

# 基于对等网络的全球信息网格服务发现机制研究

谢成钢<sup>1</sup>, 郭得科<sup>2</sup>, 陈洪辉<sup>2</sup>

(1. 国防科学技术大学机电工程与自动化学院, 长沙 410073;

2. 国防科学技术大学信息系统与管理学院C<sup>4</sup>ISR技术国防重点实验室, 长沙 410073)

**摘 要:** 全球信息网格采用面向服务的架构提高系统的可重用性、柔性设计能力以及按需快速构建能力。这些优势的充分发挥需要快速及时发现各类可用的数据和服务。该文提出了两种扩展性很好的分布式服务发现机制: 面向完全自治 UDDI 注册中心的非结构化 UDDI 对等网络和面向协同 UDDI 注册中心的结构化 UDDI 对等网络。

**关键词:** 全球信息网格; 服务发现; 对等网络

## Research on Service Discovery Protocol of Global Information Grid Based on Peer-to-Peer Network

XIE Chenggang<sup>1</sup>, GUO Deke<sup>2</sup>, CHEN Honghui<sup>2</sup>

(1. School of Mechatronics and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073; 2. Key Laboratory of C<sup>4</sup>ISR Technology, School of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

**【Abstract】** Global information grid(GIG) employs service oriented architectures(SOA). The use of SOA enables loosely coupled applications, service reuse, flexibility in system design and the ability to rapidly assemble applications/solutions in an ad-hoc fashion. The key to all of this is the ability to discover relevant data and services in a timely fashion. This paper presents two distributed and scale-well approaches for fully autonomous registries and cooperative registries to overcome the disadvantage of traditional registries. In other words, it provides an unstructured peer-to-peer network for fully autonomous registries and a structured peer-to-peer network for cooperative registries.

**【Key words】** Global information grid; Service discovery; Peer-to-Peer network

美军目前建设的“全球信息网格”(Global Information Grid, GIG)意在向世界任何地方的美军提供端到端的信息互联能力, 同时为非国防部和盟国的系统提供接口。GIG 是美军夺取信息优势和决策优势, 进而获取行动优势的信息基础设施。全球信息网格的一个核心思想就是采用了面向服务的架构(Service Oriented Architecture, SOA)。采用面向服务的架构能够从如下方面受益: 缩短开发系统和应用开发周期, 适应不断变化的需求, 加速对关键数据的访问。这些能力和优点的实现需要相应使能技术做支撑, 其中关键的使能技术之一是及时发现相关数据和服务。

本文的主要贡献在于: 为了在完全自治的众多 UDDI 注册中心中发现和选择 Web 服务, 提出了非结构化 UDDI 对等网络; 为了在存在协作关系的众多 UDDI 注册中心中更加有效地发现服务, 提出了采用结构化 UDDI 对等网络。同时这两种 UDDI 对等网络遵从 UDDI 数据结构规范和应用程序开发接口规范, 同所有符合规范的客户端工具具有良好的互操作性。

### 1 非结构化 UDDI 对等网络

出于安全和隐私问题的考虑, 在注册中心之间进行数据复制是不切实际的。随着具有明显动态特性的 Web 服务大量被部署, 当前的 UDDI 规范所采用的在不同注册中心之间同步复制数据的方式很快将变得不可行。如果注册中心完全自治且彼此之间没有依赖关系, 则无法对服务如何注册以及注册到哪个 UDDI 上采取控制策略, 导致 Web 服务注册信息在

各个 UDDI 注册中心上以等概率分布, 因而没有可用的先验信息将查询引导到正确的注册中心去。

为了在这种客观条件下发现和选择 Web 服务, 我们采用非结构化对等网络技术连接所有 UDDI 注册中心并最终形成一个非结构化对等网络, 这里称为 UP2PUDDI, 其中每个注册中心不仅是服务代理, 也是服务请求方。在这样的非结构化对等网络中, 没有规则严格定义 Web 服务应该在哪里发布以及注册中心之间的连接关系, 而且网络中没有内容副本。

#### 1.1 体系结构

本节仅考虑在非结构化 UDDI 对等网络中如何实现分布式的服务查询。为了支持本地服务发布和服务全局分布式查询接口, 每个 Peer 至少应该包括本地服务发布引擎, 本地服务查询引擎和全局查询引擎 3 个基础部件。

注册中心接收到发布请求后, 本地发布引擎对 XML 文件解释并存储到本地文件或数据库系统中。在收到查询请求后, 本地查询引擎从本地文件或数据库系统中抽取合适的数据库实体, 然后按照 UDDI 规范组织这些数据作为响应。如果查询终止约束仍然不满足, 本地查询引擎将把查询提交到全局查询引擎。在收到本地查询引擎的查询请求后, 全局查询引擎将把查询请求提交给部分或全部邻居节点, 负责将所

**作者简介:** 谢成钢(1967 - ), 男, 博士生、高工, 主研方向: 军事理论和军事综合电子信息系统体系结构; 郭得科, 博士生; 陈洪辉, 博士生、副教授

**收稿日期:** 2006-01-25 **E-mail:** astronaut@126.com

有的响应信息按照 UDDI 规范反馈给初始请求端。

总之,通过查询大量甚至所有的 Peer 来处理查询请求是不可取的,单条查询请求将产生大量的查询信息,却并不能给查询请求者带来额外的好处。我们建议仅对满足可用性约束的给定数量的服务的 Peer 进行查询。事实上,由于高昂的代价,为每个请求建立一个全局视图是不可行的。

## 1.2 基于路由转发的查询协议

对等网络中一个理想的搜索算法应该具有以下特征:高质量的搜索结果,每个节点只需保留最小的路由状态,高效路由,负载均衡,容错,并且支持复杂查询协议。查询结果的质量通常由结果的数目及结果同查询的相关度来共同度量。路由状态是指每个节点保存的邻节点的数目。路由的有效性通常是指每次查询所经历的跳数。在一些网络中也可以通过 Peer 查询信息的数目来度量路由的有效性。不同搜索技术对这些理想的特征中进行不同的权衡。

Gnutella<sup>[1]</sup>采用广度优先搜索(BFS)来覆盖具有深度限制D的整个网络。D是指一个消息在网络中传输的最大跳数。因此,查询节点将查询请求发送到所有邻居节点,不进行任何的排序和选择。每个邻居节点处理查询,如果找到所需要的数据就返回结果。如果不满足查询终止条件,则这个邻居节点将查询请求再发送到除查询节点之外的其它邻居节点。这个过程将不断继续下去直到查询的TTL为0,然而这种方法产生了大量的消息并且不具有可扩展性。

总之,在UP2PUDDI网络中的查询协议通常是基于泛洪的方法或者基于它的变种。在非结构化的对等网络中搜索策略是blind搜索或者启发式搜索。在blind搜索中,如迭代加深<sup>[2]</sup>,每个节点都没有目标节点的位置信息。在启发式搜索中,如路由索引<sup>[3]</sup>,每个节点保存有网络中部分Peer的元数据信息,从而可以利用这些信息进行启发式搜索。

## 1.3 基于 Bloom Filter 的启发式查询协议

Bloom filter是一个非常优秀的数据结构,1970年由Burton Bloom提出<sup>[4]</sup>。它的基本思想是将一个具有n个元素的集合 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ,用一个长度为m的二进制向量来描述,初始化向量的每一位为0。一个Bloom filter使用k个相互独立的哈希函数 $h_1, h_2, \dots, h_k$ ,它们的值域为 $\{0, 1, \dots, m-1\}$ 。对于每一个元素s,二进制向量中对应于 $h_1(s), h_2(s), \dots, h_k(s)$ 的元素被置成1。如图1所示,假设使用4个相互独立的哈希函数,即 $k=4$ 。

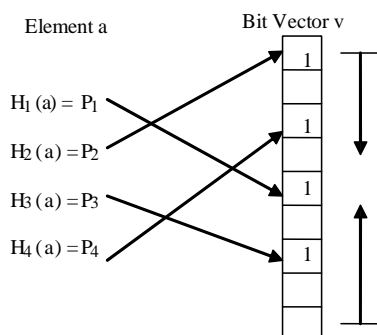


图1 使用4个独立哈希函数的 bloom filter

这样,判断一个元素s是否属于集合S就可以通过检查bloom filter在 $h_1(s), h_2(s), \dots, h_k(s)$ 位置的取值是否全为1,如果有某个存储单元为0,则表示这个元素不在集合S上。Bloom算法可能对二进制向量中的同一个位置多次置1,因此,采用Bloom算法来查询一个元素是否在集合S上可能存

在假阳性判定(false positive)。对于Bloom filter,有3个基本的性能量度是值得注意的:计算时间(对应于哈希函数的个数k),内存空间开销(对应于向量大小m),假阳性判定概率,并且3个基本性能指标之间相互制约。

本质上来讲,基于bloom filter的启发式算法也是一种基于查询转发的路由协议,其包含路由表构建和维护机制,以及根据路由表的查询转发机制两大核心内容。基于bloom filter的启发式查询协议中任何Peer的路由表由一系列bloom filter构成,其中每个对应于一条对外的链路。当一个Peer需要转发一个查询请求时,只需要扫描路由表并根据bloom filter的几何成员关系判断算法过滤出满足查询请求的对外链路,然后向过滤出的链路方向有意识地转发查询请求,从而避免产生不必要的查询消息。

路由表的构建和维护机制的基本思想是:(1)将各个Peer的本地内容变换为对应的bloom filter;(2)在各个连接建立之时,采用推、拉、或gossip协议和邻居Peer实现本地bloom filter向邻居方向的传播;(3)将本地bloom filter和路由表中除连接Peer之外的所有链路对应的bloom filter根据某种衰退机制进行并运算,将合成的bloom filter作为目标链路对应的新路由信息,同样采用推、拉、或gossip协议和邻居Peer将其向相应邻居方向传播。

## 2 结构化 UDDI 对等网络

如果考虑对Web服务空间进行划分,并且将划分产生的子空间按照一对多影射关系分配给各个注册中心,基于这种构想的服务发现机制将大大简化搜索过程,通过这种先验知识可以很快将查询转发到正确的注册中心。这可以通过如下步骤实现:(1)根据应用构建Web服务空间,并据此提出能够被Web服务体系中所有角色认可的统一分类体系;(2)统一分类体系本质上是一种树结构,只有叶节点代表分类体系的实体。通过对树进行分割,产生一系列子树,这些子树由其相应根节点表示;(3)每个注册中心必须通过关联这样一种分类体系的子树而声明它所支持的服务范围;(4)Web服务发布信息必须包括统一分类体系的类别信息使之可以据此被存储到正确的注册中心;(5)Web服务查询信息也必须包括统一分类体系的类别信息以保证查询能够被提交到正确的注册中心。

因此,服务发现过程的第一步是根据查询参数定位正确的注册中心,然后在注册中心定位恰当的服务。为了定位正确的注册中心,需要部署专门的系统来储存注册中心与统一分类体系划分子树之间的映射关系,并且为了避免集中式机制的缺陷,该系统应该采用可扩展机制。因此结构化的对等网络是一种合适的方法。本文就不就单个注册中心内的查询问题展开研究,层次的工作更多依赖于标准化组织的相关成果。

与非结构化对等网络相比,结构化对等网络节点的邻居节点的选择过程受相应协议的约束,并且数据的存储位置也受相应协议的约束。这样不仅可以确保分布在对等网络中的数据一定能够被找到,并且可以控制查询步长的上限,进而提高查询响应速度。结构化对等网络协议和系统普遍采用分布式散列表的思想,如Chord<sup>[5]</sup>。每个数据项散列为唯一的整数关键字。每个节点被散列为同一个整数空间上的唯一ID。每个节点负责一定范围内的关键字值。一个关键字映射到一个节点,节点的ID是不超过关键字的最大值。Chord中每个节点的维护 $O(\log N)$ 个邻居节点的路由信息,任意查询的时间复杂度是 $O(\log N)$ 。其中N是指系统中所有节点的数目。

(下转第113页)