



一种面向移动 Ad Hoc 网络 DSR 协议的改进泛洪算法

丛佩丽¹, 赵恒²

(1. 辽宁机电职业技术学院信息工程系, 辽宁 丹东 118009;

2. 河南广播电视大学信息工程学院, 河南 郑州 450046)

摘要:在移动自组织网络中,基于移动节点地理位置辅助信息,提出了一种新的泛洪算法——位置辅助泛洪改进算法(ILFA),ILFA 通过节点位置信息重传广播分组并有效控制网络流量。此外,将 ILFA 应用于经典 MANET 源路由(dynamic source routing,DSR)协议中,通过限定请求区域和期望区域等限制路由发现的有效范围,进而通过设置提名广播重传邻居列表限定路由请求分组重传范围,有效减小 DSR 路由寻路分组的传播次数。仿真结果证明,和传统泛洪方案相比,ILFA 能够有效减小 DSR 路由协议的路由开销并提升 MANET 吞吐量。

关键词:移动 Ad Hoc 网络;路由发现;泛洪算法;地理位置;动态源路由协议

中图分类号:TP393.03

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016262

A novel improved flooding algorithm for DSR protocol in MANET

CONG Peili¹, ZHAO Heng²

1. Department of Information Engineering, Liaoning Jidian Polytechnic, Dandong 118009, China

2. School of Information Engineering, Henan Radio & Television University, Zhengzhou 450046, China

Abstract: In mobile Ad Hoc network (MANET), based on the geographical location of mobile nodes, a novel improved location- based flooding algorithm (ILFA) was proposed, which controlled network traffic effectively by rebroadcast routing packets according to geographical location. In additional, ILFA was also applied in the traditional dynamic source routing (DSR) protocol, which restricted the search range of routing discovery according to define request area and expected area, and then limited the RREQ rebroadcast range by assigning a nominated neighbors to rebroadcast RREQ (NNRR) list, in order to eliminate the number of rebroadcast RREQ of DSR. The simulation results demonstrate that, compared to the traditional flooding algorithm, ILFA can reduce the network overhead and improve the network throughput efficiently.

Key words: MANET, routing discovery, flooding algorithm, geographical location, dynamic source routing protocol

1 引言

移动 Ad Hoc 网络 (mobile Ad Hoc network, MANET)

由于具有节点平等、自组织性、扩展性和自愈能力强等特点,成为通信网络的主要研究内容,主要应用于拓扑动态变化和移动性强的应急通信、战场通信等场合^[1,2]。

目前,MANET 主要路由协议分为按需路由和表驱路由,其中,按需路由有 AODV^[3]、DSR^[4]、TORA^[5]等,表驱路由主要有 DSDV^[6]、DBF^[7]等。按需路由协议本质是源节点发送路由请求,通过中间节点转发至目的节点,进而通过路由请求回复信息得到源节点和目的节点之间的路由信息,具有简单、可靠性高、易于实现等特点。传统按需路由协议以 DSR 为例,使用盲泛洪方法发送路由请求(route request, RREQ)分组,源节点随机发送 RREQ 给邻居节点,邻居节点如果没有到达目的节点的路由,则继续广播发送 RREQ 给其他节点,直至目的节点返回源节点路由回复(route reply, RREP)分组,寻路结束。假设网络有 N 个移动节点,则最大广播重传 RREQ 次数为 $N-2$ 。因此,使用盲泛洪算法会导致网络开销增加和网络分组冲突加剧的问题,被称为广播风暴问题^[8]。广播风暴会增加网络开销和网络端到端时延^[9]。

为降低广播风暴问题影响,目前提出了很多改进泛洪算法,如概率泛洪^[10]、计数泛洪^[11]、区域泛洪^[12,13]、 N 跳泛洪^[14]等,这些算法均是从减小网络冗余信息的角度改进盲泛洪算法,算法提升性能有限。其中,区域泛洪算法基于节点 GPS 位置信息辅助,分为距离区域泛洪和定位区域泛洪两种,均是通过信号接收强度信息或者 GPS 定位信息判断邻居节点距离,从而尽可能选择距离远的邻居节点泛洪,以降低网络冗余信息,提升泛洪效率,如 EFPA 算法^[13]。EFPA 算法利用节点地理位置信息给发送节点的邻居节点设定不同的等待时间,设定距离最远的邻居节点具有优先发送路由分组 RREQ 的权利,而其他邻居节点在等待时间内判定各自邻居节点是否已经收到 RREQ。由于节点的高移动特性,最远邻居节点的位置极可能失效而导致类似于简单泛洪算法广播问题,同时由于等待时间的引入反而增加了网络寻路时间。因此,本文借鉴区域泛洪算法利用 GPS 位置信息的思想,设计一种新的泛洪算法。

本文利用节点 GPS 位置信息,提出了一种新的泛洪改进算法——位置辅助泛洪改进算法(improved location-based flooding algorithm, ILFA),通过计算得到请求区域和期望区域范围,进而设置提名广播重传邻居(nominated neighbors to rebroadcast RREQ, NNRR)列表,限定 RREQ 重传范围。此外,将 ILFA 应用于经典按需路由协议,最后通过仿真验证了算法的有效性。

2 ILFA

本节给出了泛洪改进算法 ILFA 的具体设计方案,旨

在通过减小冗余重传次数和限制路由发现区域获得网络性能的提升。ILFA 主要是利用节点地理位置信息及请求区域和期望区域,以实现 DSR 路由请求分组 RREQ 的有限制传输。MANET 节点的地理位置信息一般通过 GPS、北斗等辅助定位设备得到。

2.1 期望区域

期望区域是指源节点 S 预测目的节点 D 某时间 t 可能停留的区域,是节点 S 的一种预估。全网节点在网络初始建网时通过 hello 信息共享节点位置信息。设当前时间 t_1 ,节点 S 知道目的节点 D 在过去某时间 t_0 曾停留在位置 L ,故节点 D 的期望区域则是节点 S 根据节点 D 在过去时间 t_0 的位置 L 预测得到。如果节点 S 知道节点 D 以速率 v 沿某方向移动,则 S 预测节点 D 的期望区域为以位置 L 为中心,半径为 $v(t_1-t_0)$ 的圆形区域。如果实际速率大于平均速率,则节点 D 可能在时间 t_1 位于期望区域外部。

如果 S 没有节点 D 的先验位置信息, S 则认为整个节点分布区域为期望区域。当网络建立以后,随着网络节点间共享位置信息的次数越来越多,对目的节点历史位置信息积累越多,故期望区域的面积随着目的节点 D 的移动先验信息的积累逐渐变小。

2.2 请求区域

节点 S 发起路由时需要确定路由请求区域,只有当中继节点位于请求区域内时才转发路由请求(如果在请求区域外,则该中继节点放弃路由请求,不转发给邻居节点)。请求区域包括期望区域以及请求区域的一些周边区域。网络其他节点是通过收到路由请求分组后,根据路由请求分组包括的源节点的请求区域确定其是否在请求区域范围。

如果在限定时间内没有发现路由,源节点则扩展请求区域,将节点 S 到 D 所有路径上的区域外节点扩展到请求区域内,重新启动新的路由发现过程。此外,路由查找概率将随请求区域面积的增加而增大,同时路由发现开销随区域面积增加而变大。路由限定时间是根据传统路由寻路时间进行预设的,根据仿真实验结果可知,绝大多数路由是在路由限定时间内完成路由建立。路由请求区域的扩展是通过路由请求分组中包含的强制标识决定,当路由超过限定时间时,源节点 S 发送强制标识为真的路由请求分组,邻居节点收到后该分组后读取强制标识,如果强制标识为真,则放弃请求区域对节点转发的限制,向邻居节点转发该路由请求分组。



2.3 算法描述

设请求区域形状为矩形, 设 S 知道 D 在时间 t_0 的位置为 (X_d, Y_d) , 并且知道 D 以平均速率 v 移动。 S 定义时间 t_1 的期望区域为中心为 (X_d, Y_d) , 半径为 $R = v(t_1 - t_0)$ 的圆形区域。请求区域是包括了当前节点 S 位置和期望区域的最小矩形, 请求区域的两条边和期望区域圆周相切, 如图 1 所示。节点 D 发送带有其当前位置和时间信息的路由回复分组 RREP。

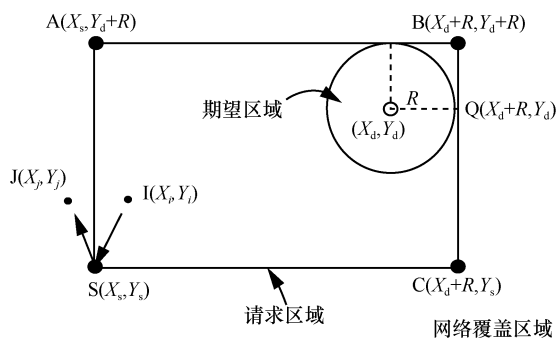


图 1 ILFA 期望区域和请求区域示意

ILFA 将移动节点无线传输范围切分为 4 个子区域, 从而限制路由发现范围, 如图 2 所示。ILFA 允许每个子区域内选择一个节点转发 RREQ 分组, 通过选择距离区域边缘最近的节点作为转发节点, 从而尽可能覆盖更大的传输区域。发送节点将提名广播重传邻居 (NNRR) 列表信息和请求区域信息添加到 RREQ 域进行传输。NNRR 列表信息包括下一跳将被作为转发节点的节点信息。任何收到 RREQ 的邻居节点会根据 RREQ 信息判断发送节点是否选择其为转发节点, 并且检查其是否在请求区域范围内: 如果是, 则划分传输区域, 选择新的转发节点, 并再次将其生成的 NNRR 列表信息和请求域范围信息等添加到 RREQ 后进行转发; 否则选择丢弃 RREQ。默认每个节点均能够得到地理位置信息, 并且所有节点均通过 hello 消息机制共享各自位置信息。

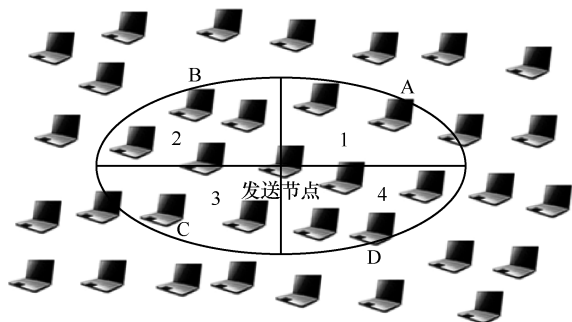


图 2 节点传输范围子区划分和节点子区定位

图 2 给出了移动节点划分传输范围子区域的示意, 通过式 (1) 判定邻居节点所属区域: 这里使用 S_x 和 S_y 表示发送节点 S 的坐标, 如果满足 $S_x \leq A_x$ 和 $S_y \leq A_y$, 则认为节点 A 在区域 1 内; 如果满足 $S_x > B_x$ 和 $S_y \leq B_y$, 则认为节点 B 在区域 2 内; 如果满足 $S_x \geq C_x$ 和 $S_y > C_y$, 则认为节点 C 在区域 3 内; 如果满足 $S_x < D_x$ 和 $S_y \geq D_y$, 则认为节点 D 在区域 4 内。

当邻居节点定位到合适的区域内后, 计算发送节点到每个邻居节点的距离, 如:

$$Distance(S, N) = \sqrt{(S_x - N_x)^2 + (S_y - N_y)^2} \quad (1)$$

其中, N_x 和 N_y 表示邻居节点 N 的 x 轴坐标和 y 轴坐标, 根据式 (1), 节点 S 将知道和每个邻居节点之间的距离, 故节点 S 定位到邻居节点所在区域, 计算与邻居节点之间的距离。为了选择每个子区的提名发送邻居节点, 节点 S 通常选择子区内距离最远的节点, 以得到更远的覆盖范围。图 3 给出了收发双方处理 RREQ 的简要流程。

如图 3 所示, 以发送节点处理流程为例, 当发送节点准备发送 RREQ 分组时, 首先定位其邻居节点所处子区位置, 并确定协作子区信息, 根据待选下一跳节点信息设置 NNRR, 并将其加入 RREQ 相关域中, 最后发送 RREQ。其次, 以接收节点处理流程为例, 当收到 RREQ 分组后, 接收节点检查收到的 NNRR 信息域, 根据 NNRR 信息判断节点自身是否为待转发节点: 如果是, 则决定转发 RREQ; 否则, 丢弃该 RREQ 分组。当决定转发 RREQ 后, 判断节点自身是否包括有到目的节点的有效路由: 有则发送 RREP 回复分组; 否则, 使用 ILFA 并再次转发 RREQ 分组。如图 2 中 NNRR 提名的节点 ABCD, 收到 RREQ 后, 核查 NNRR 域确定包含各自 ID 地址, 若有, 则同发送节点 S 一样执行转发 RREQ 步骤。

3 性能评估

为了评估 ILFA 性能, 使用网络仿真软件 OPNET 14.5 仿真比较和分析了标准 DSR 路由协议^[4]、基于区域泛洪 EFPA 的 EFPA-DSR 路由协议^[13] 和基于 ILFA 算法的 ILFA-DSR 路由协议性能^[15]。

3.1 仿真环境

网络主要仿真参数如下: 信道带宽 2.1 Mbit/s, 信号传输范围 300 m, 100 个节点数目随机分布在 1 km² 的方形区域内, 节点移动轨迹服从随机路点移动模型^[16], 节点移动速度为 15 m/s, 路由请求限定时间设置为 100 s。节点采用服从泊松分布的 on-off 业务发送模型, 分组大小

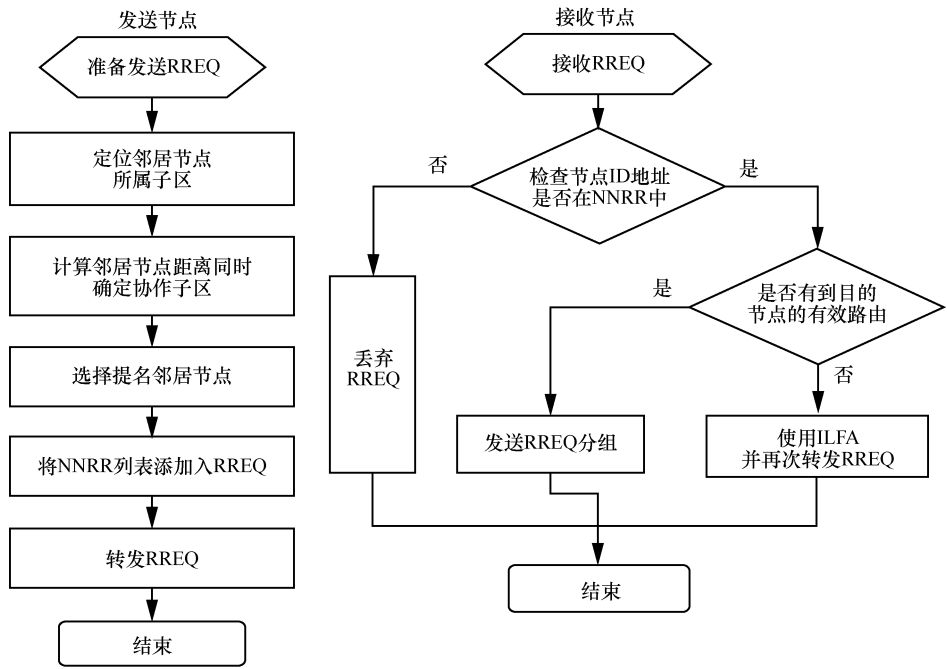


图 3 收发节点的 RREQ 分组处理流程

为 1 024 byte, 分组发送速率分别为 10 分组/s, 业务流数目分别为 5、10、15、20 和 25, 每条业务流的源节点和发送节点随机选择。链路层协议使用 IEEE 802.11 DCF 协议。每次仿真过程的运行时间设为 600 s。

3.2 性能指标

仿真过程中, 使用网络吞吐量、网络开销、分组投递率等评估协议性能优劣。网络吞吐量指所有目的节点在 1 s 内成功接收到的数据分组数目。网络开销指所有节点仿真运行时间内发送的路由分组数目。分组投递率指网络中所有目的节点在仿真时间内成功接收到的数据分组数目除以所有源节点发送的分组数目。

3.3 性能分析

由于 MANET 中所有节点具有随机、高度移动特性, NNRR 中最远的邻居节点存在一定概率移动出通信范围。因此, 考虑到收发双方由于远距离造成的冲突、干扰和信道容量下降等问题, NNRR 列表中的部分邻居节点可能不能正确接收 RREQ 分组。由于 NNRR 邻居的选择是基于邻居节点和发送节点距离, 因此首先通过仿真不同阈值条件下 NNRR 邻居节点的分组传输概率, 每个阈值条件下独立运行 50 次求统计平均, 仿真结果如图 4 所示。从仿真曲线可知, 当邻居节点和发送节点传输范围小于 80% 时, 分组传输成功概率保持在 95% 以上, 但当大于 80% 以后, 分组

接收情况快速恶化, 100% 时达到 72%。因此, 故本文设定如下规则: 只有当邻居节点和发送节点不超过发送节点传输范围的 80% 时, 才能够被选择为 NNRR 邻居。

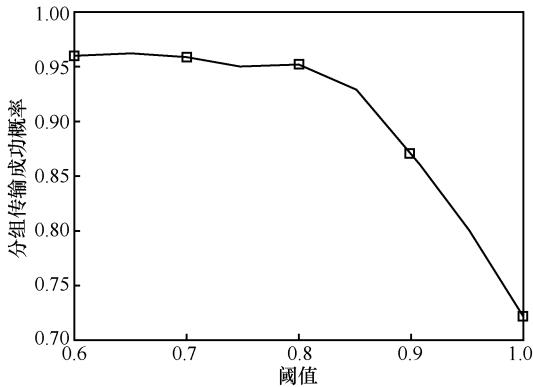


图 4 不同阈值条件下 NNRR 中邻居节点的分组传输成功概率仿真结果

其次, 分析 ILFA-DSR 协议的网络吞吐量性能。图 5 给出了网络吞吐量随网络业务流数目变化的仿真结果。如图 5 所示, ILFA-DSR 吞吐量性能明显优于 EFPA-DSR 和标准 DSR, 这是因为 ILFA 降低了 DSR 中的路由分组的转发数目, 释放了网络的信道带宽资源, 同时降低了网络中的分组冲突和信道资源竞争程度, 获得了网络吞吐量的性能提升。而 EFPA-DSR 路由协议中, 规定发送节点距离最远的邻居



节点具有优先发送 RREQ 分组的权利,但由于节点的移动性存在最远节点距离失效的可能性,有可能触发发送节点的其他邻居节点发送 RREQ 分组,故其性能提升有限。

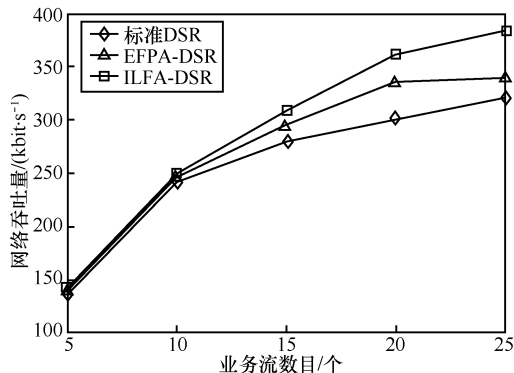


图5 吞吐量随网络业务负载变化仿真结果

图6给出了网络开销随网络业务负载变化的仿真结果。如图6所示,随业务负载增加,标准DSR网络开销急剧增加,而ILFA-DSR网络开销缓慢增加,性能优于另外两者。EFPA将GPS获得的节点地理位置信息用于计算邻居节点距离源节点距离,进而根据距离给邻居节点设定不同的等待时间,而由于节点的高移动特性,这种等待时间很可能失效,并不能够准确反映出实际节点之间的距离,因此对于减小DSR协议中RREQ分组数目影响有限。

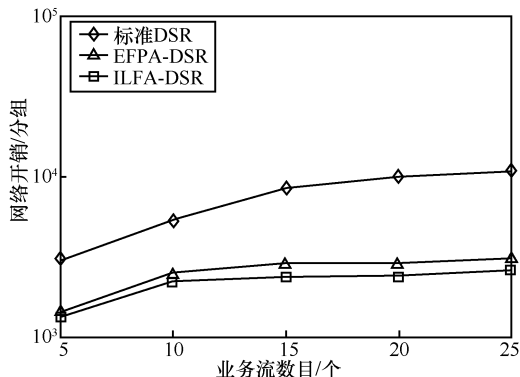


图6 网络开销随网络业务负载变化性能仿真结果

图7分别给出了分组投递率的仿真结果。从图7中可以看出,业务流数目较大时,网络中的路由分组数目通过ILFA-DSR协议减小后,能够大大降低数据分组冲突,缓解网络拥塞,提高分组投递率。

4 结束语

为了有效避免传统MANET路由协议泛洪算法导致的

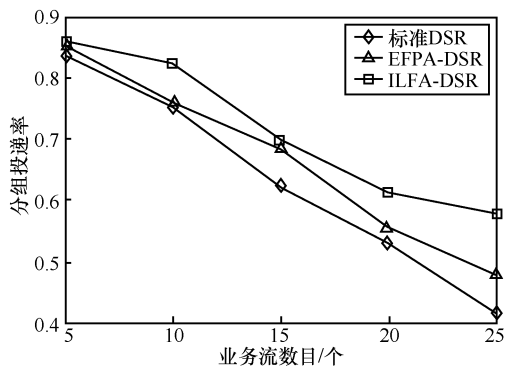


图7 分组投递率随网络业务负载变化性能仿真结果

广播风暴问题,基于节点地理位置信息,本文提出了ILFA,通过节点位置信息计算源节点请求区域和目的节点的期望区域,并据此设定提名广播重传邻居列表NNRR,实现路由分组数目RREQ传播的区域限定和数目缩小。再者,将ILFA运用于DSR路由协议中,使用OPNET仿真分析了ILFA-DSR协议性能。仿真结果证明,相比于传统泛洪算法和EFPA泛洪算法,ILFA能够有效大幅提升DSR路由协议的网络性能。

参考文献:

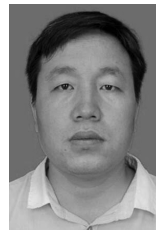
- [1] ABRAHAM M, JON C, EIKO Y, et al. Evaluating opportunistic network in disaster scenarios[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2013, 36(2): 870-880.
- [2] 杨威. 战术Ad Hoc网络认证框架[J]. 通信对抗, 2014, 33(4): 31-35.
YANG W. A framework in tactical Ad Hoc networks authentication[J]. Communication Countermeasures, 2014, 33(4): 31-35.
- [3] VINOD K V, SURINDER S, NAGENDRA P P. Analysis of scalability of AODV routing protocol in wireless sensor networks[J]. Optik, 2014, 125(2): 748-750.
- [4] 苏恒阳. 基于能耗指导分布式网络分簇路由协议优化 [J]. 控制工程, 2014, 21(4): 554-559.
SU H Y. Cluster routing optimization design of distributed network based on energy consumption guidance [J]. Control Engineering, 2014, 21(4): 554-559.
- [5] DU C, QUAN H, CUI P. Performance comparison of carrier sense random packet CDMA and partitioned slot reservation packet CDMA[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014: 2684-2688.
- [6] 潘丽君, 李厚民. 战术分队网络中DSDV与AODV协议应用仿真[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(10): 2476-2485.
PAN L J, LI H M. Application simulation for DSDV and AODV protocols in tactical unit network [J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(10): 2476-2485.

- [7] DU C, QUAN H, CUI P, et al. Carrier sense random packet CDMA protocol in dual-channel networks[J]. Radio Engineering, 2015, 24(1): 1-11.
- [8] 游波, 牟荣增, 阎跃鹏. 限制 TTL 的 PREQ 广播风暴抑制方案[J]. 重庆大学学报, 2014, 37(8): 119-126.
- YOU B, MOU R Z, YAN Y P. A TTL limited scheme to reduce PREQs broadcast storm[J]. Journal of Chongqing University (Natural Science Edition), 2014, 37(8): 119-126.
- [9] KIM C, KO Y B, VAIDYA N H. Link-state routing without broadcast storming for multichannel mesh networks [J]. Computer Networks, 2010, 54(2): 330-340.
- [10] WILLIAMS B, CAMP T. Comparison of broadcasting techniques for mobile ad hoc networks [C]//The 3rd ACM international symposium on MANET & Computing, June 9-11, 2002, Lausanne, Switzerland. New York: ACM Press, 2002: 194-205.
- [11] NI S Y, TSENG Y C, CHEN Y S, et al. The broadcast storm problem in a mobile Ad Hoc networks [J]. Wireless Networks, 1999, 8(2/3): 151-162.
- [12] FAYEZ K, ISMAIL A, ZAKI M. Forwarding group maintenance of ODMRP in MANETs[J]. Procedia Computer Science, 2013(19): 289-296.
- [13] CHAN J, CHAEWOO L. An efficient flooding algorithm for position-based wireless ad hoc networks[C]//The 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, Nov 11-13, 2008, Busan, Korea. New Jersey: IEEE Press, 2008: 13-20.
- [14] LE T D, CHOO H. Efficient flooding scheme based on 2-hop backward information in ad hoc networks[C]//IEEE International Conference on Communications, May 19-23, 2008, Beijing, China. New Jersey: IEEE Press, 2008: 2443-2447.
- [15] 赵科莉, 寇明延, 李波, 等. 基于 HLA/pRTI1516 和 OPNET 的航空战术数据链仿真系统 [J]. 电光与控制, 2014, 21(1): 33-37.
- ZHAO K L, KOU M Y, LI B, et al. A simulation system for aero tactical data link based on HLA/pRTI1516 and OPNET[J]. Electronics Optics & Control, 2014, 21(1): 33-37.
- [16] 宋晓宇, 邱泽阳. 基于随机路点模型传感网络抗干扰技术研究[J]. 计算机仿真, 2011, 28(11): 141-144.
- SONG X Y, QIU Z Y. Research on network anti-jamming technology based on random waypoint model sensor[J]. Computer Simulation, 2011, 28(11): 141-144.

[作者简介]



丛佩丽(1977-),女,辽宁机电职业技术学院信息工程系副教授,主要研究方向为网络与信息安全。



赵恒(1980-),男,河南广播电视大学信息工程学院讲师,主要研究方向为嵌入式产品开发。