

基于地理位置的路由算法——GPSR-AD

李道全,刘海燕,曹齐光,王怀彩

(青岛理工大学 计算机工程学院, 山东 青岛 266033)

(lidaquan@sina.com)

摘 要:针对无线自组网贪心法周边无状态路由协议(GPSR)在空洞存在时会引起过多的路由跳数的问题,提出了一种新的路由算法——GPSR-AD。该算法同时考虑了距离和角度两个因素对跳数的影响。分析结果表明:GPSR-AD 比 GPSR 较大地降低了路由跳数,并且在包传送率和丢包率方面优于 GPSR。

关键词:无线自组网;平面周边遍历算法;贪婪转发;贪心法周边无状态路由;空洞

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

New routing algorithm based on geographical location: GPSR-AD

LI Dao-quan, LIU Hai-yan, CAO Qi-guang, WANG Huai-cai

(College of Computer Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao Shandong 266033, China)

Abstract: The paper proposed a new routing algorithm GPSR based on Angle and Distance (GPSR-AD) for the problem which GPSR may produce excessive unwanted route hops when spatial neighbor is existing in the Ad Hoc network. The algorithm took into consideration of the influence by two factors: distance and angle. Analytical results reveal that GPSR-AD reduces a large portion of hops than GPSR, and it performs better than GPSR in terms of average delivery success rate and packet lost rate.

Key words: Ad Hoc network; planer perimeter; greedy forwarding; Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR); spatial neighbor

0 引言

在拓扑结构随机高速变化的移动 Ad Hoc 网络中,基于拓扑结构设计的路由协议并不能达到很好的路由性能。而基于地理位置的路由协议是一种新的 Ad Hoc 网络路由协议,网络中各个节点只需要知道其通信半径内的邻节点的地理位置信息,路由建立仅通过数个单跳拓扑信息就可以完成。基于地理位置信息的路由算法改变了洪泛路由算法的盲目性和开销大等缺陷^[1],但是现有的基于地理位置信息的路由算法面临一个贪婪转发失败的问题。在贪心法周边无状态路由(Greedy Perimeter Stateless Routing, GPSR)中其解决办法是采用周边遍历法进行转发^[2-5],但这种方法也存在以下缺点:一是仍有少数情况不能解决;二是在解决的情况中,路由的效率有可能不高,甚至很低。为了解决这一问题,已经提出了几种新的算法^[6-9],但这些算法只考虑了距离和角度中的某一种因素,使得算法仍然具有一定的局限性。本文在综合研究上述资料的基础上,提出了一种新的基于地理位置的路由算法(GPSR based on Angle and Distance, GPSR-AD),该算法同时考虑了距离和角度两个因素。

1 研究现状

GPSR 协议^[2-3]充分利用地理信息以实现无状态路由,即每个节点的状态和寻址算法复杂度与总的可达节点数和拓扑结构的变化率无关,从而增强网络的可扩展性。这是通过两个方法做到的:一是每个节点只维护其发射范围内的节点拓

扑信息,二是每个节点使用贪心法和平面图周边遍历法将路由信息包向前传递。

GPSR 协议的数据传递过程可描述为:接收到贪婪转发模式分组的节点,搜索其邻居表,如果有邻居节点到目的节点的距离小于本节点到目的节点的距离,则模式不变,并转发到贪婪策略选择的邻居节点,否则分组转发改为周边遍历转发模式。而当周边遍历转发模式遇到节点比进入周边遍历转发模式的起始点距离目的节点更近时,那么周边遍历转发模式又会被切换到贪婪转发模式。它将贪婪转发和周边转发结合以实现分组的有效传递。

GPSR 算法的高效性来源于它的贪婪模式,该模式运行于平面化以前的网络拓扑上,充分利用了所有的通信链路;GPSR 算法的完备性来源于平面周边遍历模式,该模式运行于平面图之上,能够在贪婪失败时避免整个算法失败,但是平面路由模式也是 GPSR 算法的瓶颈所在。

平面路由模式所采用的右手法则保证了报文能够走出空洞。但是当频繁遇到“空洞”时,虽然右手法则能够确保 GPSR 走出空洞,但它做出的选择有一定的随意性,而这种随意性经常导致发现路由的跳数较大^[6-7]。如图 1 所示,节点 s 需要转发数据包到 d ,在节点 s 处 s 节点的邻居节点中不存在这样一个节点,此节点到达目的节点 d 的距离小于节点 s 到节点 d 的距离,此时认为贪婪转发失败,进入平面周边遍历,根据右手法则, S 经过路线 $s-a-b-c-e-d$,最终将数据包转发到目的节点 d 。但是从图 1 中我们可以看到存在一条相对于这条路线更近的路线 $s-f-g-h-d$,这条路由的跳数小于平

收稿日期:2009-07-01;修回日期:2009-08-05。

作者简介:李道全(1967-),男,山东青岛人,副教授,博士研究生,主要研究方向:无线自组网、系统集成、电子商务;刘海燕(1980-),女,陕西西安人,硕士,主要研究方向:无线自组网;曹齐光(1985-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要研究方向:无线自组网;王怀彩(1986-),女,山东临沂人,硕士研究生,主要研究方向:无线自组网。

面周边遍历所产生的路由的跳数,所以平面周边遍历路由模式虽能够保证 GPSR 算法走出空洞,但不能保证它以较小的代价走出。

其次,平面路由模式不能及时回退,有可能在错误的路径上走得很远。如图 2 所示,当目的为 L 的报文在节点 A 处遇到空洞时,算法试图以顺时针方向绕行面,报文经历了 $A-B-C-D-E-F-G$,漫长的路径,才发现到达了死胡同,虽然 GPSR 算法和平面路由算法中面的自身特性都支持报文的自动回退,但路由效率的降低已经是不可挽回的了。

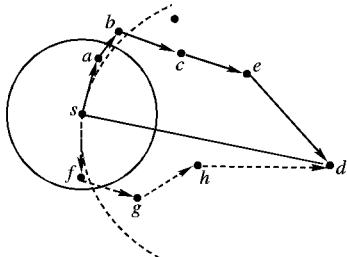


图 1 平面周边遍历数据转发过程

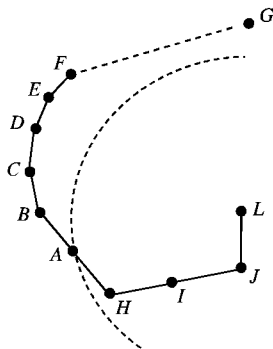


图 2 GPSR 算法不能及时回退的情况

针对 GPSR 算法的以上缺陷,本文提出了 GPSR-AD 算法。该算法主要从距离和角度这两个方面来解决路由过程中的“空洞”问题。

2 基于地理位置的新路由算法 GPSR-AD

2.1 GPSR-AD 算法的主要思想

数据的贪婪转发策略有 3 种,分别为 MFR (Most Forwarding within Radius)、NFP (Nearest Forwarding Progress)、NC (Nearest Closer)。前两个转发策略是从距离的角度来考虑的,最后一个是从角度来考虑的。GPSR-AD 算法在设计的过程中考虑了多种影响路由转发性能的因素:以往的贪婪转发算法和方向受限的洪泛算法都只考虑了一种因素。贪婪转发算法只考虑了下一跳节点同目的节点的距离大小以减少数据包的中间跳数,而方向受限的洪泛算法只考虑了下一跳节点的方向或所在区域。其实这两个因素在决定下一跳节点时都起着重要的作用,GPSR-AD 算法就是从距离和角度这两个方面综合考虑来解决路由过程中的“空洞”问题。

2.2 GPSR-AD 算法的文字性描述

GPSR-AD 算法充分利用地理信息实现无状态路由,即每个节点的状态和寻址算法复杂度与总的可达节点数和拓扑结构的变化率无关,从而增强网络的可扩展性。这是通过两个方法做到的:一是每个节点只维护其发射范围内的节点拓扑信息;二是分组转发采用贪婪转发 (Greedy Forwarding) 策略,仅涉及到节点在网络拓扑中的直接邻居节点。当使用贪婪转发策略无法到达目的节点时,算法采用 GPSR-AD 模式重新进

行路由。

算法的文字性描述如下:

1) 检测目的节点 G 是否为源节点 N_i 的邻居节点,如果是则直接传递给目的节点 G ,否则进入贪婪转发模式。

2) 记录下当前的 $mindis$ 。

3) 对于节点 N_i 覆盖范围内的某个节点 N_{i+1} (如图 3 所示),如果 $dis(N_{i+1}, G) < dis(N_i, G)$,则下一跳为 N_{i+1} ,并置 $mindis = \min\{mindis, dis(N_{i+1}, G)\}$ 。

4) 否则计算

$$D_{i+1} = \frac{dis(N_{i+1}, G)}{dis(N_i, G)} + \frac{\angle N_{i+1}N_iG}{\angle XN_iG}$$

然后经过比较得到最小的 D_{i+1} 值,这个最小 D_{i+1} 值对应的节点 N_{i+1} 就是下一跳节点。此处点 X 是 N_i 的覆盖范围圆和以 G 点为圆心以线段 N_iG 为半径的圆的交点,该点的引入主要是为了获得 $\angle XN_iG$ 。(注:这一步即为 GPSR-AD 转发模式)

5) 转至 1)。

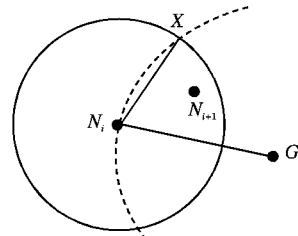


图 3 GPSR-AD 算法说明

2.3 GPSR-AD 算法的优势

GPSR-AD 算法的优点是在 C 点贪婪失败时,从其邻节点中找到一个距离目的节点 D 比较近并且更加贴近目的节点方向的节点作为下一跳节点,这样虽然不存在距离小于 CD 之间距离的节点,但是会将数据包传给 CD 方向上距离目的节点相对近的节点,这就避免了平面周边遍历中的多跳和不能及时回退问题。下面通过一个例子来说明:如图 4 所示,源节点 S 经节点 A, B 将数据传给节点 C ,在节点 C 处贪婪转发失败,GPSR 协议在 C 处进入平面周边遍历,经路由 $C-K-E-F-G-H-I-J-L-D$,将数据转发到目的节点 D ;GPSR-AD 协议在 C 点会选择节点 H 作为下一跳节点,经路由 $C-H-I-J-L-D$,最终将数据转发给目的节点。从图 4 中我们可以明显地看到 GPSR-AD 算法在 C 点转发数据时减少了跳跃的次数,提高了协议的效率。

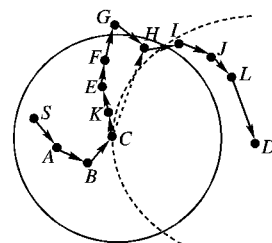


图 4 GPSR-AD 和 GPSR 路由过程

3 仿真实验与结果分析

我们采用网络模拟软件 NS2 对 GPSR-AD 和 GPSR 进行仿真,采用的仿真平台是 Windows XP + Cygwin + NS-2.31,网络中的节点数分别为 20、50、100、150、200 (分析分组传递率和丢包率时),100、150、200、250、300 (分析路由跳数时)。将这些节点分布在 $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ 的范围内;MAC 协议是 802.11;节点采用运动模型 random waypoint model 进行移动。

节点的最大移动速度为 20 m/s, 流量类型为 CBR, 随机产生 30 个 CBR 连接, 分组的长度为 512 B, 流量产生速率为 4 pps, 仿真时间为 100 s, 节点的传输范围为 250 m, 链路带宽为 2 Mbps。

图 5~图 7 分别给出了 GPSR 协议和 GPSR-AD 协议的在节点均匀分布、有一个空洞和有三个空洞时路由跳数的变化。如图 5 所示, 当网络中节点均匀分布也就是网络中不存在空洞时, GPSR 和 GPSR-AD 的传递数据的路径跳数没有大的区别, 它们的跳数相当。这是因为 GPSR-AD 协议主要是对 GPSR 协议的空洞问题的解决方法的改进, 所以当节点均匀分布时, 两者几乎采用相同的数据转发算法。随着网络中节点数的增加, 也就是说当网络中节点的密度逐渐增大时, 贪婪转发模式的优势就更加明显。

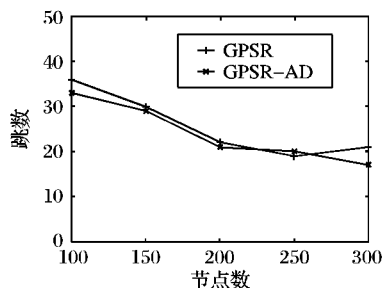


图 5 节点均匀分布的情况

如图 6 所示, 当网络中存在空洞时, 随着网络中节点数量的增加, GPSR 和 GPSR-AD 的性能也相应有所提高, 这是因为当节点密度较小时 GPSR 很容易出现贪婪转发失败的情况, 增加了进入平面周边遍历的次数, 而平面周边遍历正是影响 GPSR 效率的关键所在。从图 6 中我们可以看出当遇到空洞时, GPSR 的效率出现明显的下降, 而 GPSR-AD 因为避开了采用平面模式而保持很好的效率。图 7 中随着空洞数量增加, GPSR 进入平面模式的频率越高, 它的效率也相应降低的更大。

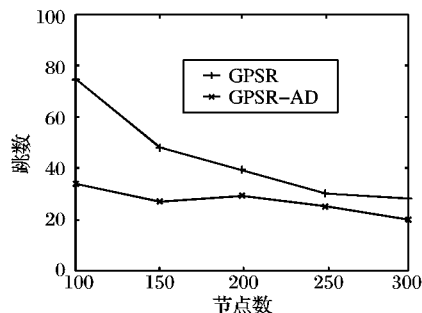


图 6 存在一个空洞的情况

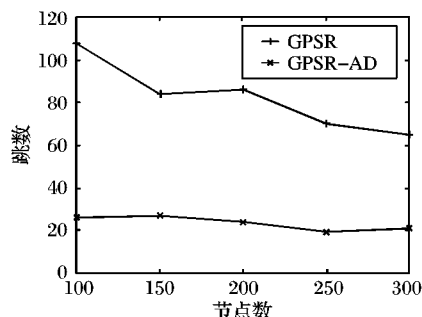


图 7 存在三个空洞的情况

图 8 反映出网络中节点数的变化对分组传递率的影响, 从图中我们可以看出当网络中节点数增加时, 这两个协议的分组传递率都有所下降, 但是 GPSR 的下降趋势更加明显。

图 9 给出了网络节点数的变化对丢包率的影响, 从图中可以看出当节点逐渐增加时, GPSR 和 GPSR-AD 的丢包率都有所增加, 当节点大于 100 时 GPSR 的丢包率明显增加, 而 GPSR-AD 在较大规模的网络中丢包率的变化并不大。

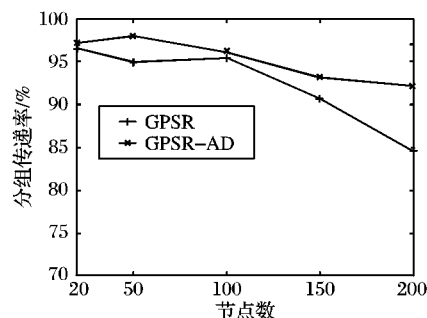


图 8 节点数对分组传递率的影响

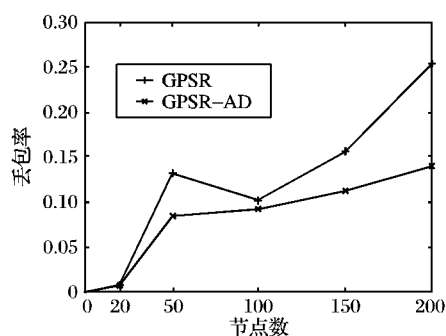


图 9 节点数对丢包率的影响

4 结语

在 GPSR 协议中, 当贪婪转发失败后它使用平面图周边转发法来找到下一跳节点, 这将大大降低了协议的效率。对 GPSR 算法改进后产生的新协议算法 GPSR-AD, 避开使用平面模式, 而从距离和角度综合考虑来选择下一跳节点。仿真结果表明 GPSR-AD 对于 GPSR 遇到空洞时的效率降低有了很大的改善。另外随着节点数的增加, GPSR-AD 在分组传递率和丢包率方面都比 GPSR 有较大优势。

参考文献:

- [1] 刘海燕, 李道全, 王怀彩, 等. 两类无线自组网路由协议的比较研究[J]. 网络安全技术与应用, 2009(3): 15-17.
- [2] KARP B. Greedy perimeter state routing [R]. USC / Information Sciences Institute, 1998.
- [3] KARP B, KUNG H T. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks [C]// MobiCom 2000: Proceedings of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking. Washington, DC: IEEE, 2000: 243-254.
- [4] FREY H, GORGEN D. Planar graph routing on geographical clusters[J]. Ad Hoc Networks, 2005, 5(3): 560-574.
- [5] SUN MIN-TE, MA XIAO-LI, LIU JUN. A greedy smart path pruning strategy for geographical routing in wireless networks [C]// MILCOM 2005: IEEE Military Communications Conference. Washington, DC: IEEE, 2005: 1326-1332.
- [6] 沈长星. 基于地理位置的移动 Ad Hoc 网络路由协议研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2006.
- [7] 吴一. 基于空间邻居的无线传感器网络路由算法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
- [8] 刘军. 无线自组网 MAC 协议及路由算法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2006.
- [9] 韩连胜, 罗卫兵, 李南翔. 基于地理路由协议 GPSR 的研究和改进[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(36): 160-162.