

一种基于分区的移动 P2P 网络路由算法

赵振东, 刘方爱

(山东师范大学 信息科学学院, 山东 济南 250014)

摘 要: 校园内无线网络的普遍使用与移动设备性能的快速发展, 使移动 P2P 技术得到了更多的关注。但当前对移动对等网络的研究还缺乏统一而明确的定义, 还存在很多未能很好地解决的问题。文中的研究目的是如何有效组织移动节点, 进行资源交换。针对校园无线网络环境, 提出了一种基于分区模型的移动 P2P 网络结构。对节点历史行为统计, 计算节点性能值。并利用分区网络模型和机会路由的思想提出了一种改进路由算法, 实现区域内和区域间路由转发, 降低了路由开销, 提高了网络性能。

关键词: 移动对等网络; 分区网络结构; 路由算法

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)09-0047-04

A Partition-Based Routing Algorithm for Mobile P2P Network

ZHAO Zhen-dong, LIU Fang-ai

(Department of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: With the widespread use of campus wireless network and the rapid development of mobile equipment performance, people pay more attention on the mobile P2P technology. But the current research on the mobile P2P network is short of an accurate definition and a great number of questions are still needed to be studied deeply. Purpose of this paper is how to effectively organize mobile node for the resource exchange. Aiming at the WLAN environment in the school, present a mobile P2P model based on partition model. Use historical performance statistics of the node to calculate the value of the node performance. And also using the partition model and the idea of opportunistic routing protocol propose an improved routing algorithm, achieve intra-regional and inter-regional routes forward, reduce the routing overhead and improve network performance.

Key words: mobile peer-to-peer (P2P); partition-based network structure; routing algorithm

0 引言

随着 P2P 技术与移动设备的发展与应用, 移动 P2P 技术成为近年来的一个新兴研究热点。文献[1]对移动对等网络给出以下定义: 移动对等网络又称移动 P2P 网络(mobile peer-to-peer network), 为叠加在移动网络环境中网络层之上的会话层覆盖网络, 能够利用多种带宽和服务质量的底层接入技术, 其主要目的是以直接交换的方式来实现可移动终端设备之间数据资源的共享与服务的协同。

作为 P2P 技术在移动环境中的应用, 所以它也具有 P2P 体系的特点^[2]。比如, 两者都是没有明显的中央服务器, 不同于传统的 C/S 模式; 可扩展性高的体系结构; 资源共享性能好, 较低的负载等。但是移动 P2P 网络与一般 P2P 网络比较, 也是有明显的区别。

首先是节点的高移动性。移动 P2P 网络中, 移动设备是构成网络的载体; 其次是网络拓扑结构的动态变化性, 由于节点的高移动性网络拓扑结构也是随时动态变化的; 节点自身的限制(如电量、计算能力、存储空间等)和网络标识不一致性。移动设备的自身能量有限性是影响移动 P2P 技术的关键。这些特点使传统的 P2P 技术需要做相应的改变才能更好地适应于移动环境。

1 移动 P2P 网络关键技术及相关研究

移动 P2P 网络自身的特点与移动 Ad Hoc 有很多相似之处, 所以目前的研究是以 Ad Hoc 网络为背景的。但是两者在本质上还是有很大的区别的, 移动 P2P 网络侧重于在会话层提供面向应用的覆盖层组网策略, 主要关注的是 OSI 七层参考模型中的会话层、表示层和应用层, 而并不关心底层物理网络连接细节; 移动 Ad Hoc 网络侧重于在网络层上提供移动设备之间的直接互联、互通, 主要关注 OSI 模型的物理层、链路层和网络层。

收稿日期: 2011-01-26; 修回日期: 2011-05-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90612003)

作者简介: 赵振东(1986-), 男, 硕士, 研究方向为移动 P2P 技术; 刘方爱, 博士生导师, 教授, 研究方向为分布式计算、网格计算。

1.1 网络拓扑

网络体系结构是移动 P2P 网络的基础,不仅需要考虑到异构网络的互通与融合,而且要独立于多样化的具体应用,同时要保证网络的可扩展性。目前对于移动 P2P 网络拓扑结构的研究主要仍是集中于传统 P2P 网络结构模型的扩展应用。文献[3]中提出了集中式、半分布式和全分布式结构。文献[1]中按照移动终端设备的接入方式,从蜂窝网络和无线网络两种方式介绍了典型的网络拓扑结构和中间件结构。

有基础设施的蜂窝移动网络和宽带无线接入网络可利用现有基站或 AP (access point 接入点) 等网络资源,宜选用集中式控制的网络结构;无基础设施的移动 Ad Hoc 网络所具有的高度分散且自治的特点,使其适合完全分布式的纯 P2P 网络结构。从中可以看出,一种具有超级节点的半分布式结构更适应移动网络的环境^[4]。目前研究主要还是基于 Ad Hoc 网络环境和移动蜂窝网络为背景,所以文中以校园无线网络为背景,提出基于 AP 地理位置的分区网络模型。

1.2 路由算法

路由算法是资源请求应答和文件成功发送的关键,所以能适应移动网络特点的高效路由算法是研究的又一个关键内容。目前针对移动 P2P 网络路由算法的研究基本是建立在原有 P2P 网络上,或者是扩展 Ad Hoc 网络中的路由算法。但这些方法往往要求源节点与目的节点之间有完整的路径,这对动态性很高的移动网络并不能很好适用。所以文中利用文献[5, 6]中的一种机会路由的思路,利用节点自身的移动性带来的相遇机会实现节点间的通信。

2 基于 AP 地理位置的分区

文中讨论移动设备在 WLAN 环境中(如校园内的无线网络)节点利用 AP 接入网络,而 AP 位置具有固定不变性并且在地理位置上有区域相近性,即一个覆盖范围内可能有多个 AP。此特点提供了一个良好的基础,可以对节点在区域内的行为做出相关描述。首先假设校园内的 AP 分布是比较均匀的,并且主要建筑物内都存在多个 AP。依据校园环境建筑设施的地理位置划分区域(如教学楼、图书馆等),每个分区赋予唯一区域标识符 D_i , 区域内的所有 AP 也有唯一标识符 A_i 。同时节点的 ID 由两部分组成,一部分是自己的标识符,另一部分是 $A_i + D_i$, 这样接入区域的移动设备的 ID 就包含了实际的地理位置信息。分区后对每个区域内设置一个超级节点,超级节点都是处理较强、位置固定不变的 PC 机,负责本区域内的节点信息的收集、响应资源的查找检索请求,同时超级节点还要维护节点间的出现概率以及计算它们的相遇概率为

报文的转发做指导。超级节点直接与无线接入点和 Internet 相连接,形成普通的 P2P 网络(见图 1)。

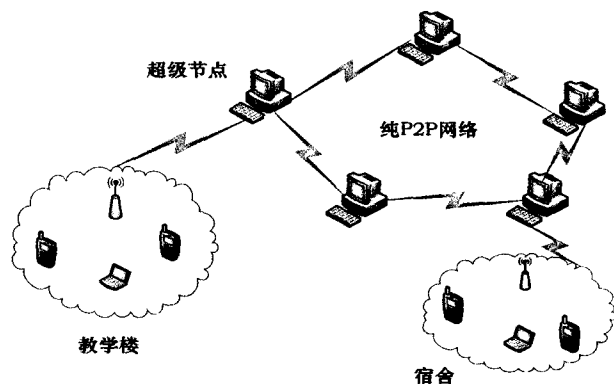


图 1 分区网络基本结构

3 节点路由转发机制

在移动 P2P 网络中,由于节点的移动性导致很难精确地定位节点位置,对资源发现和数据分发、路由维护等都带来了困难。虽然节点出现的位置是不均匀的,但是根据文中第一部分的分区理论和文献[7]中的分层思想,可以记录节点出现的概率和统计在线时间,并以此计算两节点的相遇概率或节点到达目的区域的概率。

3.1 节点的加入和离开维护

节点的加入:当一个移动设备想通过无线接入网络时,首先要选择它所处的通信范围内的 AP,选择一个区域,然后通过 AP 连接到该分区的本地超级节点。超级节点会给本地区域内的移动设备分配唯一的标识符,并为其创立相关的表项,通过广播消息通知其他超级节点该节点所处的位置信息。

节点的离开:随着节点的移动,节点很可能从一个分区移动到另一个分区,节点的位置发生了变化。普通节点会选择新的超级节点加入其区域,新分区的超级节点会根据节点新的登入而修改自己的表项,同时广播通知其他超级节点,其它超级节点对移动设备的表项做相应的更新^[8,9]。

节点的维护:超级节点通过各个 AP 定期向本地区域内的普通节点发送 hello 包,同时普通节点也发送应答包^[10]。若经过一段时间超级节点没有接收到节点的应答包或者收到其它超级节点发来的节点加入信息,则说明该节点已经失效或者离开,那么超级节点对失效节点删除其表项,对离开的节点表项进行更新维护。

3.2 节点行为统计

与普通 Ad Hoc 网络不同,移动 P2P 网络中的移动设备更主要的是人类所持的设备,这样节点的移动就带有主观性并不是单纯的随即移动。对节点的行为统

计的思想就是利用校园区域里节点行为所具有的特点:(1)节点的移动具有偏好型性;(2)行为具有明显时变性;(3)区域可达性。节点行为的统计量包括节点在各个分区的出现概率和在线时间时长。每个节点要维护 i 个计数器 C_i 与 D_i (即该校园内共有 i 个分区 D) 相对应,当一个节点成功加入一个区域 D 时该计数器会自动加 1。其中 $C_i(j)$ 表示节点 i 出现在区域 j 的次数, n 表示一共有 n 个分区。

$$P_i = C_i(j) / \sum_{j=1}^n C_i \quad (1)$$

$$P(T_i) = T_i(j) / T_c \quad (2)$$

其中 T_c 是节点总计在线时间, $T_i(j)$ 表示在分区 j 内的在线时间时长。经过一段时间学习节点可以得到数据表 1。

表 1 行为统计表

NodeID	D_1	D_2	D_3
P			
P(T)			

这样就获得一个节点的各区域出现概率和时间统计量,通过各个节点的行为统计表,便可直观地获得节点行为的一种描述。

3.3 节点的性能估计

对于网络中的移动节点性能的直接影响因素是其自身的能量限制、处理能力等。希望选取性能更好的节点来完成信息发送任务,保证信息的可靠发送的成功率。因此,引入节点性能值的概念。每个节点经过学习获得自己的行为统计表,并且每隔一个时间周期就向超级节点发送自己的数据表,以保证对动态变化的反应。在一段时间内,假设节点状态相对稳定,超级节点接收到各个数据表后要对自己区域内的节点进行性能估计^[11]。

节点的性能值是反应一个节点向目标区域发送信息的能力,为衡量一个节点性能文中定义了 3 个变量 Capacity, Time Age 和 Position Probability (D_i)。影响节点 Capacity 的因素有节点电量 (Energy)、CPU 处理速度 (CPU Speed)、存储空间 (Storage) 等,这 3 个变量的计算公式如下:

$$\text{Capacity}[i] = [(a \times \text{CPU Speed}) + (b \times \text{Energy}) + (c \times \text{Storage})] \times \varepsilon$$

其中 ε 是个小量保证 $\text{Capacity} \in [0, 1]$; $a + b + c = 1$

$$\text{Time Age}[i] = (1 / \text{PeerSpeed}[i]) \times P(T_i)$$

$$\text{PositionProbability}(D_i) = P_i$$

综合以上因素求得节点的性能估计值:

$$\text{PeerScore}[i] = (\alpha \times \text{Capacity}[i]) + (\beta \times \text{TimeAge}[i]) + (\gamma \times \text{PositionProbability}(D_i)) \quad (3)$$

其中 $\alpha + \beta + \gamma = 1$

超级节点对普通节点的性能统计是为选取漫游节点做依据。超级节点维护本分区内的节点性能表同时存储其它分区超级节点发来的节点性能表的索引。若节点发生变化后,则节点新加入分区的超级节点广播节点信息到其他超级节点。

3.4 路由转发

节点之间的通信可分为两种情况,一种是在分区内的通信;另一种是跨区域的通信。当一个节点发起请求后,请求信息首先发向该节点所在区域的超级节点,超级节点先检索目标节点是否存在于本区域内,如果目标节点在本区域内则超级节点向区域内广播这个请求,目标节点会在接收到请求后产生应答报文,同时准备传送文件^[12]。

当目标节点不在本区域内时,超级节点广播请求根据其他超级节点应答获得目标节点所处区域信息。然后本地超级节点根据式(3)选择出现在目标区域节点性能最高的 m 个节点作为漫游节点。漫游节点携带信息开始随机漫游。途中遇到其它节点,根据文献[4]中提出的方式,两个节点互相交换各自到达目标区域成功交换信息的概率。

假设节点 A 为漫游节点,节点 B 是其他节点,节点 C 是目标节点,当前目标节点处于区域 D_j ,利用式(1)节点 A 成功将信息发给 C 的概率 $P_s(A)$ 为

$$P_s(A) = P[C(j)]P[A(j) | C(j)] + P[\overline{C(j)}]P[A(j) | \overline{C(j)}] \quad (4)$$

$$P(A | C) = P(AC) / P(C) \quad (5)$$

3.5 算法流程

(1)先检查本地超级节点,若目标节点在本区域内转到(6)。

(2)若目标节点不存在本区域内,本地超级节点根据式(3)选择一组漫游节点。

(3)漫游节点开始随机漫游,在路径上若与其它节点相遇,若是目标节点,则转到(6)。

(4)若是其它节点则相互交换信息,如果为不同漫游节点,则按式(4)计算概率,将信息发至成功概率更高的节点同时删除漫游节点内的信息;否则不交换信息。

(5)漫游节点到达目标区域后,若目标节点不在此区域了,则转到(3)根据节点新在区域重新选择;否则转到(6)。

(6)与目标节点交互应答报文,准备发送数据。

4 仿真分析

4.1 仿真环境

仿真环境是模拟软件 NS2。节点数量设置为 0 ~

40 个,随机分布在 2000m×2000m 的矩形范围内(将此矩形区域划分 3 个分区),节点使用 IEEE 802111 无线网络接入,无线通信范围 250m,节点移动速度设置 0~10m/s,通信信道为 2Mb/s。模拟实验反复运行 30 次,每次运行 1200s,所有仿真实验结果取平均值。

4.2 性能参数

模拟实验分析了传统的随机路由协议 MV 路由协议和基于节点行为统计的改进 MV 路由协议。文中主要针对 2 个性能度量标准进行了分析;实验的性能度量标准分别为节点发送率与节点数量的比较和节点数量与平均路由跳数的比较。节点发送率为节点自身携带的数据和接收到的数据成功并将其发送出的概率。平均路由跳数是信息发送到目的节点所需要经过的中间节点数。

4.3 结果分析

图 2 反映了节点数量与发送率的变化关系。可以看出在同样节点数量的情况下,改进后的路由协议要比普通 MV 协议有较高的改善。这是因为利用节点的行为统计后路由转发要根据超级节点的筛选,选择性能值和统计值最高的一组节点,提高了文件发送成功率。但随着节点数的增加,移动节点间报文的交换随之增加,频繁交换使两种路由的发送率都有所下降。

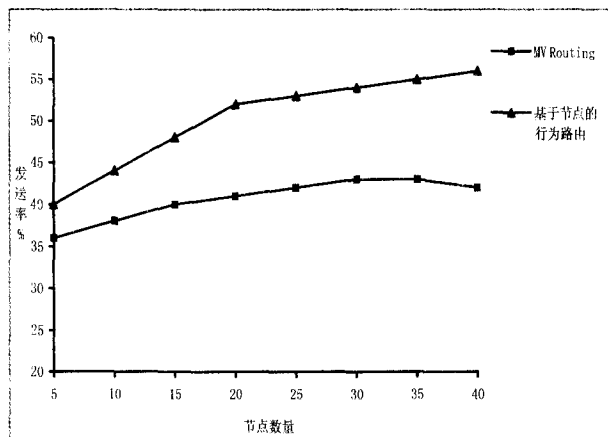


图 2 节点发送率

通过图 3 可以看出,改进后的路由算法要比改进前的路由算法平均路由数有所减少。这是因为普通 MV 路由在每次节点相遇时都要进行比较和置换。改进后的路由算法选择最优节点携带信息,减少报文交换次数,从而减少了路由跳数。但是,随着节点数量的增加两种路由的平均路由跳数都有所增加,整体上改进的路由要比 MV 路由所需要的路由跳数有所减少。

5 结束语

文中是基于校园无线网络环境,实现移动设备间的 P2P 网络连接从而实现资源的交互共享。文中首先利用校园环境自身特点构建了混合 P2P 结构和校

园分区模型。利用该模型对网络内的移动设备进行节点行为统计和能量性能值的计算,给出了计算相遇概率的公式。最后,利用机会路由的思想,给出了对 MV 路由转发算法的改进算法,通过实验验证改进后的算法性能有所提高,减少了无用消息的发送和路由开销。

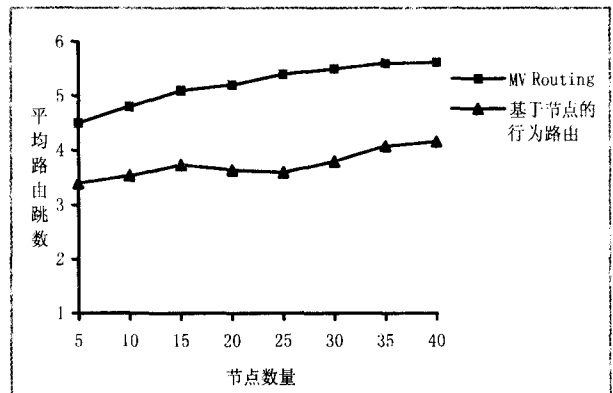


图 3 平均路由跳数

参考文献:

- [1] 欧中洪,宋美娜,战晓苏,等. 移动对等网络关键技术研究综述[J]. 软件学报,2008,19(2):404-418.
- [2] 李伟,徐正全,杨铸. 应用于移动互联网的 P2P 关键技术[J]. 软件学报,2009,20(8):2199-2213.
- [3] Steimetz R, Werle K. P2P 系统及其应用[M]. 王玲芳,陈焱,译. 北京:机械工业出版社,2008.
- [4] 牛新征,余堃,路纲,等. 移动 P2P 计算研究进展[J]. 计算机应用研究,2007,24(5):269-272.
- [5] 相有恒,熊焰,苗付友. 移动 P2P 网络中超级节点的选择[J]. 计算机工程,2010,36(10):103-107.
- [6] 熊永平,孙利民,牛建伟,等. 机会网络[J]. 软件学报,2009,20(1):124-137.
- [7] 任智,黄勇,陈前斌. 机会网络路由协议[J]. 计算机应用,2010,30(3):723-728.
- [8] 邢长明,刘方爱. 基于 P2P 的网格资源发现机制研究[J]. 计算机技术与发展,2006,16(8):21-23.
- [9] 李春秀,刘方爱. 一种有效的非结构化 P2P 网络资源搜索策略[J]. 计算机技术与发展,2010,20(11):117-121.
- [10] Burns B, Levine B N. MV Routing and Capacity Building in Disruption Tolerant Networks[C]//Proceedings of the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Miami: Miami IEEE Press, 2005:398-408.
- [11] Klemm A, Lindemann C, Waldhorst O P. A special-purpose peer-to-peer files sharing system for mobile ad hoc networks[C]//In: Proc. of the IEEE 58th Vehicular Technology Conf. [s.l.]:[s.n.], 2003:2758-2763.
- [12] Lin Jenn-Wei, Yang Mingfeng, Tsai Jichiang. Fault Tolerance for Super-peers of P2P Systems[C]//Proc. of the 13th Rim International Symposium on Dependable Computing. [s.l.]: IEEE Press, 2007: 107-114.