

文章编号: 1000-5862(2015)06-0647-05

# 移动自组织网络中基于朋友网络的概率资源查找机制

张国林

(宜春学院数学与计算机科学学院,江西 宜春 336000)

**摘要:** 移动自组织网络具有高移动性和动态性,在这拓扑结构不稳定的网络中查找资源是急需解决的一个挑战问题. 该文提出一种分布式概率资源查找机制: 根据社会网络的相关理论,利用朋友关系和兴趣相似程度作为查询消息的路由启发信息,显著提高了资源查找效率. 仿真实验表明: 该算法在基于社团的移动模型下具有良好的性能.

**关键词:** 移动自组织网络; 资源查找; 社会网络

**中图分类号:** TP 393 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2015.06.19

## 0 引言

移动自组织网络(mobile ad hoc network, MANET)是一类特殊的无线网络,其中没有中央控制设备,网络中的节点均具有路由功能,可以转发数据,并作为对等节点通过无线通信方式连接在一起. 非相邻的两两节点间的通信必须通过网络中的其他节点才能实现.

在 MANET 环境中,一个关键的开放问题是如何有效获得存储着数据资源设备的有效位置. 随着价格的下降和计算能力存储能力的提高,数据可以被保存在一些掌上计算设备上,并通过 ad hoc 无线网络相连. 无线移动的网络环境以及手持的计算设备使得任何时间任何地点的工作成为可能,而获取任何资源是较多应用得以实现的软件基础. 在 MANET 环境中,资源定位技术扮演着十分重要的角色. 在传统网络环境中,资源查找服务常以集中式目录服务为基础,然而在分布式移动环境中,移动节点的存储能力有限,不可能有这种方式集中存储数据,而且这种方式会面临单点失效、可靠性差、适应性差等问题.

MANET 网络中的资源查找方法主要有基于泛洪的消息广播机制、基于 Random Walk 的随机选择的消息广播机制、以及利用缓存机制的发现机制. 文献[1]提出一个基于流行病算法的 P2P 查找服务,

即被动分布式索引. 查询和响应消息利用本地广播的方式传递,查询结果也被缓存在参与消息传递的节点中,以便为日后的查询使用. 节点的移动使得索引项以一种隐晦的方式传播,因此大部分的查询可以在局部区域得到结果. 文献[2]提出一个 P2P 服务广告缓存和基于组的服务发现协议. 服务广告被用于传播服务信息,这可以帮助服务请求消息有选择的决定路由. 文献[3]提出一个称为 PeopleNet 的架构,并将其应用于无线虚拟社会网络中的信息查询. 查询时首先直接将查询信息随机发送给  $k$  个邻居节点,接着以 P2P 方法传播. 其主要想法是当相关的匹配查询很接近于已定义的相关区域时,可以获得更好的匹配概率.

在现实生活中,人的移动往往和各种社会关系有关(如家庭、工作场所)<sup>[4]</sup>. 个人通常和多个熟人有不同的社会关系(如家庭成员、朋友或同事). 为了寻找一些信息,经常通过询问熟人得到. 在最坏的情况下,也可以通过熟人帮助获得所需要的信息. 同时,根据不同的兴趣爱好,朋友之间存在不同的兴趣圈,在和询问的问题相近的兴趣圈中,更容易获得问题的答案. 例如,如果想查询一项体育赛事的时间,最好询问身边熟人中喜爱体育运动的朋友. 这些社会属性已经被应用多媒体内容的部署与组织策略<sup>[5]</sup>以及容迟网络中的内容分发机制中<sup>[6]</sup>,并获得了良好的效果. 本文受这些工作的启发,提出一种基于朋友网络的查询消息概率路由机制.

收稿日期: 2015-09-12

基金项目: 国家自然科学基金(61265001)资助项目.

作者简介: 张国林(1969-),男,江西丰城人,讲师,主要从事计算机网络、计算机应用及最优决策的研究.

# 1 系统模型和问题描述

## 1.1 系统模型

图 1 描述了 MANET 网络环境下的系统模型架构. 资源存储在通过无线网络连接的移动设备上 (如 PDA、智能手机、笔记本电脑等), 一个基于朋友关系的网络建立在这个移动网络上, 形成一个覆盖网络. 每个移动设备中都维护了一张联系表. 联系表表项由联系人、兴趣集和会面频率等构成. 联系人是该设备持有者的熟人或朋友, 兴趣集是该联系人的兴趣爱好, 会面频率代表设备持有者和该联系人会面的频繁程度. 如图 1 所示, 移动设备  $d_i (i=1, 2, 3, 4)$  在朋友覆盖网络中分别为节点  $v_i (i=1, 2, 3, 4)$ , 它们根据朋友关系建立逻辑连接. 每个移动设备的数据传播范围 (一跳的距离) 是有限的, 如设备  $d_1$  的传播半径为  $r_1$ .

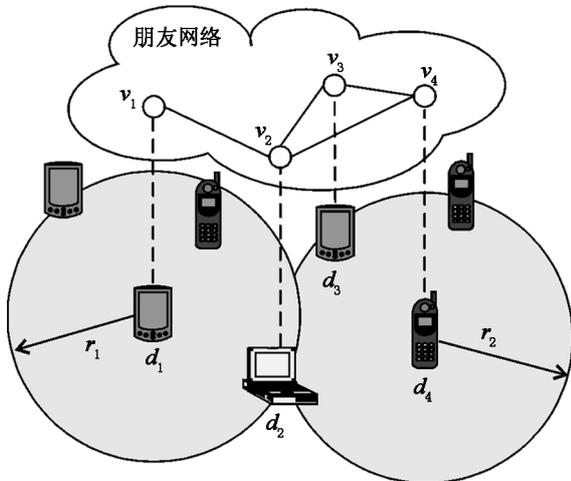


图 1 系统模型

## 1.2 问题描述

一个移动环境下的资源共享网络被定义为一个 5 元组  $G(V, E, R, F, t)$ .  $V$  为节点的集合, 代表当前时刻  $t$  时所有网络客户, 即  $V = \{v_i(t) \mid i=1, 2, \dots, n\}$ .  $E$  为边的集合, 代表当前时刻  $t$  时的所有的网络连接, 即  $E = \{e_{ij}^{(t)}(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V\}$ .  $R = \{r_i \mid i=1, 2, \dots, m\}$  为资源集合, 代表所有共享资源. 在图  $G$  中  $F$  是一个资源函数  $F: V \rightarrow P(R)$  表示每个节点  $v \in V$  上都映射到  $R$  的一个子集, 其中  $P(R)$  是  $R$  的幂集. 网络动态性意味着  $V$  和  $E$  和时间  $t$  有关. 在不同的时刻  $t$ , 节点可能会被关闭或超出传输范围. 在节点的传输范围里, 每个节点拥有一个当前物理邻居列表. 本文提出在每个节点中维护一个朋友列表, 称为联系表. 联系表中的节点和该节点曾经交互过

信息, 而且具有相近的兴趣爱好, 它们也有更多可能性在将来可能会相遇. 联系表的表项由  $(v_i, I, f)$  构成.  $I$  为  $v_i$  的兴趣集合,  $f$  为与  $v_i$  会面的频率.  $f$  的值初始设为 0 并且每遇一次加 1.

需要解决的问题是: 如果存在  $G$  和  $R \subseteq R$ , 如何求解满足条件的  $V' = \{v \mid R' \in F(v) \cup v \in V\}$ . 在现实的移动网络中, 没人知道全局的资源分布情况, 而且没有任何资源的索引信息. 因此, 查找算法必须以发起查询请求的节点为源点, 按照某个策略, 在邻居中选择某个或某几个邻居作为下一个查找节点, 直到在限定的时间内找到所需要的资源集合. 如果每次都在所有的邻居节点中查找当然可以获得最快的响应时间, 但是同时也会产生大量的查询消息, 所以应当在查询效率和代价之间达到平衡. 评价一个查找算法性能优劣的依据是在一个确定的响应时间内得到极大的查询结果, 同时尽可能减少查询信息, 降低网络通信负载.

## 2 算法设计

在这种建立了朋友关系的覆盖网络上进行资源的查找, 可以有效提高查找效率, 因为查询者的朋友和他有相近的兴趣爱好, 从而更有可能拥有他所需要的资源. 即使直接的朋友没有所需要的资源, 也可以通过朋友网络在朋友的朋友那里获得所需要的资源. 例如, 当需要查找一个体育图片资源时, 系统会在这个朋友网络上查询对体育感兴趣的节点, 因为这些节点更有可能拥有和体育相关的资源.

查找算法的描述如下: 对每个查找请求, 将产生  $n$  个查询消息. 根据路由规则, 在联系表中选择一个邻居节点, 并将查询消息转发给它. 查询信息都有生命周期, 当其生命值为 0 时, 会被节点丢弃, 不再转发. 查找算法的目标是在某些约束下尽可能多的发现目标资源.

接下来详细介绍查询算法的 3 个主要内容, 即朋友网络的建立, 消息路由规则, 以及查询消息的生命周期控制.

### 2.1 朋友网络的建立

朋友网络是移动网络上的一层覆盖网络, 网络结构的维系完全依靠每个移动节点的联系表. 因此, 联系表的创建和维护是建立和维护朋友网络的关键.

联系表的表项由联系人、兴趣集和会面频率构成. 初始创建联系表时, 将所有邻居及其兴趣集加入

到联系表中, 并将会面频率设置为 1. 若再次会面, 就累加会面的次数. 这里假设每个节点的兴趣集由节点自己维护, 并可以被邻居节点读取.

## 2.2 消息路由规则

查询消息必须被每个节点传递给当前的某个邻居节点, 邻居节点的选择依据是最有可能拥有目标资源的那个节点. 根据前文的分析, 应该选择和当前节点兴趣相投的节点. 另外, 会面频率表示 2 个节点的熟悉程度, 这往往决定了它们是否拥有近似的兴趣或社会背景. 由于节点的邻居经常改变, 所以联系表中的节点并不一定是当前的邻居节点. 因此, 本文算法的路由规则是在联系表中优先选择兴趣相似度高、会面频率大的当前邻居节点作为消息转发节点. 然而, 每次都选择兴趣相似度和会面频率最大值的节点会使算法陷入局部最优, 因此本文引入轮盘赌技术解决这个问题. 轮盘赌技术是遗传算法中的概率选择机制<sup>[7]</sup>, 它将某个选择的评价依据称为适应度 (fitness), 计算每个适应度和所有选项的适应度总和的比率, 并依次排列在一个 0 到 1 的区域中. 在每一次的选择操作中, 随机产生一个 0 到 1 之间的数, 这个数落在哪个适应度所对应的区域, 相应的选项就被选中. 因此, 适应度大的选项有较大的被选概率.

根据轮盘赌选择算法, 查询消息  $k$  在节点  $i$  处选择节点  $j$  的概率被定义如下:

$$ph_k(i, j) = \begin{cases} \frac{Sim(i, j)^{1-\lambda} f(i, j)^\lambda}{\sum_{u \in J(i) - Tabu(k)} Sim(i, u)^{1-\lambda} f(i, u)^\lambda}, & j \in J(i) - Tabu(k), \\ 0, & j \notin J(i) - Tabu(k), \end{cases} \quad (1)$$

其中  $J(i)$  为联系表中的当前邻居的集合,  $Tabu(k)$  为查询消息  $k$  已经访问过的节点集合,  $Sim(i, j)$  为  $i$  和  $j$  之间的兴趣相似度,  $f(i, j)$  为  $i$  和  $j$  的会面频率.  $\lambda \in [0, 1]$ , 用于平衡兴趣相似度和会面频率对选择概率的影响程度. 关于兴趣相似度的研究已有很多, 其计算方法可见文献 [8-9].

## 2.3 生命周期控制

每个查询消息都有生命周期, 这能控制查询消息在网络中的数量. 本文算法也用  $TTL$  (Time to live) 来控制消息的生命周期. 当一个查询消息被创建时, 它的  $TTL$  会被设置初始值. 之后, 每个消息在移动节点被转发时, 查询消息的  $TTL$  都会被更新. 如果没有发现目标资源, 查询消息的  $TTL$  会减少. 如果发现了目标资源, 不需要做任何修改, 以致于该查询

消息会访问更多的节点. 若所有的邻居节点都被访问过, 则查询消息的  $TTL$  就会被设置为 0. 这样查询消息就不会被转发并被丢弃. 当查询消息  $k$  在节点  $i$  处时,  $TTL$  的更新规则为

$$TTL_k = \begin{cases} TTL_k - 1, & r(k) \notin R(i), \\ TTL_k, & r(k) \in R(i), \\ 0, & J(i) \subseteq Tabu(k), \end{cases}$$

其中  $r(k)$  为查询消息  $k$  想要发现的目标资源.  $R(i)$  为节点  $i$  上的资源集合.  $J(i)$  为当前节点  $i$  的所有邻居节点.  $Tabu(k)$  为查询消息  $k$  当前访问过的邻居节点集合.

## 3 仿真与性能分析

OMNeT++ 是用于无线网络仿真的常用工具, 本文使用它去仿真 MANET 网络环境, 并验证了该算法.

实验中的主要仿真参数如表 1 所示. 仿真实验中的节点移动模型采用了随机移动模型 (Random Way Point, 简称 RWP) 和基于社团的移动模型 (Community-based Mobile Model, CMM)<sup>[10-11]</sup>. RWP 模型是一个经典的移动网络模型, 每个节点随机选择下一个移动位置, 并以随机速度移动到目的地. CMM 模型采用社会网络的特性产生更符合实际的移动路径. 同时随机选择一个节点作为一个开始查询节点. 每个实验至少包含 1 000 次试验, 这些试验的平均值作为实验结果.

表 1 仿真实验中的参数设置

| 参数                  | 值                |
|---------------------|------------------|
| 仿真时间/s              | 1 000            |
| 网络面积/m <sup>2</sup> | 1 000 × 1 000    |
| 通信传播范围/m            | 30               |
| 移动性                 | 1 ~ 4m/s 之间均匀分布  |
| 查询请求间隔/s            | 10               |
| 节点数/个               | 500              |
| 目标资源分布              | 随机分布, 且占节点数的 10% |
| $TTL$               | 10               |

本文进行了 2 项实验. 实验 1 测试该算法的查询效率和在各种查询消息数量下的通信负载. 查询效率是成功查询次数与查询总次数的比率. 通信负载被定义为在算法运行时产生的查询消息总数. 查询消息的每一次转发被看作是产生新的消息. 大量的查询消息会影响网络通信负载和节点的计算资源.

图 2 表示随着初始查询消息数量的增加, 查询

效率会适当提升,但是网络通信负载会同时增加.这是由于增加初始查询消息数量可以拓展查询的宽度.因此,为了提高查询效率,增加初始查询消息数量是一个有效的方法.在查询效率和通信负载之间,该算法也可以达到较好的平衡.例如,在实验1中,初始查询消息数量设置为10时,可以获得一个较好的查询效率和可接受的通信负载.

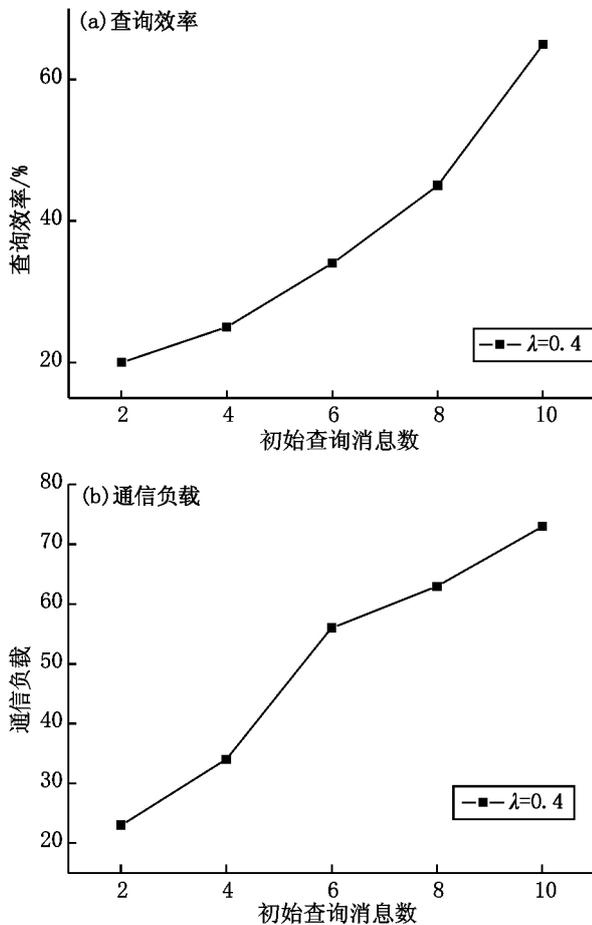


图2 初始查询消息数量和算法执行之间的关系

实验2将该算法与另外2个经典的算法进行比较,即基于泛洪(flooding)和基于随机游走(random walk)的查询算法<sup>[12-15]</sup>.在前一个算法中,节点在缓存中保存到达的查询消息并定期传播给它的所有邻居.在后一个算法中,节点不但保存查询消息而且从邻居集合中随机选择若干个邻居,并将查询消息发送给它们.

测试的3个性能指标是平均路径长度、查询效率和网络通信负载.实验分别在RWP模型和CMM模型下进行.如表2和表3所示,数据显示,该算法具有更短的平均路径长度、更高的查询效率,并减少了相当的通信负载.在基于CMM模型的情况下,节点的移动服从某些社会规则,从而可以得到比较优

秀的性能.在基于RWP模型的情况下,节点的移动完全随意,本文算法的性能虽然不如CMM模型,但该算法的性能并不比其他算法差.

仿真结果表明本文算法非常适合移动网络环境.

表2 RWP模型下的比较

| 性能指标   | 测试的算法 |     |      |
|--------|-------|-----|------|
|        | 本文算法  | 泛洪  | 随机游走 |
| 平均路径长度 | 7.2   | 5.5 | 8.1  |
| 查找效率/% | 49    | 38  | 47   |
| 通信负载   | 121   | 480 | 357  |

表2 CMM模型下的比较

| 性能指标   | 测试的算法 |     |      |
|--------|-------|-----|------|
|        | 本文算法  | 泛洪  | 随机游走 |
| 平均路径长度 | 5.2   | 6.2 | 8.9  |
| 查找效率/% | 61    | 28  | 38   |
| 通信负载   | 71    | 441 | 256  |

## 4 结论

本文提出了MANET网络中基于朋友网络的概率资源查找机制,朋友网络可以根据移动节点的朋友关系建立.算法利用朋友关系和兴趣相似关系作为查询消息选择下一跳移动节点的启发规则.通过调节查询消息的数量,可以在查询效率和代价之间得到较好的平衡.而且,朋友关系表的维护代价小,这样几乎不增加节点的负担.将来的工作是提高算法性能和进行更深入的实验分析,这包含兴趣相似度的分析和查询消息与移动网络范围之间的关系.

## 5 参考文献

- [1] Lindemann C, Waldhorst O P. A distributed search service for peer-to-peer file sharing in mobile applications [EB/OL]. [2014-11-16]. <http://www.tm.uni-karlsruhe.de/doc/waldhorst-p2p2002.pdf>.
- [2] Chakraborty D, Joshi A, Yesha Y, et al. Toward distributed service discovery in pervasive computing environments [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009, 5(2): 97-112.
- [3] Motani M, Srinivasan V, Nuggeshalli P S. PeopleNet: engineering a wireless virtual social network [C]. New York: ACM Press, 2005.
- [4] Killworth P, Bernard H. The reverse small world experiment [J]. Social Networks, 1978(1): 159-192.
- [5] Cheng Xu, Liu Jiangchuan. NetTube: exploring social networks for peer-to-peer short video sharing [EB/OL].

- [2014-10-17]. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5062028>.
- [6] Mashhadi A J, Ben M S, Capra L. Habit: leveraging human mobility and social network for efficient content dissemination in delay tolerant networks [EB/OL]. [2014-10-17]. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?reload=true&arnumber=5282467>.
- [7] 陈国良. 遗传算法及其应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [8] Li Yuhua, Bandar ZA, McLean D. An approach for measuring semantic similarity between words using multiple information sources [J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering 2011, 15(4): 871-882.
- [9] Mirco Musolesi, Cecilia Mascolo. A community based mobility model for ad hoc network research [C]. New York: ACM 2006: 31-38.
- [10] Zeng Xiang, Bagrodia R, Gerla M. GloMoSim: a library for parallel simulation of large-scale wireless networks [J]. ACM SIGSIM Simulation Digest 2008, 28(1): 154-161.
- [11] Lv Qing, Cao Pei, Cohen E, et al. Search and replication in unstructured peer-to-peer networks [C]. New York: ACM, 2012.
- [12] Adamic L A, Lukose R M, Puniyani A R, et al. Search in power law networks [J]. Phys Rev E, 2011, 64: 46135-46143.
- [13] Musolesi M, Mascolo C. A community based mobility model for Ad Hoc network research [EB/OL]. [2014-11-17]. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1132990>.
- [14] Lindemann C, Waldhorst O P. A distributed search service for peer-to-peer file sharing in mobile applications [EB/OL]. [2014-11-13]. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?tp=&arnumber=1046315>.
- [15] 邱修峰, 刘建伟, 陈杰, 等. Ad hoc 网络安全协议仿真系统设计及实现 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2012, 36(2): 135-140.

## The Search Mechanism of the Probability Resource Based on the Circle of Friends in the ad hoc Network

ZHANG Guolin

(School of Mathematics and Computer Science, Yichun University, Yichun Jiangxi 336600, China)

**Abstract:** Mobile ad hoc networks with high mobility and dynamic to find resources is a challenge problem in need of solution in the unstable topology network. A distributed probabilistic search mechanism, the mechanism according to the relevant theories of social network has been presented. Use of friend relationship and interest similarity as heuristic information query message routing, significantly improve the efficiency of searching resources. Simulation results show that, the proposed algorithm has good performance in mobile model based on association.

**Key words:** mobile ad hoc network; resource search; social network

(责任编辑: 冉小晓)