super-peer 节点之间的资源查找

When a Super-peer sent a search message to another Super-peer

Search 索引邻接表

If (Super-peer 找到资源)

返回给申请的 Super-peer 节点

Else if (Super-peer 没有找到资源) 继续调用算法 2

3 算法时间复杂度分析

假设网格中有 n 个 Super-peer, 即有 n 个超级节点, 进一步, 假设第 i 个 Super-peer 具有 RN 个普通节点, 该 Super-peer 中各个资源节点存在所需资源的概率相同, 显然, 时间复杂性由两部分组成:

(1) 对索引邻接表中的信息进行排序, 利用最优的排序方法, 平均时间复杂性与最坏时间复杂性均为 $O()$;

(2) 对所选 Super-peer 的邻接表进行遍历查找。如果采用串行查找方法, 最坏时间复杂性为 $O(RN)$, 平均时间复杂性为 $O()$ 。

因此整个资源发现算法的平均时间复杂性为 $O() + O()$ 。

最佳情况下, 资源需求信息提交后, 只遍历一个 Super-peer 的邻接表; 且一次就能满足资源用户的需求, 这种情况下最佳时间复杂度为 $O(O() + O(1)) = O()$ 。

最坏情况下, 需要将网格中的所有 Super-peer 都查找一遍, 才能确定所需资源是否存在。这种情况下所需时间为排序所需的时间、遍历邻接表的时间及在 Super-peer 中确定资源所需时间之和, 因此最坏时间复杂度为 $O(O() + m * O(RN))$ 。

4 模拟实验

本文在 Windows XP 操作系统下使用 SUN 公司推

出的 JXTA 平台进行模拟实验^[6]。每个 Super-peer 节点含有 100 个 peer 节点, peer 节点向 Super-peer 层注册的信息以数组的方式存放在 Super-peer。试验中分别取 Super-peer 节点为 5、10、15、20、25 个时, 传统的泛洪算法和我们的改进算法在查询响应时间的比较, 如表 1 所示。

表 1 泛洪算法与改进算法的比较

The node in super-peer	Flood algorithm	Our algorithm
5	19.8	25.5
10	35	36
15	79.5	53.5
20	134	68
25	225.6	90.5

从上面的模拟结果, 可以看出当节点数目增加时, 传统的泛洪算法所耗费的时间将是巨大的, 建立 Super-peer 的索引邻接表后, 将大大降低查询时间以及网络负载的开销。

5 结论

资源发现在资源管理中占有重要地位, 利用分布式资源发现的方法可以解决集中式资源发现存在系统瓶颈和查询效率低的问题。但网格环境下由于资源数

量巨大, 如果采用完全分布式架构会因为消息的扩散和转发带来很大的负荷, 本文借鉴 P2P 系统的资源搜索思想, 采用 Grid-P2P 模型来解决上述问题。

参考文献

- 1 Manoj P, Anjana S. P2P networking an information-sharing alternative [J]. IEEE Computing, Practices, 2001, 34(7): 31-38.
- 2 Foster, I. Iamnitchi, A. On death, taxes, and the conveyence of peer-to-peer and Grid computing [M]. in 2nd International Workshop on Peer-to-Peer Systems, Berkeley, CA. LNCS. SpringerVerlag, Heidelberg, 2003. Reference 3.
- 3 FIPS Secure Hash Standard. Federal information processing standards, Technical Report Publication 180-1. NIST, U. S, 1995 Reference 5.
- 4 BYanq, patrick Vinoqrad. Evauliatnq GUESS and Non-Forwarding P2P Search [Z], 2003 Reference 7.
- 5 夏启志等, 无结构 P2P 网络搜索方法及其改进, 计算机应用研究, 2005. 9.
- 6 杨天路等, P2P 网络技术原理与系统开发案例, 人民邮电出版社, 2007. 6.