

一种改进的 LAR 方向路由算法

牟 强, 姚丹霖, 姚宗福

(国防科学技术大学 计算机学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 针对 LAR 算法因请求区域过小而漏选最佳路由的情况, 提出改进型方向路由算法 IM_LAR, 通过增加很小的路由请求负载以确保选择到最佳路由. 仿真结果表明, IM_LAR 算法应用于节能路由算法时, 具有很好的节能性能.

关键词: 移动自组网; 位置辅助路由; 方向路由; 节能; 生存时间

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)04-0030-04

An Improved Direction Routing Algorithm Based on LAR

MOU Qiang, YAO Dan-lin, YAO Zong-fu

(School of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: An improved direction routing algorithm based on LAR, IM_LAR, is designed to overcome the problem that LAR may not select optimal route caused by unsuitable request zone. A little portion of routing request burden in IM_LAR is involved than in LAR. Simulation results show that smart performance is achieved when IM_LAR is applied to energy effective routing.

Key words: Ad Hoc; LAR; direction routing; energy-effective; lifetime

1 引言

方向路由协议作为 Ad Hoc^[1] 网络路由协议的一个分支, 得到人们越来越广泛的关注. 文献[2]提出了一种基于方向的泛洪式定位算法, 该算法使接收到路由请求包的全部节点都能判断出自己的方向, 是完全基于方向的、完全分布的定位策略; 文献[3]提出了一种带路径优化的增强 LAR1 协议 (ELAR1), 通过在接收到的路由请求包中获取其他转发节点的位置信息, 提高发起路由请求时预知目的节点位置的几率, 从而优化了路径并降低了网络内路由广播包的数量; 文献[4]提出 RAPIT 算法, 该算法引入限定距离的概念, 将引起误差的节点的位置限定在以锚节点为圆心, 以限定距离为半径的圆的重叠区域内; 文献[5]提出了 DFR 策略, 接收的数据包记录数据包的发送源方向, 当数据包转发失败时, 通过记录的最近发送源方向进行路由修复, 从而恢复路由; 文献[6]提出了 SSR 协议, 该协议算法

采用构建空间模型, 将场景知识引入路由过程的方法, 通过在路由前规避拓扑漏洞来改善和提高路由性能. 文献[7]将方向路由应用到无线自组网, 在节点间多跳导致的同频干扰与所有节点消耗的总功率之间取得了折衷平衡.

以上研究仅考虑了选择最短路径时使用方向路由, 而没有考虑在节能路由处理上使用方向路由. 本文对 LAR 算法进行改进, 提出了 IM_LAR (Improved LAR) 算法, 并结合节能路由选择算法 MB-CR^[8], 实现了一个高效的节能路由算法.

本文采用最小电池开销路由 MBCR^[6] (Minimum Battery Cost Routing) 作为路由选择的依据, 该算法定义一个节点开销函数, 选择一条节点电池开销之和最小的路径作为最佳路由, 从而避免使用剩余能量较低的节点. 其算法如下:

设节点 n_i 的剩余能量为 E_i , 则节点 n_i 的开销函数 $f(E_i)$:

$$f(E_i) = 1/E_i \quad (1)$$

随着节点能量的下降,节点 n_i 的开销函数的值将增大. 设有路由 $r_i = n_1, n_2, \dots, n_j$, 其中 n_1 是源节点, n_j 是目的节点, 则路由 r_i 的总开销:

$$f(r_i) = \sum_{i=1}^j f(E_i) \quad (2)$$

那么选择的最小开销路由 $r_{\min}$ 满足:

$$f(r_{\min}) = \text{MIN}\{f(r_i) \mid r_i \in A\} \quad (3)$$

式中, A 是所有以 n_1 为源节点、 n_j 为目的节点的可能路由的集合. 在多条路径中, $f(r_{\min})$ 越小, 表示节点参与转发数据分组的意愿程度越大.

2 LAR 算法分析

LAR 算法利用请求区域位置信息, 缩小路由查找范围, 大大减少了路由请求的负载, 其算法也存在不足之处.

(1) LAR 算法 1, 可能会漏选掉源节点泛洪情况下找到的最佳路径, 如图 1 所示, 图中节点旁的数字表示节点剩余能量. 节点 A 和 D 之间有两条路径: 路径 1 (A, B, C, D) 和路径 2 (A, E, F, G, H, I, D). 如果按 MBCR 路由算法选择路由, 路径 1 中 B、C 节点总开销为 0.833, 路径 2 中 E、F、G、H、I 节点总开销为 0.763, 根据式(1), 节点 A 会选择路径 2 传输数据. 但是, 在 MBCR 算法上使用 LAR 算法 1 时, 路径 2 在请求区域外, 因此节点 A 最后选择路径 1 作为数据传输路径, 漏选了最佳路径 2.

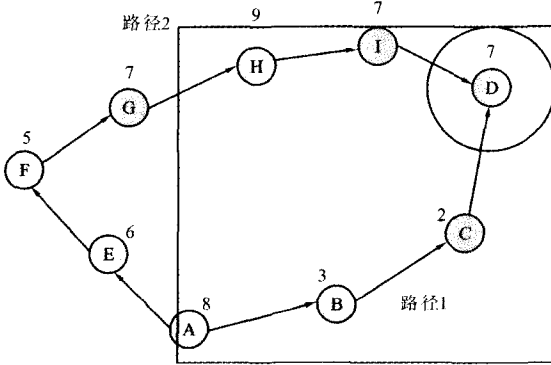


图1 漏选最佳路径

(2) LAR 算法 2, 该算法通过设置 α 和 β 参数确定节点的请求区域, 从而选择路径中符合距离要求的下一跳节点. 节能路由算法是根据网络节点剩余能量作为度量标准, 尤其当网络节点剩余能量不均匀时, 要想把路径 2 纳入节点 A 的请求区域, α 和 β 参数很难确定.

3 IM_LAR 路由算法实现

IM_LAR 算法同 LAR 算法 1 一样使用一个矩

形的请求区域, 如图 2 所示.

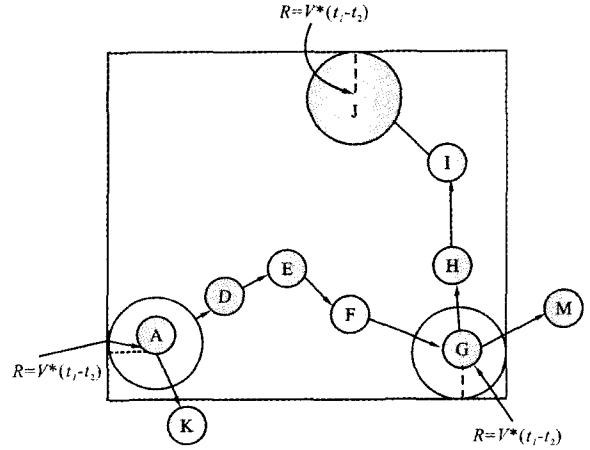


图2 IM_LAR路由算法

假设节点 A 知道 t_0 时刻到目的节点 J 路径上的最大、最小横坐标位置信息 ($X_{\max}, X_{\min}$) 和最大、最小纵坐标位置信息 ($Y_{\max}, Y_{\min}$). 在 t_1 时刻, 节点 A 发起新的到目的节点 J 的路由查找. 为描述方便, 假设网络中每个节点的最大速度相等, 节点 S 确定在 t_1 时刻目的节点 D 的请求区域是以 $(X_{\min} - V(t_1 - t_0)), (X_{\max} + V(t_1 - t_0)), (Y_{\min} - V(t_1 - t_0)), (Y_{\max} + V(t_1 - t_0))$ 组成的矩形. 在 RREQ 包中增加如下四个字段:

- ① RZ_left: 请求区域左边界, $\text{RZ_left} = \max((X_{\min} - V(t_1 - t_0)), \text{网络左边界})$.
- ② RZ_right: 请求区域右边界, $\text{RZ_right} = \min((X_{\max} + V(t_1 - t_0)), \text{网络右边界})$.
- ③ RZ_lower: 请求区域下边界, $\text{RZ_lower} = \max((Y_{\min} - V(t_1 - t_0)), \text{网络下边界})$.
- ④ RZ_upper: 请求区域上边界, $\text{RZ_upper} = \min((Y_{\max} + V(t_1 - t_0)), \text{网络上边界})$.

节点处理和转发路由请求的流程图如图 3 所示.

源节点计算出期望区域的四个边界值, 在发起路由查找时将它们记录在 RREQ 中. 当节点接收到一个 RREQ 包时, 首先判断该 RREQ 包是否是重复收到的最新包, 如果是则销毁该 RREQ 包; 如果不是, 则再判断本节点是否是目的节点, 如果是则回复 RREP 包; 如果不是, 则将本节点位置坐标与收到的 RREQ 包中的边界字段相比较, 如果本节点在边界范围内则接收并继续定向广播该 RREQ 包, 否则销毁该 RREQ 包. 比如, 在图 2 中, 如果节点 K 或 M 接收到 A 发送的 RREQ 包, 判断自己的位置不在矩形区域内, 就丢弃该 RREQ 包; 相反, 节点 D、E、F、G、H、I 接收到该 RREQ 包, 判断自己的位置

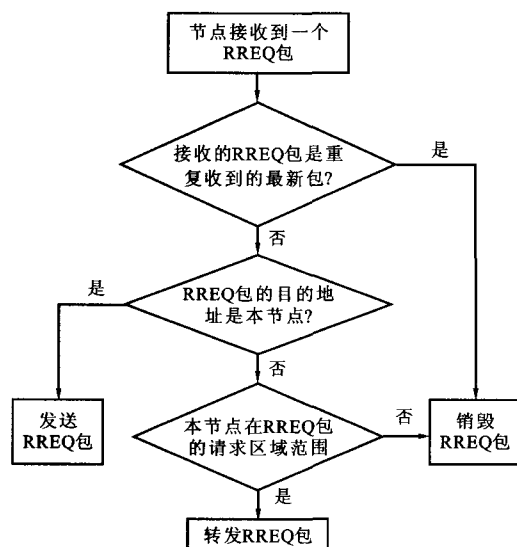


图3 节点处理和转发路由请求的流程图

在请求区域内,就转发该 RREQ 包。

当目标终端接收到 RREQ 后,会向相应的源节点回复一个 RREP 包。IM_LAR 算法中,节点在 RREP 包中增加 5 个字段:

- ① Route_left: 路径最小横坐标信息;
- ② Route_right: 路径最大横坐标信息;
- ③ Route_lower: 路径最小纵坐标信息;
- ④ Route_upper: 路径最大纵坐标信息;
- ⑤ 当前时间 Dt.

每个节点定义一个队列指针 DestRoutePositionEntry, 指向用来存储节点接收到的 RREP 中相关信息的目的路径表 DestRoutePositionTable, 该表的数据结构定义如下:

```

typedef struct
{
    IP_Addr  Dest; //目的节点地址
    Double   Route_left; //路径最小横坐标信息
    Double   Route_right; //路径最大横坐标信息
    Double   Route_lower; //路径最小纵坐标信息
    Double   Route_upper; //路径最大纵坐标信息
    Double   T; //获得目的节点路径信息的时间
}DestRoutePositionTable;
  
```

节点接收和转发路由应答流程图如图4所示。设目的节点位置为(X,Y),当目的节点发起路由回复时将 RREP 包的四个字段值(Route_left、Route_right、Route_lower、Route_upper)分别设为(X,X,Y,Y),将 RREP 包的 Dt 置为当前时间。当节点接收到一个 RREP 包时,将本节点位置坐标和收到的 RREP 包中记录的位置范围相比较,如果不在位置范围内,则对 RREP 包的位置字段进行调整,并将

调整后的位置字段和 RREP 的 Dt 字段记录到目的路由表队列,位置字段的调整处理过程如下:

- 如果 $X < \text{Route_left}$, 则 $\text{Route_left} = X$;
- 如果 $X > \text{Route_right}$, 则 $\text{Route_right} = X$;
- 如果 $Y < \text{Route_lower}$, 则 $\text{Route_lower} = Y$;
- 如果 $Y > \text{Route_upper}$, 则 $\text{Route_upper} = Y$ 。

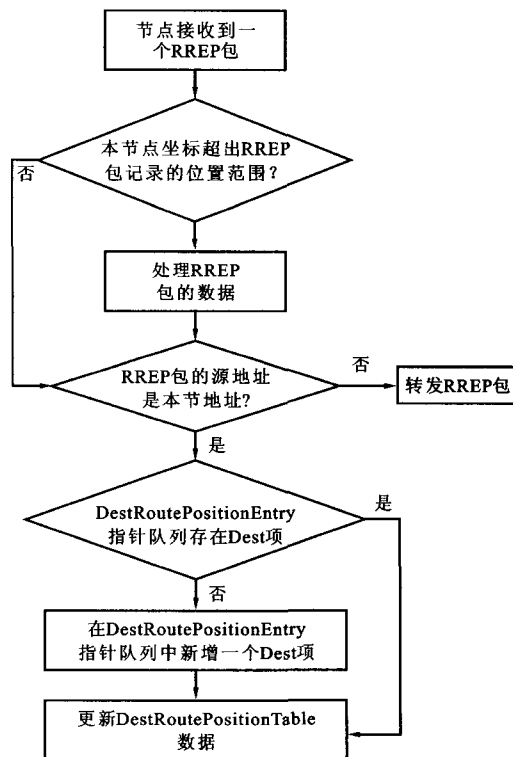


图4 节点接收和转发路由应答

如果本节点位置在 RREP 包的位置范围内,则直接将 RREP 的位置字段和 Dt 记录到目的路由表队列中。

然后节点判断 RREP 包的源地址是否是本节点,如果是源节点接收到 RREP 包,说明反向路由已建立完成;如果不是源节点,则继续转发该 RREP 包。

4 仿真实验与数据分析

4.1 实验目的

当节点停顿时间分别为 0 s、100 s、200 s、300 s、400 s、500 s、600 s 时,比较 MBCR 算法和在 MBCR 算法基础上引入 IM_LAR 算法时,网络接收 RREQ 包的数目、网络生存时间、网络剩余能量等方面的性能,以验证 IM_LAR 算法能否实现网络节能。

4.2 实验环境

仿真软件为 OPNET Modeler 14.5 版本,网络环境和相关参数设置如下:

(1) 网络中设置 50 个节点,随机分布在 $1\ 200\text{ m} \times 1\ 200\text{ m}$ 的场景内,其中有 10 个数据发送节点;

(2) 数据包大小为 exponential(1024),节点产生包的间隔时间为 constant(1),每个节点发送的地址为随机地址;

(3) 每个节点的初始能量为 900 J,仿真时间 600 s,带宽 2 Mb/s;

(4) 节点采用间隔运动方式,按照 Random Waypoint 模型进行运动,每次停顿一段时间后,重新计算下一个目的位置,如此反复;

(5) 节点移动速度均匀的分布于 $0 \sim 20\text{ m/s}$ 。

4.3 仿真结果

通过仿真对比,显示了在节能路由上使用改进的方向路由协议大大减少了 RREQ 包的泛洪,并且在节能性能方面也有较大的改善。从网络生存时间看,停顿时间在 200 s 后,IM_LAR 算法网络生存时间在逐渐增长,而 MSCR 网络生存时间却是在逐渐降低。从网络剩余能量看,停顿时间为 100 s 时,网络剩余能量比 MSCR 小外,其余停顿时间都比 MSCR 大。因此,在节能路由上使用改进的方向路由算法,不仅降低了网络的泛洪数目,并且也一定程度上减少了网络能量消耗、延长了网络生存时间。

5 结束语

本文提出了 IM_LAR 算法。与 LAR 算法所追求的目标一致,IM_LAR 算法也是着眼于降低网络内路由广播包的数量和减小路由寻找开销。但 IM_LAR 通过合理地扩大请求区域,将源节点到目的节点路径上所有节点包含在期望区域内,从而使源节点不会将最早建立的路径排除在外,在少量增加路由请求泛洪的情况下,能够比 LAR 算法寻找到更

优的路径。仿真数据表明,改进后的算法应用到节能算法时,在网络接收的 RREQ 包数目、网络的生存时间、网络的剩余能量等性能方面都有一定程度的提高,达到了节能的目的。

参考文献:

- [1] 徐明,曹建农,彭伟,等. 移动计算技术[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [2] 顾学迈,曹贺秋,石硕. Ad Hoc 网络中一种基于方向的定位算法[J]. 计算机工程与应用,2008,44(7):155-157.
- [3] 王庆辉,拱长青,王光兴. 一种 MANET 网络的位置辅助路由协议[J]. 小型微型计算机系统,2005,26(11):1890-1893.
- [4] 冯秀芳,曹美丽,孙超. 无线传感器网络基于 APIT 的混合定位算法[J]. 微电子学与计算机,2009,6(26):58-61.
- [5] Lee YengZhong, Gerla Mario, Chen Jason, et al. "Direction" forward routing for highly mobile ad hoc networks [J]. Ad Hoc & Sensor Wireless Networks, 2006(10):1-18.
- [6] 朱本浩,姚明海. 基于空间位置和场景的 Ad Hoc 路由协议[J]. 微电子学与计算机,2010,27(2):163-166.
- [7] Hu B, Gharavi H. Directional routing protocols for ad-hoc networks[J]. IET Communications, 2008,2(5):650-657.
- [8] Vergados Dimitrios J, Pantazis Nikolaos A, Vergados Dimitrios D. Energy-efficient route selection strategies for wireless sensor networks[J]. Mobile Networks and Applications, 2008(13):285-296.

作者简介:

牟强 男,(1976-),硕士研究生. 研究方向为无线网络.
姚丹霖 男,(1964-),博士,教授. 研究方向为无线网络与信息安全.
姚宗福 男,(1979-),硕士研究生. 研究方向为无线网络.

(上接第 29 页)

- [7] Chen D, Varshney P. QoS support in wireless sensor networks: A survey[C]// Proceedings of the 2004 International Conference on Wireless Networks (ICWN'04). Las Vegas, USA: KEG, TSinghua, 2004: 227-233.

作者简介:

晏 鳌 男,(1986-),硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络、网络 QoS 保障等.
白光伟 男,(1961-),教授,博士. 研究方向为网络体系结构和协议、传感器网络、多媒体网络 QoS 等.
江晶晶 男,(1985-),硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络等.