

一种基于 Chord 算法的 MANET 的优化策略

罗 樵, 陈 靖, 郭一辰, 黄聪慧

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘 要: 论述了基于 P2P 计算模式的网络模型和无线移动自组织网络技术, 研究了 P2P 和 MANET 两种网络存在的差异, 分析了 Chord 算法的原理以及它的优缺点。在此基础上, 提出了基于 MANET 架构的改进 Chord 算法, 通过在 MANET 物理拓扑上构建 P2P 网络覆盖层实现基于 DHT 的路由算法, 采用消除重复路由和利用邻居节点的方法有效缓解了结构化 P2P 算法中存在的绕路问题。实验证明新算法有效提高了无线移动自组织网络路由性能, 为开发高效、可用的移动自组织网络路由协议奠定了基础。

关键词: Chord; 对等网络; 无线移动自组织网络; 路由算法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)11-0042-04

A MANET Optimization Strategy Based on Chord Algorithm

LUO Qiao, CHEN Jing, GUO Yi-chen, HUANG Cong-hui

(Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: It discusses the network model based on P2P and MANET technology, studies the differences between P2P network and MANET, analyses the principle of Chord algorithm and its strengths and weaknesses. On this basis, present a improved Chord algorithm based on MANET, the new algorithm builds a structured P2P network overlay on MANET physical network to implement a routing algorithm based on DHT, adopts the methods of eliminating redundant routing and using neighbour nodes to relieve the detour problem of structured P2P algorithm. The experiment proves that this new algorithm can available increase the MANET routing efficiency, establishing the foundation of developing efficient and available MANET routing protocols.

Key words: Chord; P2P; MANET; routing algorithm

0 引言

目前, 基于 P2P 技术的 Napster^[1], Freenet^[2] 和 Gnutella^[3] 等网络模型已经在 Internet 上成功应用。其中 Napster 是提供 MP3 文件下载的软件。它同时能够让自的机器也成为一台服务器, 为其它用户提供下载, 采用集中式的结构, 由中央服务器管理 MP3 文件的目录, 整个系统对中央服务器的依赖很大, 导致系统可扩展性较差, 存在单点崩溃的问题。Freenet 是一款纯 P2P 软件, 没有中央服务器, 而且是高度匿名的。Gnutella 是一款网络交换文件软件, 提供另外一种更简单的交换文件方式给大家选择。它们都是非集中式的系统架构, 虽然避免了单点崩溃的问题, 但是由于路由查找的泛洪开销使得系统的性能受到很大影响。鉴于以上的这些网络模型的问题, 结构化 P2P 路由模型被研究者提出, 它们包括 chord^[4], CAN^[5], Pastry^[6] 等, 都是采用基于分布式哈希表的路由算法, 它们将网络中的节点和资源按照 Hash 运算的值进行排列或存放, 在路由查询时按照算法设定的规则进行, 这样的方式充分利用了分布式运算的优势, 缩短了路由查询的跳数和时间。但由于没有考虑实际物理拓扑, 在 P2P 覆盖层上查询时往往存在绕路的问题, 阻碍了路由效率的进一步提高。文中选取 chord 算法为研究对象, 讨论其在无线移动自组织网络中的改进方法。

由查找的泛洪开销使得系统的性能受到很大影响。鉴于以上的这些网络模型的问题, 结构化 P2P 路由模型被研究者提出, 它们包括 chord^[4], CAN^[5], Pastry^[6] 等, 都是采用基于分布式哈希表的路由算法, 它们将网络中的节点和资源按照 Hash 运算的值进行排列或存放, 在路由查询时按照算法设定的规则进行, 这样的方式充分利用了分布式运算的优势, 缩短了路由查询的跳数和时间。但由于没有考虑实际物理拓扑, 在 P2P 覆盖层上查询时往往存在绕路的问题, 阻碍了路由效率的进一步提高。文中选取 chord 算法为研究对象, 讨论其在无线移动自组织网络中的改进方法。

1 P2P 网络

Peer-to-Peer 网络技术是国际计算机网络技术研究领域的一个热点, 通过利用 Internet 上的各类资源 (包括计算资源、存储空间和文件资源等), 使得人们在网络上的沟通、共享和交互变得更加容易, 真正地消除了中间商。P2P 网络通常用于通过 Ad Hoc 连接来连接节点。这类网络可以用于多种用途, 各种档案分享软件已经得到了广泛的使用。P2P 技术也被使用在

收稿日期: 2011-03-15; 修回日期: 2011-06-21

基金项目: 国家军口 863 创新基金项目 (2009AAJ131); 空军武器装备军内科研发助项目 (KJ09130); 陕西省自然科学基金资助项目 (SJ08-ZT15); 空军工程大学博士启动基金项目 (KDYBSJ08403)

作者简介: 罗 樵 (1978-), 男, 四川成都人, 博士研究生, 研究方向为分布式系统理论与技术; 陈 靖, 教授, 博士生导师, 研究方向为分布式系统理论与技术。

类似 VoIP 等实时媒体业务的数据通信中。

迄今为止,P2P 网络技术取得了很大的发展,先后已经推出了三代 P2P 网络路由模型,分别为集中式路由模型、非结构化路由模型和结构化路由模型^[7]。

(1)集中式 P2P 路由模型。

集中式 P2P 网络在组网时设定一个中心服务器来记录整个网络的各类资源,包括对这些信息资源的管理和查询。P2P 网络中每一个节点需要发布自己的共享资源信息到中心服务器,即在中心服务器上注册资源信息,其它节点根据资源信息列表下载相应的资源。典型的代表软件是波士顿大学生肖恩·范宁于 1999 年推出的 Napster,它通过设置一个中央服务器,为用户提供信息共享和下载服务。

(2)完全分布式非结构化 P2P 路由模型。

完全分布式非结构化 P2P 路由模型采用随机方式组成一个松散的网络,这样的拓扑结构具有较好的容错性和抗毁性。其中典型的代表软件是 Gnutella,它是目前应用最广泛的 P2P 文件共享系统之一,它和集中式 P2P 路由模型最大的区别就是不存在中心服务器,路由查询采用随机泛洪的方式进行。这样的方式使得配置网络较为简单,但是随着网络规模的扩大,大量的泛洪开销导致系统负载增大,降低了网络的性能。

(3)完全分布式结构化 P2P 路由模型。

完全分布式结构化 P2P 路由模型采用基于 DHT^[8](Distributed Hash Table,分布式哈希表)的路由查询算法。这类算法不存在集中式 P2P 路由模型的中心服务器,也不像完全分布式非结构化 P2P 路由模型通过泛洪广播进行路由查询,而是通过分布式散列算法将 P2P 网络中资源唯一映射到相应的节点,再按照一定的规则查询定位资源信息。这样的方式有效地提升了路由查询的效率,但是也存在维护较为复杂的问题。代表软件有 chord, CAN, Kademlia 和 Tapestry 等。

2 MANET 简介

无线移动自组织网(Mobile Ad Hoc Network, MANET,简称自组网)的原型是美国在 1968 年建立的 ALOHA 网络和 1973 年提出的 PR(Packet Radio)网络。无线移动自组织网作为一种分布式网络,整个网络没有固定的基础设施,能够在没有网络基础设施(如基站、AP)的情况下,提供终端之间的相互通信。由于终端的发射功率和无线覆盖范围有限,距离较远的两个终端如果要进行通信必须借助于其它节点进行分组转发,这样节点之间构成了一种无线多跳网络。MANET 网络中的移动节点具有路由和分组转发功能,一方面节点本身可以运行相应的客户应用程序,一方面担当

路由器的功能,可以运行路由协议实现信息的多跳转发。MANET 目前主要应用在以下领域:军事通信、移动会议、移动网络、连接个域网络、紧急服务、灾难恢复和无线传感器网络等。

MANET 主要具有以下特点^[9,10]:

1)多跳网络:由于无线通信距离有限,MANET 网络中距离较远的节点之间通信时,必须依靠其它节点转发中继才能实现多跳通信。

2)动态拓扑:由于 MANET 是一个高移动性的动态网络,节点随时可能移动出先前预设的通信范围,而且还可能因为能量耗尽等问题退出网络,导致网络拓扑结构以不可预测的方式不断改变。

3)对等性:MANET 中节点的通信不像蜂窝网中节点必须通过基站才能进行,节点之间是对等的关系,不存在从属之分。

4)临时性:MANET 中节点聚集在一起无需事先的规划和预设的基础设施就能够临时性地组成一个无线通信网络。

5)分布式控制:因为 MANET 中不存在预设的基础设施(如基站、AP 等),网络节点间采用分布式控制的方式实现通信。

6)自组织性:MANET 可以在任何时间、任何地点构成网络,其构建的过程完全是依据当时条件自动组织,并随着网络环境的变化自适应地调整。

7)链路带宽有限性:MANET 采用无线传输技术进行通信,与有线通信相比,具有相对较低的网络传输带宽,而且节点分布式占用带宽,使得网络实际带宽远小于物理带宽。

8)有限的安全性:由于无线网络是采用射频技术进行网络连接及传输的开放式物理系统,比一般有线网络更容易受到攻击。

9)能量受限:MANET 节点一般采用电池供电,电池使用时间有限制。

3 基于 Chord 算法的 MANET

3.1 Chord 算法的基本思想

Chord 算法中的 Hash 算法采用 SHA-1。Hash 节点 IP 地址: m 位节点 ID(表示为 NID)。Hash 内容关键字: m 位 K (表示为 KID)。节点以 2^m 为模构成环。资源 $\langle K, V \rangle$ 存储在后继节点上。Successor(K):从 K 开始顺时针方向距离 K 最近的节点。Chord 算法的实质是将系统中节点和资源映射到一个很大的空间内,使其能够具备唯一的标识。每个节点都保存网络中的一部分路由表,进行路由时节点间逐跳查找,并能最终以对数收敛到目标节点或资源。有效提高了路由效率^[11]。

3.1.1 Chord 算法的优点

(1) 算法简单易于实现: 把信息资源映射到 Hash 命名空间, 有效地提供了分布式查询能力, 平衡了网络负载。

(2) 可扩展性强: 查询过程的通信开销和节点维护的状态随着系统总节点数增加成对数关系 $O(\log N)$ 数量级。

(3) 网络稳定性强: Chord 算法能够自适应地感知网络拓扑的变化, 使系统具有较强的稳定性。

3.1.2 Chord 算法的缺点

(1) $O(\log N)$ 逻辑跳数, 但是每一逻辑跳可能跨越多个自治域, 甚至是多个国家的网络。

(2) P2P 覆盖层网络与物理网络脱节。

(3) 实际的寻路时延较大。

3.2 MANET 中 Chord 算法的改进

如何有效地在 MANET 路由模型中融合 Chord 算法, 需要结合 MANET 物理层的多跳路由通信特性。研究发现, P2P 和 MANET 两种网络存在的差异如下:

(1) P2P 是基于 Internet 物理架构的, 通过节点 IP 地址进行通信; 而 MANET 是在无线收发机有限信号传播范围内建立无线多跳连接通信的。

(2) P2P 网络通过构建覆盖层实现 Internet 对等节点互联, 其网络规模巨大; 而 MANET 是一个多跳的临时性网络, 主要针对一些特殊的应用, 网络规模较小。

(3) P2P 网络中的节点绝大多数情况下是静止的, 而 MANET 中节点是处在不断移动的动态环境中。

(4) P2P 网络路由模型使用的路由协议工作在应用层, 而 MANET 路由协议工作在网络层。

通过上述研究, 在 MANET 路由模型中融合 Chord 算法需要在 P2P 覆盖层中最终实现多跳的路由、考虑网络规模的影响、考虑节点移动性和路由协议跨层设计等问题。按照这样的设计思路, 将在 MANET 中改进的 Chord 算法命名为 MA-Chord, 它的改进思想包括以下几个方面^[12]:

(1) MA-Chord 采用 Consistent Hashing 算法分别将 MANET 中每个节点的标志 (如 IP 地址) 映射成一个长度为 M 位 (bit) 的二进制序列 NID (Node Identifier), 并将其唯一分配给该节点。由于 MA-Chord 实现的是路由功能, 不需要提供资源检索服务, 所以对 KID (key ID) 的查询就是对路由的查询, 此时设定 $NID = KID$ 。

(2) 路由初始化时, MA-Chord 通过 (1) 中描述的说法在 MANET 物理拓扑上构建 P2P 网络覆盖层, 路由查询按照多跳方式进行, 同时填充 P2P 覆盖层节点间路由, 路由不可达时采用 MANET 网络路由发现的方式获取路由, 同时更新 P2P 网络层节点路由。

(3) 由于 Chord 算法存在 P2P 覆盖层网络与物理网络失配的情况, 将路由查询最终获得的多跳路由进行检查, 去掉重复往返的多跳路径, 改善拓扑失配的问题。

(4) 通过在每一个 MANET 节点中设置邻居节点列表, 即一跳范围内的相邻节点, 在路由查询时, 先查找邻居节点列表, 这样的方式充分利用了 MANET 物理网络特性, 缓解了绕路问题, 有效提高了路由效率。

4 仿真实验

文中采用 NS2 软件作为路由模型模拟平台, 仿真实验设置为: 100 个节点在模拟环境范围内随机分布, 移动节点将基于布朗运动规则进行随机地运动。采用传统的“停顿时间”定义模型的移动特性, 选择了 6 个不同的 PT 值: 1、20、40、80、160 和 320。实验通过将 MA-Chord 算法与 DSR, DSDV 进行比较, 讨论新算法性能方面的改善。

4.1 分组递交率 (Packet Deliver Ratio, PDR)

由图 1 可见, 由于节点移动性的降低, 分组递交率不断上升, MA-Chord 算法始终保持了较高的分组投递交率。这是因为它采用了基于 DHT 的路由算法, 充分利用了分布式计算优势, 能够更快地获得路由, 使分组递交的成功率显著提高。

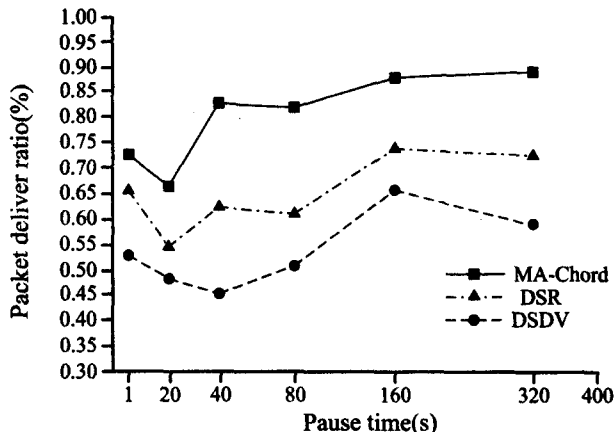


图 1 分组递交率性能比较图

4.2 平均端到端分组时延 (Average End-to-end Delay, AED)

由图 2 可见, MA-Chord 算法平均端到端分组时延始终处在较低水平, 这是因为它通过消除重复路由和利用 MANET 物理网络临近特性, 缓解了结构化 P2P 算法固有的绕路问题, 有效降低了分组传输的平均时延。

5 结束语

文中研究了 P2P 网络模型和 MANET 网络, 在 MANET 中设计了改进的 MA-Chord 算法。实验结果

表明,该算法比其它典型 MANET 算法更具优越性,能有效提高 MANET 网络路由效率。

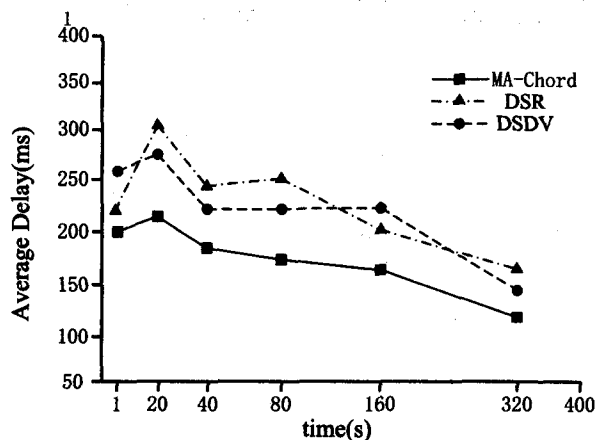


图 2 端到端分组时延性能比较图

参考文献:

- [1] C-NET NEWS. Napster among fastest-growing net technologies[EB/OL]. 2000. <http://news.com.com/2100-1023-246648.html>.
- [2] Clarke I, Sandberg O, Wiley B, et al. Freenet: A distributed anonymous information storage and retrieval system[C]//In: Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability. [s. l.]:[s. n.], 2000.
- [3] The Gnutella Protocol Spec. v 0.6[S/OL]. 2003-06. <http://rfe-gnutella.sourceforge.net>.
- [4] Stoica I, Morris R, Karger D, et al. A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications[R]. USA: MIT, 2001.
- [5] Ratnasamy S, Francis P, Handley M, et al. A Scalable Content-Addressable Network[C]//Proceeding of ACM SIGCOMM. New York: ACM Press, 2001:161-172.
- [6] Druschel P, Rowstron A. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems[C]//IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms. [s. l.]: Kluwer Academic Press, 2001:329-350.
- [7] 李振武, 杨 舰, 白英彩. 对等网络研究及其挑战[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(2): 54-55.
- [8] 赵 森. 基于 DHT 的 Chord 算法研究[J]. 网络安全技术与应用, 2007(11): 44-46.
- [9] 英 春, 史美林. 自组网体系结构研究[J]. 通信学报, 1999, 14(9): 56-63.
- [10] 安辉耀. 移动自组织网中的先进路由算法与路由协议[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] 刘 去, 马义忠. Chord 算法性能及优化策略分析[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(21): 5454-5463.
- [12] 陈 欣. 结构 P2P 网络 Chord 模型研究及其动态分析[J]. 福建电脑, 2006(4): 18-19.

(上接第 41 页)

3 结束语

文中分析了 RFID 系统防碰撞算法中常用的 ALOHA 算法, 在深入分析了 ADFSA 算法的基础上提出了一种改进的分组算法。该算法在标签数量大于 256 时, 阅读器不需要改变帧的长度, 而是通过改变分组数来调节各组中的标签数量, 有效地节约了阅读器处理标签所花费的时间。当标签数量较大时, 该算法能够提高系统的识别效率。

参考文献:

- [1] 芬肯泽勒. 射频识别(RFID)技术[M]. 陈大才, 译. 第 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2006: 160-164.
- [2] 张 颖, 崔 喆. RFID 系统中一种改进的防冲撞算法[J]. 计算机应用, 2008, 28(8): 2141-2143.
- [3] 程文青, 赵梦欣, 徐 晶. 改进的 RFID 动态帧时隙 ALOHA 算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2006, 35(6): 14-16.
- [4] 陈祖爵, 秦 栋, 王洪金. 改进型帧时隙 ALOHA 防碰撞算法研究[J]. 无线通信技术, 2008(3): 50-54.
- [5] 徐圆圆, 曾隽芳, 刘 禹. 基于 Aloha 算法的帧长及分组数改进研究[J]. 计算机应用, 2008, 28(3): 588-590.
- [6] 尹 君, 何怡刚, 李 兵, 等. 基于分组动态帧时隙的 RFID 防碰撞算法[J]. 计算机工程, 2009, 35(20): 267-269.
- [7] Wu Kaixing, Liu Yuankun, Chen Xiangguo. The IDFS algorithm based on multiplying factor and grouping theory for anti-collision in RFID system[C]//2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS). [s. l.]: [s. n.], 2010: 192-195.
- [8] Lee S R, Joo S D, Lee C W. An enhanced dynamic framed slotted ALOHA algorithm for RFID tag identification[C]//Proceedings of the Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2005: 166-174.
- [9] Vogt H. Multiple Object Identification With Passive RFID Tags[C]//2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. [s. l.]: [s. n.], 2002: 6-9.
- [10] Schoute F C. Dynamic Frame Length ALOHA[J]. IEEE Transactions on Communication, 1983, 31: 565-568.
- [11] Cha J Y, Kim J Y. Novel Anti-collision Algorithms for Fast Object Identification in RFID System[C]//IEEE Proceedings of the 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems. Fukuoka: IEEE CS Press, 2005: 604-609.
- [12] Geng Shuqin, Gao Daming, Zhu Chao, et al. An Improved Dynamic Framed Slotted Aloha Algorithm for RFID Anti-collision[C]//9th International Conference on Signal Processing. [s. l.]: [s. n.], 2008: 2934-2937.