

基于改进的 Kademlia 协议的 P2PSIP 系统研究

刘敏霞¹, 余 杰², 李 强³, 陈志新⁴

(1 东莞理工学院 电子工程系, 广东 东莞 523808; 2 国防科技大学 计算机学院, 湖南 长沙 410073;
3 北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100083; 4 中央财经大学 信息学院, 北京 100081)

摘 要: 文中研究如何构建高效的 P2PSIP 系统, 以节省 SIP 系统部署开销和提高系统运行的稳定性. 考虑到 SIP 系统对时延非常敏感, 首先改进了 Kademlia 协议的资源定位模型, 然后提出了新型的 P2PSIP 系统模型. 在具有数百万节点的 Kad 网络上的仿真实验表明, 基于 Kademlia 协议构建 P2PSIP 系统具有很好的可行性和有效性.

关键词: SIP; P2P; Kademlia; 资源定位

中图分类号: TP393.08

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)08-0235-03

Research on P2PSIP Systems Based on Advanced Kademlia Protocol

LIU Min-xia¹, YU Jie², LI Qiang³, CHEN Zhi-xin⁴

(1 Department of Electronics and Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China;
2 School of Computer Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;
3 Computer Science and Engineering School, Beihang University, Beijing 100083, China;
4 Information School, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China)

Abstract: In this paper, we work on building an effective P2PSIP system, to economize the cost for deployment and increase the stabilization of system management. Firstly, we improve the resource location model in Kademlia protocol, and then propose a novel model for P2PSIP system. The real experiments on Kad network show that this system has promising feasibility and efficiency.

Key words: SIP; P2P; Kademlia; resource location

1 引言

SIP^[1]协议是一个类似于 HTTP 和 SMTP 的基于文本的信令协议, 主要用于开发和实现 VoIP、语音/视频会议、文本聊天、即时消息、交互游戏等业务的系统和终端. SIP 协议在进行会话之前必须对被叫用户进行查询和定位, 传统的 SIP 通信系统采用注册服务器、代理服务器等中央服务器来实现, 从而存在单点失效、性能瓶颈等问题.

P2P 技术提供了分布式的网络架构中通信节点之间的对等通信能力. P2PSIP 系统不采用中央服务器, 而是利用 P2P 算法来解决用户的注册、定位等问题^[2], 使会话直接在两个 SIP 代理间进行. P2P 和

SIP 的整合思想最初是在哥伦比亚大学^[3]提出并发展的, 随后国际标准组织和国内外的研究机构对其进行了大量的研究和实验. 目前的 P2PSIP 设计大多数是基于 Chord 协议^[4]的, 从而引入了 Chord 协议本身的不足, 如时延过长、不易实现、不易操作等^[5].

Kademlia 协议是由 P. Maymounkov 等人于 2002 年在 IPTPS 会议上提出来的一个基于 XOR 的 DHT 协议. 文中首先对 Kademlia 协议进行简要介绍, 然后针对其模型设计存在的不足提出了改进算法, 并据此改进协议设计了一个高效的 P2PSIP 系统. 最后, 通过在 Kad 网络上的真实实验, 对该系统的访问延迟和成功率进行了模拟分析.

收稿日期: 2010-05-13; 修回日期: 2010-06-08

基金项目: 东莞市高等院校科研机构科技计划项目(2008108101003)

2 Kademlia 协议简介

Kademlia 是一种典型的结构化 P2P 覆盖网络, 其所有信息均以散列表条目的形式分散存储在网络的各个节点上, 以全网方式构成一张巨大的分布式散列表, 在应用层分布式地进行整个 P2P 网络信息的存储和检索。

Kademlia 网络存储并维护着 2 个分布式散列索引表, 即关键词字典和文件索引字典。关键词字典用于根据关键词查询其对应的文件名称和相关文件信息, 其中, 用于查询的 Key 值是通过将关键词字符串进行 SHA1 散列运算得到的 160 位比特值, 对应的 Value 信息用一个三元组表示, 即 <文件名, 文件长度, 文件的 SHA1 校验值>。文件索引字典用于根据给出的文件信息来查询文件的所有者节点, 其中, Key 值等于该文件的 SHA1 校验值, 对应的 Value 列表条目信息也用一个三元组表示, 即 <所有者节点的 IP 地址, 所有者的下载侦听端口, 所有者节点 ID>。根据上述信息, Kademlia 网络实现了对文件的定位。

Kademlia 网络中的每个节点均拥有一个 160 位的专属 ID, 由节点随机生成。ID 取值与 SHA1 散列值类似, 2 个节点之间的距离定义为两者 ID 值的异或运算结果。根据条目的 Key 值, 该条目将被复制并存放在节点 ID 距离 Key 值最近的 a 个节点上。 a 是一个估计值, 决定其取值的准则如下: 在当前规模的网络中任意选择至少 a 个节点, 使它们在任意时刻同时不在线的几率接近 0。每个节点负责维护 160 个列表, 即 k -bucket。第 i 个列表记录当前节点已知的、与自身距离为 $2^i - 2^{i+1}$ 的节点的网络信息, 即 <节点的 IP 地址, 节点的下载侦听端口, 节点 ID>, 每个列表中最多存放 a 个节点信息。

3 基于改进的 Kademlia 协议的 P2PSIP 系统设计

3.1 改进的 Kademlia 协议

基于 Kademlia 的 P2P 模型存在如下问题^[6]: (1) 网络节点经过散列后, 物理位置信息被破坏, 来自同一个子网的多个节点的节点号逻辑距离可能很远, 路由过程要跨越多个广域网节点, 导致应用系统响应时间长, 降低了网络速度; (2) 没有考虑网络节点实际能力的差异, 无 QoS 保证, 网络效率低; (3) 网络不可控制, 可管理性差, 无法自适应节点规模, 性能随着网络规模的增大而下降, 给实际应用带来

了一定困难。

针对上述问题, 文中首先采用了一种基于 Kademlia 协议进行改进的新 P2P 网络资源定位模型。其设计思路是对 P2P 网络节点进行筛选以提高网络运行效率, 在应用层形成金字塔式的层次式结构以便实现对节点的管理, 并使之能自适应地调整网络规模, 在拓扑形成时充分利用网络访问的区域性和物理网络中节点的邻近特性降低访问延迟和路由长度。

综合网络接入带宽、节点稳定程度、在线时间、计算能力、存储能力等各种度量因子, 文中构造了一个启发性的、可选择的计算策略。根据节点能力的不同将 Kademlia 网络节点分为 2 种, 即一般能力的普通节点和能力强大的虚拟超级节点。超级节点请求其他超级节点的服务, 并向虚拟节点内的普通节点和其他超级节点提供服务, 它仅在本地查找、请求和回复, 不转发其他节点的消息。具体实现时, 采用自适应策略, 即一个普通节点若不能在在规定时间内连接到超级节点, 它就自组织成一个超级节点。

具体的改进措施如下: 在执行基本操作的消息中增加 RTT(往返时间)元组, 存储消息发送节点的时间戳, 发送节点接收到应答消息后, 比较目前的时间戳以判断消息接收节点的相对物理位置, 即根据 RTT 来调整 k -bucket 节点顺序以选择较近的邻居节点。P2P 网络节点的实际运行能力各不相同, 为了区分节点的能力, 本文将多个物理节点组成一个虚拟节点, 以充分发挥高性能节点的作用。

3.2 P2PSIP 系统设计

在使用改进的 Kademlia 协议设计 P2PSIP 系统时, 需要实现的两个基本功能是: (1) SIP 结点的注册与定位; (2) 用户信息的注册与定位。SIP 结点可以加入根据 Kademlia 协议构建的 P2P 覆盖网中, 注册结点信息和用户信息, 通过路由表与覆盖网中的其他对等结点建立连接, 并能通过覆盖网向非直连结点传递路由信息。

3.2.1 结点的注册与定位

本系统中, SIP 结点的注册过程与 P2P 网络中节点注册过程类似:

(1) 节点启动时, 将保存在本地的已知联系人信息加载到路由表中;

(2) 通过向这些已知联系人发出 BOOTSTRAP 请求消息获取更多的联系人信息, 并加入到路由表中;

(3) 通过路由表执行自查询以获取与自己距离邻近的其他结点的信息, 执行随机查询以获取更多

的节点信息;

(4) 随后向邻居节点发送 HELLO 请求消息,将自己的信息加入到这些节点的路由表中,从而将自己注册到 DHT 网络中。

SIP 结点的定位过程与 P2P 网络中节点查找过程类似,假设目标节点的 ID 为 t :

(1) 首先在本地路由表执行路由请求,在路由表中找出与 t 最近的若干个联系人;

(2) 以 t 为目标,向这些节点发送 ROUTING 路由请求;

(3) 从这些节点返回的联系人中重新选择与 t 最近的若干个联系人,重复(2),直到找不到更近的联系人。

3.2.2 用户的注册与定位

本系统中,用户信息的注册过程与 P2P 网络中关键字信息的发布过程类似:

(1) 将用户信息散列为 160 位的关键字 k ;

(2) 以 k 为目标,执行与节点定位类似的查找过程,找到离 k 最近的若干个节点;

(3) 将用户信息以 k 为关键字 $\langle k, \text{user} \rangle$ 发布到这些节点的索引表中。

定位用户的过程与 P2P 网络中关键字信息的搜索过程类似:

(1) 将用户信息散列为 160 位的关键字 k ;

(2) 以 k 为目标,执行与节点定位类似的查找过程,找到离 k 最近的若干个节点;

(3) 向这些节点发送 k 为关键字的关键字搜索请求,这些节点会查询自己的索引表,根据保存的 $\langle k, \text{user} \rangle$,返回对应的用户信息。

4 基于 Kad 网络的实验分析

通常的 P2P 协议验证都是纯粹依靠建立数学模型来对其性能进行分析,或者采用了网络模拟的方法进行验证。由于 P2P 网络本身的复杂性、异构性与分布性,分析或模拟都不能完全刻画出 P2P 僵尸网络的特性。

Kad 网络是基于 Kademlia 协议设计实现的 P2P 文件共享网络,其集成在 eMule 和 aMule 中,拥有数百万的同时在线用户数^[7]。文中通过在 Kad 网络进行真实的仿真实验,来分析验证本文提出的 P2PSIP 系统的可行性与有效性。由于 Kad 网络并未根据节点的性能特点和物理特性对网络进行优化,因此在 Kad 网络上针对 P2PSIP 系统所做的评估实验是本文提出的基于改进 Kademlia 协议的

P2PSIP 系统的性能下限。

文中主要从两个方面来分析基于改进 Kademlia 协议的 P2PSIP 系统的可行性与有效性。

(1) P2PSIP 系统的一个重要性能需求就是 SIP 节点能够在较短的时间限制内完成节点定位和用户定位,以保证通信建立的及时性。通过在 Kad 网络中发起多次查询请求,计算其查询访问延迟的时间分布,来估算 P2PSIP 系统的节点和用户定位延迟。如图 1 所示,平均访问延迟为 5~7 秒,这个时限完全可以满足 SIP 业务的实效性需求。

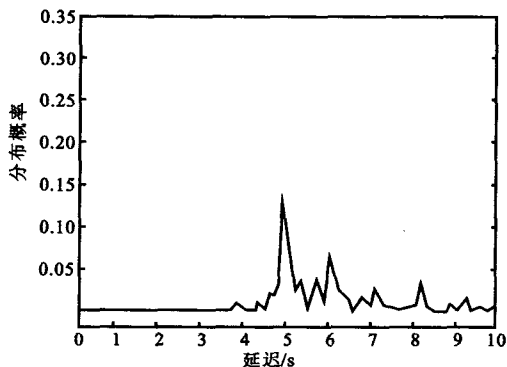


图1 节点/用户定位延迟分布

(2) P2PSIP 系统的另一个重要性能需求是 SIP 节点能以较高的成功率定位到用户,以保证会话建立的准确性。但是由于 P2P 系统的动态性(节点动态地加入和离开网络),很可能导致存在了节点信息或用户信息的节点不可访问。通过将用户信息发布到 Kad 网络中的 10 个节点(默认设置下, Kad 会将索引信息缓存到至少 10 节点上),然后动态地搜索能够被命中的节点数,来估算 P2PSIP 系统的用户定位的命中率。如图 2 所示,平均命中的个数都大于 1。由于只要有一个节点能够被命中,该次用户定位就会成功,因此,平均来讲,使用 Kademlia 协议可以保证 P2PSIP 系统具有很好的会话建立准确性。

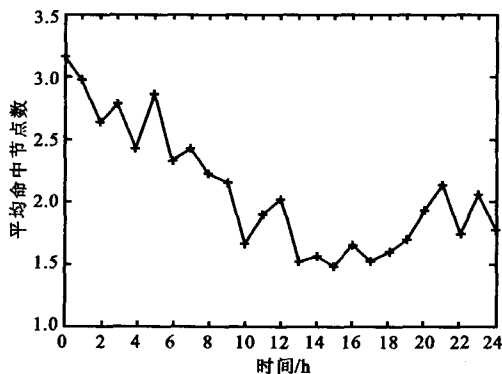


图2 用户定位命中节点数

(下转第 241 页)

2 0 1] 输入网络,输出值为 $T = 0.0083 \ 0.0117 \ 0.0138 \ 0.9940 \ 0.0009$ 对 T 取整得到 00010.

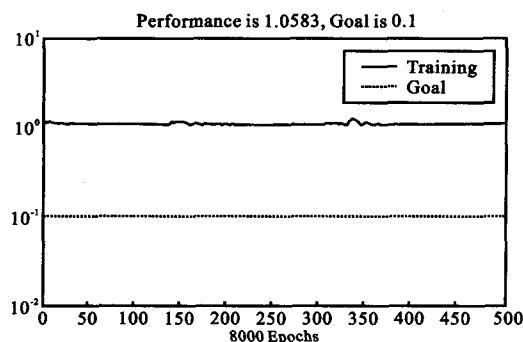


图7 再次用理想信号对网络训练

对15组480个测试样本进行测试得出,识别率在96.46%以上.证明本方法具有一定的优越性.

5 结束语

字符识别在现代生活中的应用越来越广泛,维吾尔文手写体识别的研究有一定的难度,由于神经网络具有自学习、容错性、分类能力强和并行处理等特点,对于识别手写体维吾尔文字符来说,采用神经网络是一种有效手段.由实验结果分析可知,基于BP神经网络的手写体识别提高了识别的准确率和速度,有一定的研究价值.但是,由于对神经网络的

过程无法控制,可能出现一些无法预料的情况.另外,在研究过程中发现,维吾尔文手写体的特征提取是一个难点,所以将进一步研究维吾尔文手写体的特征提取.

参考文献:

- [1] 木合塔尔,木塔力甫·马木提,夏木西丁.维文手写输入法初探[J].计算机工程与应用,2003(29):87-89.
- [2] 陈薇,李勇.基于块输入的神经网络英语字符识别研究[J].计算机时代,2005(36):40-41.
- [3] 俞庆英,吴建国.对联机手写汉字识别技术的研究——实现笔画识别[J].微机发展,2004,14(10):68-69.
- [4] 袁保社,吾守尔·斯拉木.一种手写维吾尔文字母识别算法[J].计算机工程,2010,36(2):186-188.
- [5] 张德丰.MATLAB神经网络应用设计[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [6] 杨庆雄.基于神经网络的字符识别研究[J].信息技术,2005(4):92-96.

作者简介:

任宏宇 男,(1981-),硕士研究生.研究方向为维吾尔文手写识别.

袁保社 男,(1955-),教授.研究方向为中文信息处理.

田 园 女,(1987-),硕士研究生.研究方向为网络计算.

(上接第237页)

5 结束语

文中考虑传统SIP系统部署的困难,提出了一种基于改进Kademlia协议的P2PSIP系统.仿真实验表明,该方案具有较低的节点/用户定位延迟和较高的用户定位成功率,从而具有很好的可行性和鲁棒性.下一步工作是研究如何实现并优化本方案,并进一步考虑其安全问题.

参考文献:

- [1] RFC3261. SIP: session initiation protocol[S]. The Internet Society,2002.
- [2] Bryan D, Lowekamp B, Jennings C. A P2P approach to SIP registration and resource location[EB/OL]. [2009-12-19]. www.softarmor.com.
- [3] Singh K, Schulzrinne H. SIPpeer: a session initiation pro-

tool (SIP) - based peer - to - peer interact telephony client adaptor[R]. New York: Columbia University, 2005.

- [4] 陈业纲,徐则同.基于Chord算法P2PSIP系统的设计和实现[J].计算机时代,2007(9):8.
- [5] 林关成.基于Kademlia的P2P网络资源定位模型改进.计算机科学,2008,34(18):111-113.
- [6] Xie Y, Yu F, Achan K, et al. Spamming botnets: signatures and characteristics[C]// SIGCOMM'08. USA:Seattle,2008.
- [7] Yu J, Fang C, Xu J, et al. ID repetition in kad[C]// Proceedings of P2P'09. USA:Seattle, 2009.

作者简介:

刘敏霞 女,博士.研究方向为计算机网络.

陈志新 博士,硕士生导师.研究方向为计算机网络、信息安全.