

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2018.10.017

移动自组织网络中社会关系感知的路由方法^①

陈 轲

电子科技大学成都学院 计算机系, 成都 610731

摘要: 移动自组织网络是一种移动通信和计算机网络相结合的网络, 用户节点可以在网络内随意移动并且保持通信, 因此移动自组织网络中节点移动的随意性给研究网络中的路由带来了困难; 另一方面, 移动自组织网络中节点之间的社会关系对路由过程有直接影响. 本文采用最可靠路径的原则来计算移动自组织网络中的最优路径进行路由, 该方法通过网络节点之间的邻接可能性来表示最优路径, 通过节点的移动方案 and 与其他节点之间的社会关系强度对邻接可能性进行计算. 最后, 通过仿真实验, 将本文提出的路由方法与常用的最优链路状态路由协议 OLSR (Optimized Link State Routing) 进行比较分析, 结果显示本文提出的方法具有较好的性能.

关键词: 移动自组织网络; 社会关系; 移动方案; 路由方法

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)10-0097-06

随着移动自组织网络 MANETs (Mobile Ad-hoc NETWORKS) 的兴起和发展, 该类网络已经被广泛应用于社会生活的各个领域, 比如应急响应、车载网络等^[1-2]. 移动自组织网络中的一个典型特点^[3]是网络中的用户节点可以任意移动(以成组的形式或者单独的形式). 这种节点移动的随意性使得网络中的拓扑结构呈现动态变化, 从而直接影响网络中的数据路由; 另一方面, 移动自组织网络的路由过程还与用户节点之间的社会关系紧密相关, 比如节点的中心性就是一个社会意义上的概念, 它描述了该节点在网络中的重要性, 节点中心性在很大程度上影响了网络节点之间数据的路由和转发. 因此, 需要结合用户节点之间的社会关系来研究移动自组织网络中的路由问题.

目前的研究已经证明, 可以通过底层网络对应的社会关系图^[4]上的信息来研究网络中的路由问题^[5]. 文献[6]提出了一种通过节点的位置信息和关系传递性来预测移动路由方案的方法. 文献[7]提出了一种基于节点之间可信任性的预测模型, 这个预测模型基于扩展的模糊逻辑规则通过节点上的历史行为对其未来的行为进行预测. 另外, 结合移动自组织网络中的能耗问题, 文献[8]提出了一种新的贪婪算法, 通过综合能耗、移动性和节点度 3 个因素来进行加权整合, 从而提供全网控制和数据转发的支持. 该方法同时将路由稳定性引入到路由算法中用以减少路由过程中出现的故障. 针对网络中用户间社会关系的复杂性, 文献[9]专门提出一种链式优化方法来降低用户之间复杂的关联, 建立社会网络优化及信任计算算法. 现有研究表明, 针对移动自组织网络, 可以通过节点之间的社会关系强度来预测节点对之间的邻接性和节点移动过程中的群组特征^[10-12]. 目前的方法没有同时考虑移动自组织网络中的节点移动性和社会关系 2 个方面, 比如最优链路状态路由协议(OLSR)^[13], 它是最常见的用于移动网络的协议, 但是该协议没有考虑移动自组织网络中的社会关系.

针对目前这种情况, 本文提出一种基于移动自组织网络中的节点移动性和节点之间的社会关系来研究

① 收稿日期: 2017-12-25

基金项目: 四川省教育厅科研重点资助项目(2016072).

作者简介: 陈 轲(1982-), 男, 硕士, 讲师, 主要从事计算机网络, 网络安全等方面的研究.

移动自组织网络中的路由方法. 该方法通过节点的移动方案 and 与其他节点之间的社会关系强度对邻接可能性进行计算, 根据邻接可能性选择最优的路径进行路由. 最后, 通过实验验证本文提出的路由方法与常用的最优链路状态路由协议(OLSR)相比具有更好的性能.

1 移动自组织网络介绍

由于移动自组织网络中的节点是动态移动的, 所以该网络中的网络拓扑也是动态变化的, 这会造成网络中无法获得邻接信息, 进而无法进行路由选择. 因此需要通过网络中的节点移动信息和节点之间的关系信息对邻接关系进行判断. 本节首先从移动性和社会关系 2 方面来研究移动自组织网络中的网络特征.

1.1 网络节点的移动性

在移动自组织网络中, 虽然每个节点的移动是任意的, 但当节点确定某一次移动时, 将会首先生成一个移动方案用于指导该次移动, 即每个节点移动之前都会首先生成一个移动方案. 该移动方案由一组有限路径点的集合组成, 每个路径点描述了节点在执行一项任务时需要经过的轨迹.

对于移动自组织网络中的任意一个节点 i 来说, 移动方案由一系列的二元组组成: $((tm_1, wp_1), \dots, (tm_n, wp_n))$, 其中 n 是节点 i 上移动方案中路径点的数目, tm_k 是第 k 个路径点上的移动时刻, wp_n 是第 k 个路径点上的移动轨迹. 该路径点序列描述了节点移动轨迹上的离散样本点, 该节点在每对路径点之间沿着邻接这 2 点之间的线段匀速移动.

需要说明的是, 由于移动自组织网络中节点移动的随意性, 在节点实际移动过程中, 该节点的轨迹可能会偏离移动方案中的轨迹(比如在遇到未知的紧急事件时). 因此, 在研究移动自组织网络中的路由过程时需要考虑实际移动轨迹与移动方案的偏差.

1.2 节点之间的社会关系

虽然移动自组织网络中节点的移动是任意的, 但是这种任意性会受限于节点之间的相互关系. 因此, 需要结合网络中节点间的社会关系来研究节点之间具有邻接关系的可能性, 即 2 个节点之间是否有可能存在一条邻接边. 2 个节点之间的社会关系强度越大, 则说明这 2 个节点之间越有可能存在一条邻接边.

我们采用考虑节点间交互频率的方式来定义这种社会关系强度, 进而对节点间的邻接可能性进行评估. 具体来说, 对于节点 i 和节点 j 来说, 我们通过 IF_{ij} 来定义 2 个节点 i 和 j 之间的交互次数, 这里我们定义 IF_{all} 表示这 2 个节点与网络中其他所有节点之间的交互次数. $IF_{ij} < IF_{all}$, 那么节点 i 和 j 之间的邻接可能性可以表示为如下的公式:

$$P(i, j) = \frac{IF_{ij}}{IF_{all}} \quad (1)$$

2 移动自组织网络中的路由方法

在移动自组织网络中, 由于节点之间的邻接通常都具有不确定性, 因此本文在路由选择时无法根据节点间的最短路径进行路由. 这里, 我们选择节点间最可靠的路径来进行路由, 即网络中的节点通过评估下一跳节点间的邻接关系概率来决定选择最可靠的路径进行路由.

为了选择最可靠的路径进行路由, 需要对网络中每个节点对之间邻接关系上的可能性进行评估. 针对被评估节点上有效信息的不同, 所采取的评估方法也是不同的.

我们假设节点 q 为被研究的路由节点, 那么在选择节点 q 下一跳的路由过程中, 需要首先对移动自组织网络中任意节点 i 和 j 之间的邻接概率进行评估($i \neq j$), 进而选择概率最大(最可靠)的路径进行路由.

我们总结了移动自组织网络中节点路由过程中将会遇到的 4 类基本情况, 并介绍了每种情况下节点间邻接关系的评估方法, 如图 1 所示, 网络中节点 q 的邻接信息有效时, 首先通过其邻接信息进行邻接概率评估, 否则根据移动方案中的邻接信息或者社会关系信息进行邻接概率评估, 如果这些信息都不可得, 那么就通过经验进行人工判断.

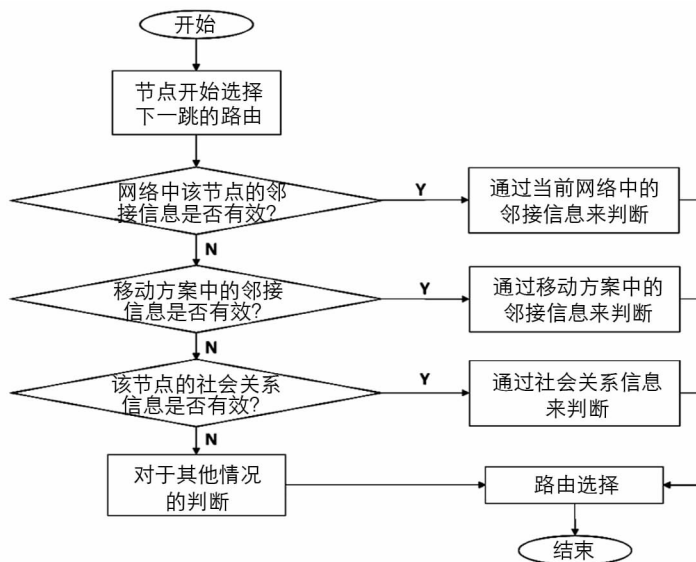


图 1 路由选择过程

1) 通过当前网络中的邻接信息来判断

在选择节点 q 下一跳路由的过程中，首先需要评估与其直接相连的节点上的邻接概率。对于这种情况，可以通过节点 q 上的邻接矩阵来对该邻接概率进行评估。在移动自组织网络中，每个节点通过握手机制^[12]可以获得与其邻接的邻居列表，从而建立网络中每个节点上的邻接矩阵。邻接矩阵描述了每个节点之间是否具有邻接性，并将这些邻接信息存储到一个矩阵 $\mathbf{M}^{(q)}$ 中。通过矩阵 $\mathbf{M}^{(q)}$ 中的邻接信息，可以直接得到节点 q 与其他节点之间的邻接关系。

2) 通过移动方案中的邻接信息来判断

在节点 q 以后的路由选择过程中，满足 $q \notin \{i, j\}$ 。如果移动方案中节点 i 和 j 之间具有确定的邻接关系，那么在节点 q 的邻接矩阵中 $\mathbf{M}_{i,j}^{(q)} = 1$ 。为了便于使用移动方案中的邻接信息，我们定义了与邻接矩阵 $\mathbf{M}^{(q)}$ 对应的时间矩阵 $\mathbf{T}^{(q)}$ ，该时间矩阵描述了邻接矩阵中每个邻接或者非邻接关系上持续的时间。另外，我们还定义了节点 q 上的距离矩阵 $\mathbf{D}^{(q)}$ ，该距离矩阵中的元素描述了 2 个节点之间的物理距离（即节点之间的位置关系）。需要注意的是，时间矩阵和距离矩阵在实际轨迹不满足移动方案时可能会发生动态变化。基于以上定义的矩阵，对于网络中任意一对节点 i, j 来说，通过公式 $f = t - \mathbf{T}_{i,j}^{(q)}$ 来表示这 2 个节点之间距离不再是 d 的持续时间，其中 t 表示当前的时间， d 表示节点对在 $\mathbf{D}^{(q)}$ 上的距离。那么，对于任一节点 q 来说，该节点在路由过程中是否经过移动节点 i, j 之间路径，判断依据如下所示：

$$f_q \leq \frac{d_{\max} - d}{v_{\max,i} + v_{\max,j}} \tag{2}$$

其中， d_{\max} 表示节点 i 和 j 在距离矩阵上与其他节点之间的最大距离， $v_{\max,i}$ 和 $v_{\max,j}$ 分别表示节点 i 和 j 上的最大移动速度。

3) 通过社会关系信息来判断

如果在节点路由过程中，无法通过历史的邻接信息来判断节点间的邻接概率时，可以采用本文定义的移动自组织网络中节点之间的社会关系强度来评估。与上述 2 种情况不同的是，这里的概率是表示 0 到 1 之间的可能性，而前 2 种方法得出的邻接概率是非 0 即 1 的形式。定义节点 q 在路由过程中是否经过节点对 i, j 之间路径的概率为

$$P_q(i, j) = \frac{SR_{ij}}{SR_{all}} \tag{3}$$

其中， SR_{ij} 表示节点 i, j 之间的社会交互频率， SR_{all} 表示这 2 个节点与网络中所有其他节点之间的社会交互频率。

4) 对于其他情况的判断

当移动方案中的邻接信息和社会关系信息都不可得时, 我们根据移动自组织网络中的结构和移动情况, 结合经验人工地为该邻接可能性分配一个非 0 的概率 p_0 . 对于该 p_0 来说, 如果 $p_0 = 0$, 那么表示在节点 q 的路由过程中, 将不考虑节点 i 和 j 之间的路径; 如果 $p_0 = 1$, 表示在节点 q 的路由过程中, 将直接选取节点 i 和 j 之间的路径进行路由. 如果 p_0 的值设置太高, 则默认路由过程会选择该路径, 这与选择最可靠的路径进行路由的原则不符, 因此, 为了提高路由选择的可靠性, 通常将 p_0 设置为 $0 \sim 0.5$ 范围内的一个数.

3 实验验证

本实验通过仿真分析, 从网络通信能力和网络延迟 2 方面, 通过与常用的最优链路状态路由协议(OLSR)进行比较, 验证本文提出的路由方法在移动自组织网络应用中的有效性.

3.1 实验介绍

在仿真过程中, 我们将网络中的节点在 2 个路径点之间的移动速度随机设置为 $[1, 10]$ 之间的常数(单位为 m/s), 网络中的节点成组移动. 在该实验中, 我们设置了以下几组节点: 每组包括 5 个节点的 5 组, 每组包括 10 个节点的 3 组以及每组包括 2 个节点的 10 组. 同一组内的节点共享同一套移动方案. 另外, 我们将仿真的网络通过一个 1000×1000 (m) 的网格来表示, 节点在网络中以每秒(对应仿真时钟中的一个 tick)一个网格的速度进行移动.

本文仿真简单的 Echo 应用场景, 即网络中一个源节点发送一个数据包给目的节点时, 目的节点当且仅当在收到原始数据包后, 才对源节点进行应答. 本实验中, 源节点和目的节点都选自不同组中的节点, 数据包在路由过程中的转发速率也设置为每秒一个网格的速度. 我们对本文提出的路由方法与常用的最优链路状态路由协议(OLSR)进行比较. 共仿真了 8 组数据, 每组数据分别对应不同的节点移动速度, 分别为: 0.1 m/s, 0.5 m/s, 1 m/s, 2 m/s, 5 m/s, 10 m/s, 20 m/s, 50 m/s. 另外, 对于每组实验中任意 2 个网络节点之间的交互频率都随机产生 $[0, 100]$ 的随机数, 用来表示每对节点之间的社会关系.

3.2 实验分析

本实验通过网络吞吐量来表示网络中的通信能力; 通过数据包的平均传输延迟来表示网络中的通信延迟. 网络通信能力的实验结果如图 2 所示, 图中显示了对于不同节点移动速度下 2 组路由算法在 10 min 内收到的数据包数量, 这里通过接收到的数据包的多少来说明不同路由算法上的通信性能(即吞吐量). 由图 2 可知, 在不同的移动速度下, 本文提出的方法与 OLSR 算法相比具有较好的通信能力.

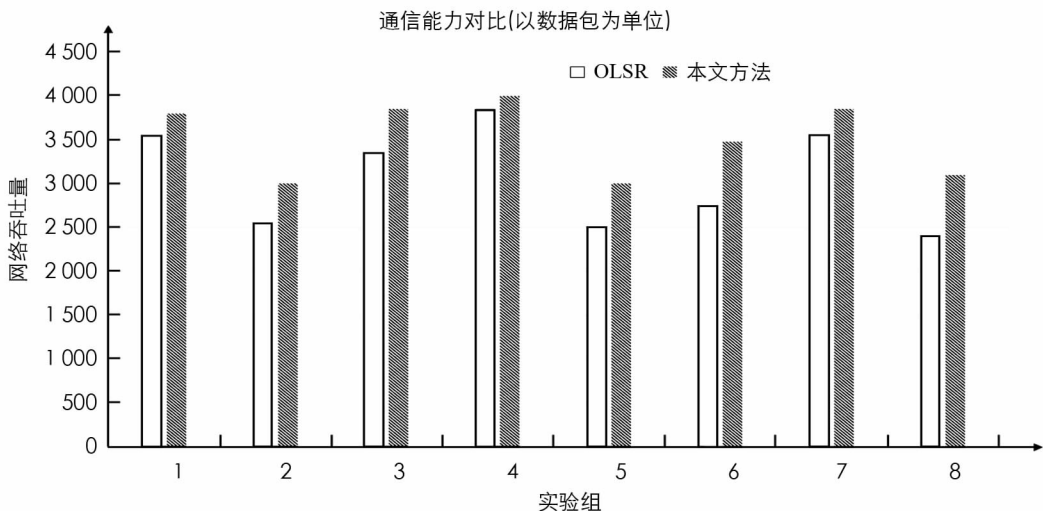


图 2 通信能力上的对比实验结果

针对网络延迟的实验结果如图 3 所示, 图中显示了不同节点移动速度下 2 组路由算法上数据包传输过

程中的延迟时间. 从图中可以发现, 本文提出的路由方法与 OLSR 相比, 具有稍微较高的延迟. 通过进一步分析发现, 虽然每个数据包在传输过程中延迟时间都差不多, 但是由于本文提出的路由算法接收到的数据包较多, 所以从表面数据来看具有较高的延迟, 但这也从另一方面说明本文提出的方法具有较好的性能.

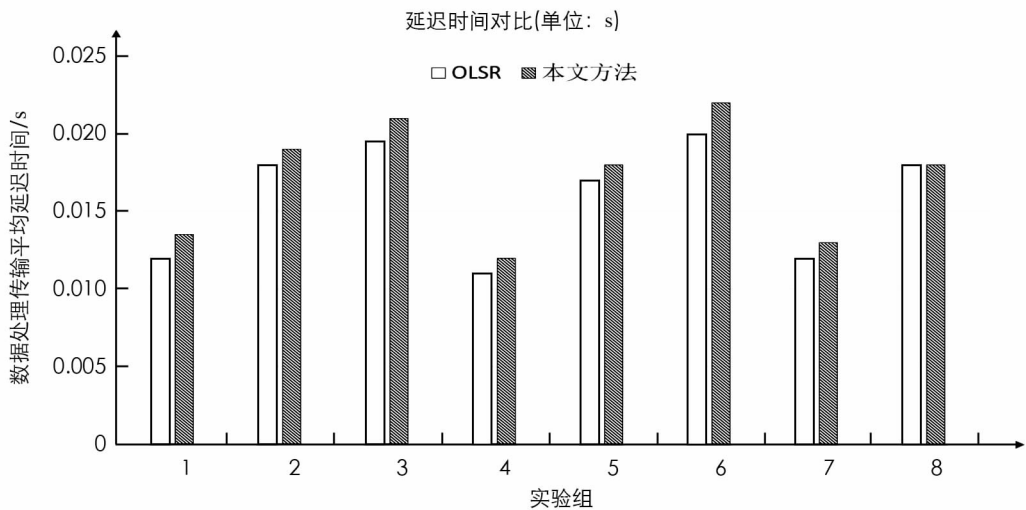


图 3 网络延迟上的对比实验结果

4 结束语

移动自组织网络中节点移动的随意性给研究网络中的路由带来了困难, 本文结合节点间的社会关系来分析移动自组织网络中最可靠的路由过程. 该方法通过移动自组织网络中节点的移动方案和节点间的社会关系来计算最优的网络路径进行路由选择. 最后通过仿真实验将本文提出的路由方法与常用的最优链路状态路由协议(OLSR)进行比较, 结果显示本文提出的方法在网络通信能力上具有较好的性能.

参考文献:

- [1] 王海涛, 宋丽华, 李建州, 等. 基于网络分簇和信息摆渡的无线自组应急通信网服务增强方案 [J]. 电信科学, 2012, 28(4): 38-43.
- [2] 朱金奇, 马春梅, 刘 明, 等. 车载自组织网络中基于停车骨干网络的数据传输 [J]. 软件学报, 2016, 27(2): 432-450.
- [3] SUBBAIAH K V, NAIDU M M. Cluster Head Election for CGSR Routing Protocol Using Fuzzy Logic Controller for Mobile Ad Hoc Network [J]. International Journal of Advanced Networking and Applications, 2010, 1(4): 246-251.
- [4] EASLEY D, KLEINBERG J. Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World [J]. KOVALCHIK S. Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World. Significance, 2012(8): 43-44.
- [5] TSAI T C, CHAN H H, HAN C C, et al. A Social Behavior Based Interest-Message Dissemination Approach in Delay Tolerant Networks [C]// Future Network Systems and Security Second International Conference. Paris, France: FNSS, 2016: 62-80.
- [6] ZHANG L, CAI Z, LU J, et al. Mobility-Aware Routing in Delay Tolerant Networks [J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2015, 19(7): 1111-1123.
- [7] XIA H, JIA Z, LI X, et al. Trust Prediction and Trust-Based Source Routing in Mobile Ad Hoc Networks [J]. Ad Hoc Networks, 2013, 11(7): 2096-2114.
- [8] YANG Z F, LI G Q, FU G Q, et al. A Routing Algorithm via Constructing the Weighted Minimum Connected Dominating Set in Mobile Adhoc Network [C]// The 7th International Conference on Computer Engineering and Networks. Shanghai, China: CENet, 2017: 30.

- [9] 李献礼. 在线社会网络多维度链式信任计算算法 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(8): 142–147.
- [10] LU Y, LI X, YU Y T, et al. Information-Centric Delay-Tolerant Mobile Ad-Hoc Networks[C]// The Workshop on INFOCOM. Toronto, Canada: IEEE, 2014: 428–433.
- [11] 李 栋, 徐志明, 李 生, 等. 在线社会网络中信息扩散 [J]. 计算机学报, 2014, 37(1): 189–206.
- [12] 林 洋, 李 燕, 董 玮, 等. 复杂网络社区的抽样概率分布估计检测算法 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(10): 96–103.
- [13] YI J Z, ADNANE A, DAVID S, et al. Multipath Optimized Link State Routing for Mobile Ad Hoc Networks [J]. Ad Hoc Networks, 2011, 9(1): 28–47.

A Routing Approach in Mobile Ad-Hoc Networks Considering the Social Relation

CHEN Ke

Computer Department, Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610731, China

Abstract: The mobile ad-hoc network is a combination of mobile communication and computer network, in which users can move freely and randomly to maintain communication. The randomness of node mobility in such network brings difficulties to research of routing. On the other hand, the social relations between nodes in the mobile ad-hoc network have a direct impact on the routing process. This paper proposes a novel routing approach, in which the optimal path is calculated based on the predefined principle of most reliable path. The optimal path is represented through the adjacency possibility between the network nodes. Such adjacency possibility is calculated by the mobility of nodes and the social relationship strength with other node. Finally, the routing method proposed in this paper is compared with the traditional optimized link state routing (OLSR) through a simulation experiment. The results show that the proposed method has a better performance.

Key words: mobile ad-hoc networks; social relation; mobility plan; routing approach

责任编辑 崔玉洁