

基于 P2P 的无线 Mesh 网中 SIP 服务器协作方案

李文翔¹, 况海龙¹, 吴 静², 李 倩¹

(1 武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081; 2 武汉大学 电子信息学院, 湖北 武汉 430079)

摘 要: 在 SIP 服务实现中, 传统的多服务器独立工作方案存在资源利用率低和信息更新代价大的问题, 基于对等计算的思想, 将所有的 SIP 服务器组织到覆盖网中, 对 Chord 路由表的结构进行改进, 采用基于等距地址 Hash 的多副本发布策略, 提出一种改进的多服务器协作方案. 给出了该方案与多服务器独立工作方案、基于传统 Chord 的服务器协作方案的性能比较分析. 仿真结果表明, 该方案能够确保较高的消息查询成功率和转发速度, 减小网络流量开销.

关键词: 对等计算; 会话发起协议; 服务器协作; 无线 Mesh 网; 多副本冗余

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)12-0006-04

A Peer-to-Peer Based Solution for SIP Server Cooperation in Wireless Mesh Networks

LI Wen-xiang¹, KUANG Hai-long¹, WU Jing², LI Qian¹

(1 College of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China;
2 School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: For traditional SIP service implemetation, severs work individually, and there exist problems such as low availability of resources and high cost of information update. Based on the idea of peer-to-peer computing, we built a Chord overlay with all SIP servers, modified the route table of Chord, distributed replicas with equal-distance address Hashing method, and thus proposed an improved multi-server cooperation method. Theoretical performance comparison was made among our new method, traditional individually-working method, and Chord-based cooperation method. Simulation results showed that our method can guarantee high success ratio of query and speed of forwarding, and decrease overhead of network traffic.

Key words: Peer-to-Peer Computing; Session Initiation Protocol; Server Cooperation; Wireless Mesh Network; Multiple Replica Redundancy

1 引言

将基于无线 Mesh 网(WMN)的宽带无线网络技术和基于 SIP 的 VOIP 技术进行有机的结合, 设计用于特殊环境(如矿井、隧道、野外山地、灾后救援等场合)下的通信系统, 能够提供高效、可靠、便捷的实时多媒体通信. 随着网络规模的不断扩大, 在 WMN 中布设单个 SIP 服务器实现多媒体会话, 难

以满足性能和可靠性的需要. 布设多个 SIP 服务器能显著提升性能, 但这种方式带来的问题包括: (1) 多服务器 SIP 系统的构建代价很大; (2) 多服务器上的信息保持一致性的更新开销很大; (3) 服务器负载均衡问题^[1]. 一方面 SIP 服务器应独立具有代理、重定向、注册等功能, 另一方面 SIP 服务器要共享彼此的注册信息, 提升各服务器所掌握的用户信息数量. 传统的实现方案 D-SIP^[2]中, 各服务器独立完成 SIP

收稿日期: 2011-03-01; 修回日期: 2011-05-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(60903195); 湖北省教育厅科技研究项目(B20101101)

服务,但服务器之间需要大量消息广播,以进行用户注册信息的同步更新,网络带宽消耗很大。

在 WMN 中,SIP 服务器相对比较固定,且数目不多,而服务器记录的 SIP 用户注册信息数目多、变化频繁。本文基于对等计算(P2P)^[3]的思想,将所有的 SIP 服务器组织到覆盖网中,对路由表的结构进行改进,采用等距地址的多副本发布策略,提出了一种新的多服务器协作方案,使得查询节点仅需要将查询消息发送到任一个服务器,而不必关注信息查询的细节。

2 服务器协作方案

2.1 对 Chord 路由表结构的改进

基于 Chord 的路由表^[4]中,每个节点记录网络中部分节点的信息,采用多跳方式实现目标节点的定位,资源被映射到 Chord 环中,顺时针方向离自己最近的节点。如果将所有 SIP 服务器组成传统的 Chord 结构进行协作(Chord-SIP 方案),其缺点在于:

(1) 基于 DHT 的覆盖网路由方案未考虑实际的物理网路径是否也是高效、一致的,一条查询消息可能多次往返穿过一条物理链路,产生不必要的流量。

(2) WMN 中无线链路质量不稳定,多跳通信使得查询消息的传送失败概率显著增加。

此外由于 SIP 服务器的个数有限,不用进行针对大规模网络的覆盖网设计,可将所有节点的信息记录在路由表中。因此,这里的覆盖网(ServerChord 方案)中,每个节点 s_i 记录所有的其他节点信息 $\{s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_K\}$ 在路由表中。这样路由跳数也从 $O(n)$ 降到 1 跳,能克服以上提出的缺点。

2.2 多副本冗余技术

通过在网络中发布资源(SIP 用户注册信息)的多份副本,能提升资源查询的成功率和速度。常用的方法为:在 Chord 覆盖网中,指定多个 Hash 函数,借助它们对一个资源映射出多个副本的地址^[5-6],在这些地址对应映射到的节点上各放置一份副本。各个副本能够方便的被定位和更新。由于 DHT 计算地址的随机性,副本分布可能出现不理想的情况,例如一个资源的多个副本碰巧映射到同一个节点上,形成“冗余副本”问题,造成额外的副本维护开销,使得全网中可用的副本数降低。在节点数较少的 Chord 中,这种情况更容易出现。

在这里采用等距地址 Hash 策略,对一条用户信息映射出在 Addr 区间 $[0, 2^n)$ 中等距的多个地址 $\{R_0, R_1, \dots, R_{m-1}\}$,具体方法为:基于 Hash 函数

$h(x)$,对用户信息 O_i ,规定其第 j 个副本的地址为

$$\text{Addr}(j) = (h(O_i) + j * 2^n/m) \% 2^n \quad (1)$$

式中, m 为副本数目, $0 \leq j \leq m-1$ 。这样使得各个副本彼此间保持最大的距离,尽量避免冗余副本的出现。资源请求节点能依据一个 Hash 函数计算出所有副本的位置,如图 1 所示。

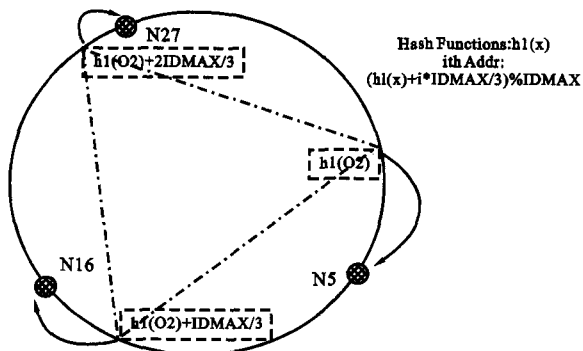


图 1 基于等距地址 Hash 的副本发布策略

2.3 工作方式

每个 SIP 客户进入系统时,将自己的注册请求信息发给最近的 SIP 服务器,该服务器对 SIP 客户的标识信息进行 Hash 运算,得到多个地址值,采用等距地址 Hash 策略进行注册信息的副本发布。

在进行 SIP 会话时,每个 SIP 客户首先要在服务器上找到呼叫对象的相关注册信息。具体方法为: SIP 客户把查询请求发给最近的 SIP 服务器,服务器对查询请求中的标识信息进行 Hash 运算,得到呼叫对象的多个目标副本的地址值,选择在 Chord 环中顺时针方向上离自己最近的目标副本,将查询请求发向此副本所映射的服务器,如果此服务器拥有此副本,则直接将应答消息返回给 SIP 客户,否则,此服务器重新选择一个最近的目标副本,向对应的服务器转发查询请求。完成了呼叫对象的查找之后, SIP 客户与呼叫对象直接展开通信。

3 方案性能分析

由 K 个服务器组成的覆盖网中,假设没有数据包传输失败的情况,地址空间为 $[0, 2^n)$,存在的流量有以下几种:

(1) 覆盖网维护消息:在 ServerChord 中,每个服务器向其他 $K-1$ 个服务器发送 PING 消息,并接收 PONG 消息应答。而在 Chord-SIP 中,对应和 n 个服务器互通消息。

(2) SIP 用户注册信息的同步更新消息: ServerChord 和 Chord-SIP 方案中,更新消息发向 $m-1$ 个副本所在 SIP 服务器,在 D-SIP 方案中,更新

消息发向 $K-1$ 个服务器。

(3) 覆盖网中呼叫对象查询信息的发送与确认消息。

令 M 为 SIP 用户注册信息总数, f 为覆盖网维护消息的发送频率, a 为 SIP 用户信息更新的概率, b 为 SIP 用户信息被查询的概率. 得到各方案的网络流量如表 1 所示. 其中在 D-SIP 方案中, 只有信息同步更新消息, 但总量是其他两种方案的 K/m 倍, Chord-SIP 中的呼叫消息比 ServerChord 中的大 n 倍, 而覆盖网维护流量相比其他流量较小.

表 1 各方案中的网络流量描述

方案	覆盖网维护	信息同步	查询与确认
ServerChord	$2K(K-1)f$	mMa	$\leq 2Mb$
Chord-SIP	$\leq 2Knf$	mMa	$\leq 2Mbn$
D-SIP	0	KMa	0

在 D-SIP 方案中, 每个服务器负责为部分节点提供呼叫接入和查询服务, 无需进行覆盖网维护和查询工作, 由于服务器上保存所有 M 个节点的注册信息, 因此查询速度快(0 跳), 查询成功率高(理论上达到 100%), 但存储开销很大, 一般只适用于小规模网络; 每条 SIP 用户注册信息的副本总数为 K 个, 副本的利用率为 $1/K$, 明显很低.

在 Chord-SIP 方案中, 每个服务器理论上可为网络中的所有节点提供服务, 但仅保存部分的节点注册信息(平均为 mM/K 个), 需要多跳转发查询消息, 经历失效链路的概率高, 查询速度慢($O(n)$ 跳), 查询成功率低, 但存储开销小很多, 可以用在 SIP 服务器数目较多、且 SIP 用户注册信息较多的网络中; 副本的利用率为 $1/m$, $1/m \gg 1/K$, 副本利用率要明显高于 D-SIP 方案.

ServerChord 方案适用于 SIP 服务器数目有限, 但终端 SIP 用户注册信息数目较多、且变化频繁的网络(如用户可随机接入的 WMN). 因为转发跳数至多为 1 跳(理论上为 $1-m/K$); 相比 Chord-SIP, 其查询速度和查询成功率有明显的改进. 给定相同的副本数目, 在副本利用率和用户注册信息的存储开销这两个方面, 其结果与 Chord-SIP 方式都分别相同.

4 仿真实验和性能评价

4.1 仿真实验设置

参照 P2Psim 仿真软件, 基于 C++ 开发出仿真程序^[7], 包括覆盖网创建、资源发布、边失效模型创

建、查询事件创建、查询运行等模块, 假设注册信息的更新同步事件全部能够成功的完成, 展开仿真实验进行上述几种方案的性能比较. 查询仿真的全局设置和参数包括:

- (1) $K = 20, M = 1\,000, m = 1, 2, 3, f = 0.2, a = 0.05, b = 0.1$;
 - (2) 各条逻辑链路正常工作的概率服从均匀分布, 分布区间为 $[0.7, 1.0]$;
 - (3) 查询事件为 10 000 次, 每次随机的选择查询发起节点和查询目标资源;
 - (4) 链路失效事件有 20 000 个, 每次查询事件中随机伴随若干条逻辑链路失效, 整个过程中各链路失效的次数正比于对应的失效概率;
- 所关注的网络性能指标包括:
- (1) 查询时延—逻辑转发跳数;
 - (2) 信息查询成功率;
 - (3) 节点负载—节点收到的查询消息平均数.

4.2 仿真实验结果与分析

仿真结果如图 2~图 4 所示, 可以看出^[8], 在查询成功率方面, ServerChord 要明显优于 Chord-SIP, 和 D-SIP 方案接近, 随着副本数目的增加, 查询成功率会有一定增加.

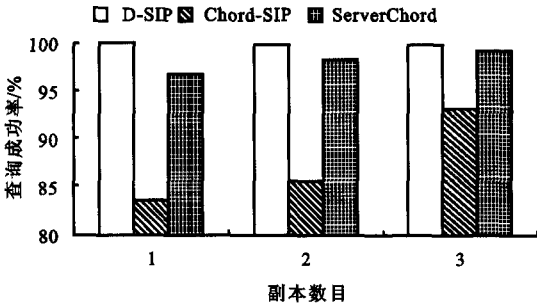


图 2 各方案的查询成功率比较

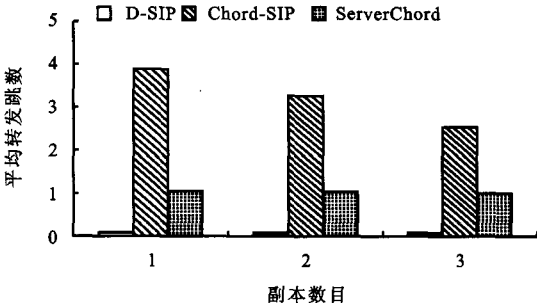


图 3 各方案的平均转发跳数比较

在平均转发跳数方面, D-SIP 所需的跳数接近于 0, 几乎可以立即从本地服务器获得所需的信息, ServerChord 约为 1 跳, 而 Chord-SIP 方式所需跳数最多, 随着副本数目的增加, 查询跳数会明显降低.

在平均节点负载方面, Chord-SIP 和 D-SIP 都

较大,其原因在于 D-SIP 产生了很大的同步开销,Chord-SIP 产生了很大的查询开销,而 ServerChord 方案的节点负载则小很多,因为转发跳数约为 1 跳,所以其负载与副本数目的多少没有明显的关系。

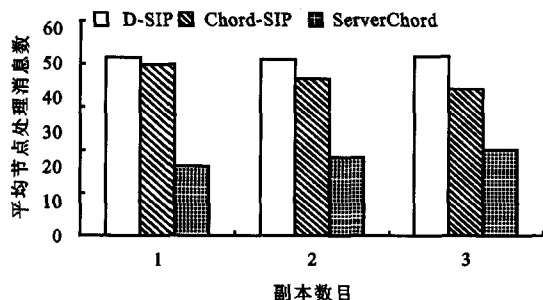


图 4 各方案的平均节点负载比较

5 结束语

文中提出的基于对等计算思想的多服务器协作方案,所需查询跳数更少,同时具有更分散的副本分布,能显著提升网络运行的性能,适用于 WMN 之类的中小规模应急网络,所提出的流量分析模型可为网络服务器的布设提供参考。

参考文献:

- [1] Meshkova Elena, Riihijärvi Janne, Petrova Marina, et al. A survey on resource discovery mechanisms, peer-to-peer and service discovery frameworks[J]. Computer Networks, 2008, 52(11): 2097-2128.
- [2] Simone Leggio, Jukka Manner. Session initiation protocol deployment in Ad-Hoc networks: a decentralized

approach[C]// Proceedings of 2nd International Workshops on Wireless Ad-hoc Networks. USA: Ohio, 2005.

- [3] 陈贵海,李振华. 对等网络:结构、应用与设计[M]. 北京:清华大学出版社,2007:273-298.
- [4] Karrels Daniel R, Peterson Gilbert L, Mullins Barry E. Structured P2P technologies for distributed command and control[J]. Peer-to-Peer Networking and Applications, 2009, 2(4): 311-333.
- [5] Bassam A A, Chen W, Zhou B B, et al. Effects of replica placement algorithms on performance of structured overlay networks[C]// Proceedings of 21st IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium. Long Beach, USA, 2007:460-467.
- [6] 霍英,陈志刚. 结合地理位置与语义聚类的 P2P 叠加网构建[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(8): 77-81.
- [7] Di Wu, Ye Tian, KamWing Ng. An analytical study on optimizing the lookup performance of distributed hash table systems under churn[J]. Concurrency Computation Practice and Experience, 2007, 19(4): 543-569.
- [8] 谢桂芳,段盛,曹菊英. 多接口多信道无线网状的信道动态切换研究[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(1): 131-133.

作者简介:

李文翔 男,(1979-),博士,讲师.研究方向为泛在通信。
况海龙 男,(1987-),硕士研究生.研究方向为无线网络。
吴静 女,(1981-),博士,讲师.研究方向为无线网络。
李倩 女,(1987-),硕士研究生.研究方向为信号处理。

(上接第 5 页)

- [4] Valla M. A 72-mW CMOS 802.11a direct conversion front-end with 3.5-dB NF and 200-kHz 1/f noise corner[J]. IEEE J. Solid State Circuits, 2005, 40(4): 970-977.
- [5] Jinsung Park, Chang Ho Lee, Byung Sung Kim, et al. Design and analysis of low flicker-noise CMOS mixers for direct-conversion receivers[J]. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, 2006 (54): 4372-4380.
- [6] Sjoland H, Karimi-Sanjaani A, Abidi A A. A merged CMOS LNA and mixer for a WCDMA receiver[J]. IEEE J. Solid-State Circuits, 2003(38):1045-1050.
- [7] 郭本青,文光俊. 电流换向型 CMOS 混频器的周期时变噪声[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(11):18-23.
- [8] Darabi H, Abidi A A. Noise in RF-CMOS mixers: a simple physical model[J]. IEEE J. Solid-State Cir-

cuits, 2000(35):15-25.

- [9] Razavi B. Design of analog CMOS integrated circuits [M]. New York:McGraw-Hill, 2001.
- [10] Brandolini M. A 750 mV fully integrated direct conversion receiver front-end for GSM in 90-nm CMOS[J]. IEEE J. Solid State Circuits, 2007, 42(6):1310-1317.
- [11] Jarvinen J A M, KauKovuori J, Ryyanen J, et al. 2.4 GHz receiver for sensor applications[J]. IEEE J. Solid-State Circuits, 2005(40):1426-1433.

作者简介:

郭本青 男,(1977-),博士研究生.研究方向为射频模拟集成电路技术。
文光俊 男,(1964-),教授,博士生导师.研究方向为无线通信射频集成电路与系统、模数混合集成电路、计算电磁学等。