

# 自适应的移动 Ad hoc 网络贪婪地理路由协议

吴 谋, 张 晴

(华中师范大学 计算机科学系, 武汉 430079)

**摘 要:** 通过分析传统的基于地理位置的路由协议在比较困难的环境下很难取得理想的高可靠性、低负载的问题, 提出了一种自适应的贪婪地理路由协议。该协议总结了对网络移动性能造成影响的因素, 即节点移动速度和停留时间, 自动调整节点发送信标的周期和选择下一跳的方案, 从而达到减少负载和增加转发成功率的目的。仿真结果显示, 该协议在两方面都取得了较好的效果。

**关键词:** Ad hoc; 贪婪转发; 自适应; 地理位置; 路由协议

**中图分类号:** TP393      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2010)08-3124-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.08.084

## Adaptive mobile Ad hoc greedy geographical routing protocol

WU Mou, ZHANG Qing

(Dept. of Computer Science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The paper analyzed the performance deficiency of traditional routing protocol basing on the actual geographical setting, and proposed a novel adaptive greedy geographical routing protocol. Through analyzing two factors affecting networks mobility—the moving speed and the pause time of nodes, the protocol adjusted the beacons sending cycle and selected the better next hop to achieve the goals of reducing overload and increasing delivery success ratio. Simulation results show that the protocol can acquire better effect compared to GPSR (greedy perimeter stateless routing).

**Key words:** Ad hoc; greedy forwarding; adaptive; geographical position; routing protocol

在 Ad hoc 网络众多引人关注的研究领域, 路由问题始终是最基础和最有挑战的问题之一。随着定位装置和定位算法的发展和成熟, 基于地理位置信息的贪婪地理路由协议成为了研究的重点。在该类协议中, 移动着的节点通过周期性地发送信标分组获得邻居节点的位置或地址等相关信息, 建立邻居节点信息数据库, 然后每一个中间节点采用贪婪策略选择最合适的邻居节点进行转发直至目的节点。在已有的贪婪策略中包括 GPSR<sup>[1]</sup>、NC(nearest closer)<sup>[2,3]</sup>、DIR(directional routing)<sup>[46]</sup>等, 但是现有的大部分研究中, 基于地理位置信息的路由协议模型普遍都存在一些共同的弊端, 包括: a) 网络节点密度大。即在一定范围内随机分布的节点个数非常多<sup>[1]</sup>, 以至于出现空洞和通信暂盲现象的几率非常少, 分组转发成功率很高, 一定程度上掩盖了某些基于地理信息的路由协议会出现较低可靠性的问题。b) 节点移动速率慢。在移动 Ad hoc 网络中, 节点的移动性是其特点之一。在低速甚至暂停的过程中, 分组的转发具有更高的成功率<sup>[1,7]</sup>, 同时通信暂盲现象也有所降低。相反情况下, 高速移动的节点很难保证转发的成功率。c) 节点停留时间长。在大多数模型中, 停留时间扮演着反映节点移动性的重要角色。在文献[1]中, 静止状态下的网络节点明显具有更好的性能指标。较长的停留时间意味着有更多的节点处于静止状态, 然而这一现象是不符合 MANET 网络的移动特性和实际状况的。

本文提出了一种自适应的移动 Ad hoc 网络贪婪地理路由协议, 该协议采用自适应的信标交换算法, 主要根据节点自身

的停留时间自动选择发送信标周期, 这样使得传输路径上的节点能够维护一张相对准确的反映邻居节点位置和速率信息的邻居列表, 为贪婪转发提供实时的依据并且减少了协议开销。同时在贪婪转发的策略上也主要依据邻居列表中邻居节点的速率进行自动选择, 增加了转发成功率。

## 1 基于地理信息的贪婪路由协议简介

### 1.1 信标交换协议

每个节点都周期性地发送一个信标分组到 MAC 广播地址, 该信标分组仅仅包含节点自身的标志符(如 IP 地址)和位置信息。为了避免节点间信标发送过于集中, 每个节点以信标时间片  $B$  的 50% 抖动发送每个信标。这意味着信标发送时间均匀分布在  $[0.5B, 1.5B]$ 。

若在时间间隔  $T$  后没有收到邻居列表中某个邻居的信标或有效数据分组, GPSR 路由节点就认定该邻居节点失效或已远离无线传播距离, 并且从邻居列表中删除该节点的所有信息, 802.11 MAC 层也提供了到邻节点的链路级重传失败标志。随着邻居节点的移动, 邻居的位置信息也会变得过时, 邻居集合的准确性随之下降, 旧的节点可能离开, 新邻居节点可能进入到无线传播范围。由于这些原因, 为保持邻居表信息的准确性, 必须选择合适的信标时间片  $B$ , 而它受到网络节点的移动速度、停留时间以及无线传播距离的影响。

### 1.2 贪婪转发算法

在 GPSR 中, 数据包由源节点来标记它们的目的节点。这

收稿日期: 2009-12-28; 修回日期: 2010-02-05

作者简介: 吴谋(1980-), 男, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 主要研究方向为移动自组织网络和并行计算(mou.wu@163.com); 张晴(1981-), 女, 湖北广水人, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机网络体系结构。

样,转发节点可以作一个局部优化,如果一个节点知道它的所有邻节点的位置,在选择包的下一跳节点时使用贪婪转发,其策略为选取地理位置最接近目的位置的邻节点。在这种贪婪策略下,转发在地理位置上不断接近目的节点直至到达。

## 2 问题描述及协议改进

### 2.1 网络节点密度

如引言所述,在节点密度稀疏与稠密的情况下,GPSR 协议的各项性能指标会有很大不同。在文献[1]的仿真环境中,网络节点密度设置为  $1/9000$  节点/ $m^2$ ,传播距离近  $200\ 000m^2$ ,因此在每个节点的传播范围内平均有超过 20 个节点作为邻居以供选择。在如此稠密的网络环境中,网络的连接度是相当高的,GPSR 能采用贪婪模式转发绝大多数的分组,均超过 99%。但是在实际环境中往往不能达到如此稠密的网络配置。例如如图 1、2 显示了在  $1000\ m \times 1000\ m$  的场景下,40 个节点的 GPSR 平均分组转发成功率的仿真结果。此时网络节点密度为  $1/25000$ ,每个节点周围平均仅有 8 个邻居节点。从图中可以看出,在各种参数条件下均不能达到在理想场景中的转发成功率。

### 2.2 节点停留时间

在 GPSR 协议中,停留时间对分组转发成功率也起着重要的影响。从图 1 中可以看到,在初期随着停留时间的增加,网络的移动性能降低,导致分组传递成功率增加,但到一定程度后会下降,这是由于网络的节点密度非常稀疏,出现空洞的几率大大增加,但是此时网络的拓扑结构几乎处于静止状态,没有足够多的移动着的节点及时填补空洞区域,导致分组传递率下降。文献[8]提出了一种新的信标协议,依据距离参数  $S$  来调整信标发送的频率,取得了较好的效果。另外,GLS<sup>[9]</sup> 提出让每个移动节点周期性地更新在其位置服务区内的少部分节点的位置信息,这样避免了对所有邻居发送信标。考虑到移动的节点不仅会在网络内移动,也可能运动到网络之外,对于这类节点,文献[10]提出了一种基于 Bloom filter 的新的检测方法以减少不必要的负载。

基于上述分析,本文提出了一种根据停留时间的大小自动调整信标发送周期的自适应信标协议。在 GPSR 协议中选择一个使分组传递成功率最高的停留时间  $P_{optimal}$ ,设置新的信标发送周期  $B_{new} = (\text{pause time}/P_{optimal})B$ 。当现有停留时间  $\text{pause time}$  低于  $P_{optimal}$  时,网络拓扑处于变化频繁的阶段,新的信标发送周期缩短,此时可适当增加信标发送频率,保证节点位置信息的实时性;当  $\text{pause time}$  高于  $P_{optimal}$ ,网络拓扑处于相对稳定状态,此时减少信标发送频率,同时降低了网络的整体负载。

### 2.3 节点移动速度

毫无疑问,节点移动速度是衡量 Ad hoc 网络移动性能的重要指标。在 GPSR 协议中,随着移动速率的变大,由于采用固定信标发送周期,邻居节点的位置信息无法实时更新,从而降低了转发的成功率。图 2 显示了节点移动速率对分组传递成功率的影响。明显地,移动速率由小到大变化时,传递成功率总体上是逐渐减小的。

GPSR 的贪婪转发策略在选择下一跳时采用选取地理位置最接近目的地的节点,具有高效、简单、易操作的优点,但是距离目的地节点最近的节点同时也是距离自身节点最远的节点由于无线网络通信的特点,传播距离越远,信号失真的可能

性也越大,分组的丢失率也越大。NC 提出了一种转发策略:转发节点从邻居节点中选择距离自己最近的邻居节点作为下一跳,从而降低了通信暂盲现象发生的可能性,但是大大增加了通信的跳数,也增加了数据传输的时延。而 DIR 会选择目的节点和源节点与目的节点和邻居节点间夹角最小的邻居作为下一跳,但该算法会导致环路路由的出现。文献[11]从 QoS 角度提出了多路按需搜索路由,在多条路由之中选择一条满足一定带宽需求的最佳路径;而文献[12]从如何更好地节省能量角度考虑了路由的选择。以上路由策略基于不同的度量标准在自身邻居列表  $N(\text{self})$  中选择下一跳节点,所得到的贪婪算法具有不同的性能。

本文提出的基于节点移动速度的贪婪转发算法结合自适应信标交换的协议(AGPSR),可更好地保证转发成功率,减少通信暂盲现象以及降低网络通信负载。具体思路如下:在每个信标分组域中不仅包含当前节点的位置信息,同时设置当前速率域。在选择下一跳时总是选择在传播范围内比自身更接近目的节点的邻居集中速率最小的邻居,特殊地,当多个邻居节点处于停留状态时,即速度为零,则选择这些节点中距离目的节点最近的邻居。寻找下一跳算法如下:

```

Find_NextHop()
for each Neighbor node(Location,Speed) ∈ N(self) do
N = find (N(self)) //寻找比自身更接近目的节点的邻居集
end for
Speedbest = N[0].Speed;
Dbest = distance(N[0].Location, Destination.Location);
//计算与目的节点间的距离
for each n (Location,Speed) ∈ N do
D = distance(n.Location, Destination.Location);
if (n.Speed <= Speedbest)
if (n.Speed = Speedbest)
if (D < Dbest) Dbest = D; nbest = n;
end if
end if
else Speedbest = Speed; nbest = n;
end if
end for
return nbest

```

## 3 仿真结果及分析

本文采用 OPNET Modeler 作为网络仿真工具,重点比较了 AGPSR 与 GPSR 协议在平均分组传递成功率和网络负载上的性能。仿真场景设置如下:在  $1000\ m \times 1000\ m$  的区域里随机分布了 40 个节点,MAC 层协议采用 IEEE 802.11,源节点随机选择目的节点,生成包的大小为常量 2 048 bit,每秒生成 2 个包,CBR 数为 16,无线传播距离为 250,GPSR 协议中固定信标发送周期  $B$  为 3 s,仿真时间持续 15 min。

### 3.1 分组转发成功率

在图 1 中停留时间在  $[4\ s, 16\ s]$  变化,每个节点移动速度在  $[0\ m/s, 20\ m/s]$  随机取值。可以看出,GPSR 协议在停留时间大约为 8 s 时分组传递成功率最高,故取  $P_{optimal} = 8\ s, B_{new} = (\text{pause time}/8) \times 3$ ,根据此设置得到 AGPSR 协议在不同停留时间的分组传递成功率。很明显,除了在停留时间极短的情况下,随着停留时间的变化,AGPSR 具有更高的分组转发成功率和更高的稳定性。

图 2 显示了在停留时间为 8 s 情况下,节点移动速度的上限在不同值下的转发成功率。随着移动速率的变大,GPSR 转发成功率呈现逐步下降的趋势,而 AGPSR 保持了更好的稳定

性和更高的成功率。

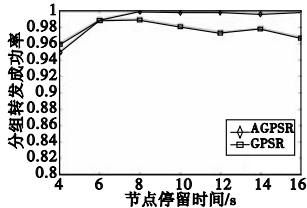


图1 停留时间对分组转发成功率的影响

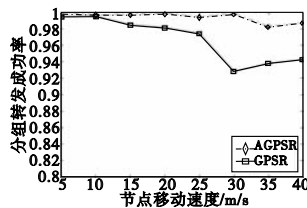


图2 节点移动速度对分组转发成功率的影响

3.2 网络负载

图3和4显示了分别在图1和2对应的网络设置条件下的平均网络负载。由于采用了自适应的信标发送机制,减少了在节点停留时间较长的情况下重复发送的信标流量,以及采用基于节点移动速度的贪婪转发算法,保证了较高的分组转发成功率,减少了重传次数。AGPSR 在所有的参数条件下网络负载都比 GPSR 要低。

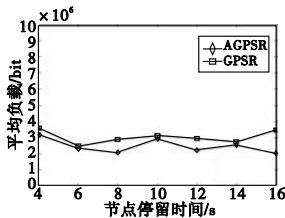


图3 停留时间对平均负载的影响

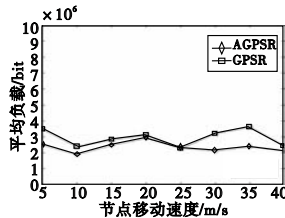


图4 移动速度对平均负载的影响

4 结束语

本文提出了一种在移动 Ad hoc 网络中对 GPSR 协议改进的基于位置信息的地理路由协议 AGPSR。分组在选择下一跳进行转发时,不是完全按照距离目的节点最近的贪婪标准,而是在此基础上考虑了节点移动速度对网络性能的影响,同时对不同的节点停留时间采取不同的信标发送周期,节省了通信流量,降低了网络整体负载。但仿真表明该协议在转发跳数和网络延时方面的改善并不大,进一步改进这方面的性能将成为后

(上接第 3123 页)

sensor network (DFTMSN): a new paradigm for pervasive information gathering[J]. *IEEE Trans on Mobile Computing*, 2006, 6(8): 1021-1034.

[6] VAHDAT A, BECKER D. Epidemic routing for partially connected Ad hoc networks, CS-2000-06 [R]. Durham: Duke University, 2000.

[7] LINDGREN A, DORIA A, SCHELEN O. Probabilistic routing in intermittently connected networks[J]. *Mobile Comp and Commun*, 2003, 7(3): 56-62.

[8] SPYROPOULOS T, PSOUNIS K, RAGHAVENDRA C S. Efficient routing in intermittently connected mobile networks: the multiple-copy case[EB/OL]. (2008-12-20) [2009-05-28]. <http://www.sop.inria.fr/planete/spyropoulos/papers/ton-multicopy-final.pdf>.

[9] SPYROPOULOS T, PSOUNIS K, RAGHAVENDRA C S. Spray and focus: efficient mobility-assisted routing for heterogeneous and correlated mobility[C]// Proc of the 5th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007: 79-85.

[10] ZHAO W, AMMAR M, ZEGURA E. Controlling the mobility of multiple data transport ferries in a delay-tolerant network[C]// Proc of

续的研究工作之一。

参考文献:

[1] KARP B, KUNG H T. GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks [C]//Proc of MobiCom. New York: ACM Press, 2000:243-254.

[2] STOJMENOVIC I, LIN X. Power-aware localized routing in wireless networks [J]. *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, 2001, 12(11): 1122-1133.

[3] HOU T C, LIV O K. Transmission range control in multihop packet radio networks [J]. *IEEE Trans on Communications*, 1986, 34(1): 38-44.

[4] KRANAKIS E, SINGH H, URRUTIA J. Compass routing on geometric networks[C]//Proc of the 11th Canadian Conference on Computational Geometry. 1999.

[5] BOSE P, MORN P. On-line routing in triangulations[C]//Proc of the 10th Annual International Symposium on Algorithms and Computation. 1999.

[6] STOJMENOVIC I, LIN X. Loop-free hybrid single-path/flooding routing algorithms with guaranteed delivery for wireless networks [J]. *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, 2001, 12(10): 1023-1032.

[7] SSU K F, YANG C H, CHOU C H, et al. Improving routing distance for geographic multicast with Fermat points in mobile Ad hoc networks [J]. *Computer Networks*, 2009, 53(15): 2663-2673.

[8] GIRUKA V C, SINGHAL M. A self-healing on-demand geographic path routing protocol for mobile Ad hoc networks [J]. *Ad hoc Networks*, 2007, 5(7): 1113-1128.

[9] LI J Y, JANNOTTI J, DOUGLAS S J, et al. A scalable location service for geographic Ad hoc routing[C]//Proc of the 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking. 2000.

[10] TRAN T M C, SCHEUERMANN B, MAUVE M. Lightweight detection of node presence in MANETs [J]. *Ad hoc Networks*, 2009, 7(7): 1386-1399.

[11] LIAO W H, WANG S L, SHEN J P. A multi-path QoS routing protocol in a wireless mobile Ad hoc network [J]. *Telecommunication Systems*, 2002, 19(3): 329-347.

[12] CHEN B, JAMIESON K, BALAKRISHNAN H, et al. Span: an energy-efficient coordination algorithm for topology maintenance in Ad hoc wireless networks[J]. *Wireless Networks*, 2002, 8(5): 481-494.

the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. 2005: 1407-1418.

[11] WU Jie, YANG S, DAI F. Logarithmic store-carry-forward routing in mobile Ad hoc networks[J]. *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, 2007, 18(6): 735-748.

[12] SUGIHARA R, GUPTA R K. Data mule scheduling in sensor networks: scheduling under location and time constraints, CS2007-0911 [R]. San Diego: University of California, 2007.

[13] SOMASUNDARA A A, KANSAL A, JEA D D, et al. Controllably mobile infrastructure for low energy embedded networks[J]. *IEEE Trans on Mobile Computing*, 2006, 5(8): 958-973.

[14] BURNS B, BROCK O, LEVINE B N. MV routing and capacity building in disruption tolerant networks[C]//Proc of the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Miami: IEEE Communications Society, 2005: 398-408.

[15] CHUAH M C, MA W B. Integrated buffer and route management in a DTN with message ferry[C]//Proc of IEEE Military Communications Conference. Washington DC: IEEE Computer Society, 2006: 1-7.

[16] KERÄNEN A, OTT J, Kärkkä INEN T. The ONE simulator for DTN protocol evaluation[C]//Proc of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques. Brussels: ICST, 2009: 55.