

# 无线 Ad Hoc 网络中 AODV 路由算法的改进研究

臧小东<sup>1</sup>, 宗平<sup>2</sup>

(1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210023;

2. 南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京 210023)

**摘要:**无线 Ad Hoc 网络是一个临时多跳的自治系统。网络中各节点地位平等,既可以做主机也可以做路由器。Ad Hoc 网络有着广泛的应用,已成为当前研究的热点之一。由于 Ad Hoc 网络拓扑结构频繁变化,文中提出了一种改进的 AODV 路由协议-R\_EAODV。R\_EAODV 路由协议通过查看每个节点的剩余能量进行链路修复。通过仿真发现 R\_EAODV 在分组传送成功率、平均端到端时延、路由开销等性能方面都得到了有效的改善,特别是当节点能量不足时进行链路修复以发现新的路由,更适用于拓扑结构变化快的网络环境。

**关键词:**无线 Ad Hoc 网络;按需距离矢量路由;AODV 路由协议

**中图分类号:**TP311

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)10-0041-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.10.010

## Study of Improvement of AODV Routing Algorithm in Wireless Ad Hoc Network

ZANG Xiao-dong<sup>1</sup>, ZONG Ping<sup>2</sup>

(1. College of Computer, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210023, China;

2. College of Overseas Education, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** Wireless Ad Hoc network is a temporarily multi-jump autonomy system. Each node in the network has equal status, can do the host, also can do the router. Ad Hoc network is widely used, which has become one of the research hotspots. As the Ad Hoc network topology structure changes frequently, the improved AODV routing protocol, called R\_EAODV, is proposed. The R\_EAODV routing protocol has repaired the link by looking at the residual energy of each node. The simulation results show that the packets transmitting, average edge-to-edge delay, routing spend in the R\_EAODV are improved. R\_EAODV is specially suitable for the network environment with topological structure changed fast, when some node's energy is not enough to support the data packet transmission.

**Key words:** wireless Ad Hoc network; on demand distance vector routing; AODV routing protocol

## 0 引言

无线 Ad Hoc 网络没有固定的网络基础设施,网络中的各节点地位平等。网络的拓扑结构频繁变化,导致各节点可以动态地添加或从网络中移除。Ad Hoc 网络与其他传统的通信网络相比具有独立性、无中心和自组织、动态变化的网络拓扑结构及跳路由等特点,可以广泛应用于军事通信、紧急救援、传感器网络等场合<sup>[1-2]</sup>。Ad Hoc 网络拓扑结构频繁变化,路由协议的优劣关乎着网络中的消息能否安全顺利的传递。当今 Ad Hoc 网络的路由协议主要包括 DSDV<sup>[3]</sup>

(Destination-Sequenced Distance Vector Routing) 协议、DSR (Dynamic Source Routing) 协议、TORA<sup>[4]</sup> (Temporally-Ordered Routing Algorithm) 协议和 AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector) 协议等。AODV 是典型的按需路由协议,能较快地适应动态变化的网络,路由开销小。

## 1 AODV 路由协议

AODV 路由协议包括路由发现和路由维护两种机制。结合了 DSDV 算法和 DSR 算法,利用序列号机

收稿日期:2013-01-17

修回日期:2013-04-23

网络出版时间:2013-07-24

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2006AA01Z208);江苏省科技支撑项目(BE2009157)

作者简介:臧小东(1985-),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向为分布计算技术及应用;宗平,教授,硕士生导师,研究方向为计算机网络技术、智能数据处理技术、物联网技术、软件工程等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130724.0945.014.html>

制,查看网络中是否有环路。利用洪泛法相邻节点发送 RREQ 路由请求分组。MANET 工作组把 AODV 路由协议作为第一个 RFC 标准的路由协议。AODV 的路由表主要包括:目的 IP 地址、目的节点序列号、目的节点标志、路由标志和状态、网络接口状态、到达目的节点的跳数、下一跳 IP、生存时间等消息。

1.1 AODV 路由发现

在通信过程中 AODV 路由协议,查看路由表是否有未过期并能到达目的节点的路由,有就直接转发,反之启动路由发现过程。AODV 路由协议利用中间节点建立和维护路由表,源节点向邻节点广播 RREQ,邻节点收到 RREQ 后查看是否收到过该分组,如果之前收到该路由分组就丢弃,反之查看是不是目的节点,是则跳数加 1 并向下转发。节点会收到邻节点发送来的多个 RREQ 副本,通过对 RREQ 分析找到需要的节点信息。目的节点收到源节点发送的消息后,就发送应答消息,建立一条路径。

1.2 AODV 路由维护

AODV 路由协议通过向邻节点广播发送 HELLO 消息对链路进行维护。其具体过程为:节点周期性地向相邻节点广播“HELLO”消息<sup>[5]</sup>。在超时重传寄存器设定的时间内,如果还没有收到 HELLO 分组则认为该链路已经断开。对断开节点进行修复,首先广播一个 RREQ 给中断的节点,若不可达的节点收到 RREQ 就会给源节点发送应答消息 RREP,不可达中间节点就展开路由重建过程。如果没有收到 RREQ 视为没有修复好链路,节点向所有的邻节点广播 RERR 消息,此消息是由中断节点 IP 与邻居节点 IP 通过 RERR 来广播,其他节点便知道链路断开了。

2 改进的 R\_EAODV 算法

AODV 中采用洪泛广播 RREQ 分组来寻找路由,若 Ad Hoc 网络中全部有任务传送的节点都通过该方式来寻找目的节点,则容易造成网络拥塞、分组丢失等后果,严重影响了网络的性能。为了提高网络的效率,文中提出了 R\_EAODV 路由协议对 AODV 进行改进。

R\_EAODV 的改进策略是通过查看每个节点的剩余能量进行链路修复。当节点的剩余能量小于某个设定值时,无需向源节点进行报告进行路由重选,直接在该节点进行链路修复,这样就可以在链路中断后迅速找到能够传输数据的路由,既可以节省时间又避免了重新寻找路由带来的开销,这样 R\_EAODV 在移动性较高的网络环境中也具有较好的性能。基于上述思想,R\_EAODV 路由协议描述如下。

根据能量消耗模型<sup>[6-7]</sup>,假设节点在不进行数据传播过程中,能量不会消耗。在此模型中,节点在数据

传播中消耗的能量为  $E_{elec}$ ,能量消耗与传输距离的平方( $d^2$ )成正比。

$$E_{Tx}(k,d) = (E_{elec} + E_{amp} \times d^2) \times k \tag{1}$$

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} \times k \tag{2}$$

显然,节点的能量消耗跟接收与转发的分组数量成正比,由上述公式可以计算出节点发送  $k$  位元所需的能量:

$$E_{Total}(l,k,d) = E_{elec} \times l + (E_{elec} + E_{amp} \times d^2) \times k \tag{3}$$

R\_EAODV 在原有 RREQ 路由请求分组中扩展了二个字段将节点的剩余能量分为两个级别:Normal 级别指节点的剩余能量值大于 20%;Danger 级别指节点的剩余能量值小于 10%。改进后的 AODV 中的 RREQ 路由分组结构分别如表 1 所示。

表 1 改进后的 AODV 中的 RREQ 路由分组结构

源地址	源序列号	广播 ID	目的地址	目的序列号	跳数
Normal			Danger		

2.1 R\_EAODV 路由发现算法

在通信过程中,R\_EAODV 首先要查询路由表,查看下一节点是不是目的节点并且是否过期。如果不是则进行路由发现。比较当前节点的能量与预设能量值确定节点状态 S。当源节点发起路由探测,节点收到 RREQ 时,先判断自身是否是目的节点,若是目的节点则不论节点的能量状态处于哪个等级,一定返回 RREP,并正常工作;若节点为中间节点,则通过能量模型判断节点自身的状态,若自身能量状态为 Normal,则按照传统的 AODV 协议要求转发;若能量状态为 Danger,则按照拒绝服务处理,并视该节点为链路中断节点请求进行修复。

R\_EAODV 路由发现算法如图 1 所示。

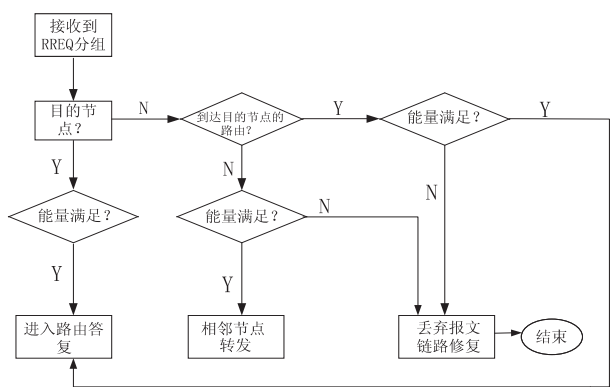


图 1 R\_EAODV 路由发现算法流程

2.2 R\_EAODV 路由修复算法描述

在 AODV 协议中,节点通过广播性地发送 HELLO 消息来检测网络的连通性。当发现链路中断时就会向上游发送 RERR,用来通知源节点链路已经中断,启动路由发现过程。通过增加能量状态值  $E_i$  对路由表进

行扩充。 $E_s$  主要包括两个状态:Normal 表示节点的剩余能量值大于 20%;Danger 表示节点的剩余能量值小于 10%。节点的剩余能量不足,能量值位于 Danger 范围内,把  $E_s$  的值设定为 2,并用红色表示。能量适度值:即节点的剩余能量在 Normal 和 Danger 之间,将  $E_s$  的值设定为 1,并用黄色表示。能量充足值:即节点的剩余能量大于 Normal,将  $E_s$  的值设定为 0,并用绿色表示。

- R\_EAODV 路由修复算法描述如下:
- (1) 如果检测到链路中的中断或即将中断的节点,则在 NAT 中寻找可以替代的邻节点。
  - (2) 如果发现有多多个可以替代的邻节点,选择具有最高时间戳的节点。如果它们具有相同的时间戳,选择剩余能量较高的节点。
  - (3) 一旦找到替代节点,中断节点数据包的路由信息会更改到替代节点上以恢复路由。路由信息被封装在数据包中的头部称为路由更新信息(RUI)域,包含目的地址、序列号和后继节点。

3 仿真与分析

文中使用 Windows XP 操作系统采用 NS2.34 仿真环境,对改进的 R\_EAODV 协议进行仿真,从而评估改进后协议的性能。仿真所需要的参数包括端到端的时延、分组传送速率等。

3.1 分组传送成功率

端到端分组传输率数值上等于成功接收到的分组数与发送的分组数之比<sup>[8-10]</sup>。图 2 描述了分组传输速率与节点最大移动速度之间的关系。在移动速率增大的情况下,链路发生中断的概率增大,数据交付成功的机率下降。R\_EAODV 查找具有最高剩余能量值的节点作为替代节点进行修复,与传统修复策略相比效果明显。

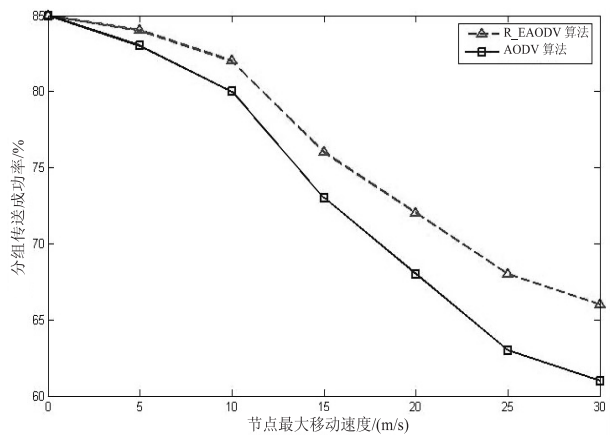


图 2 分组传送成功率的比较

3.2 端到端时延

从图 3 可以看出,随着节点移动速度的增大,两种

算法下的端到端时延都会增大,但是改进后的 AODV 协议端到端时延比 AODV 要小。这是因为改进的路由协议增加了剩余能量值,查看节点的状态即可知道链路是否中断,减少了修复产生的时延。

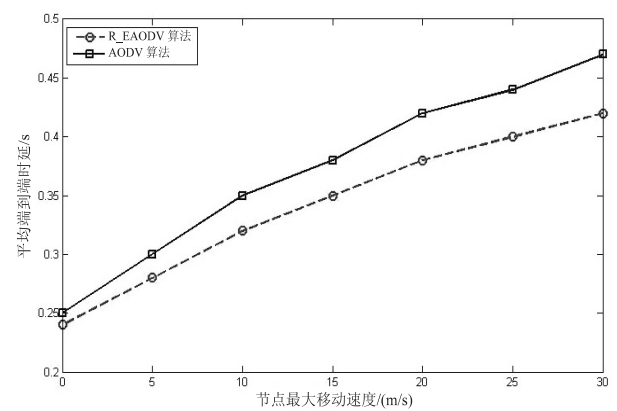


图 3 平均端到端时延的比较

3.3 路由开销

路由开销是指一个网络中网络的拥塞程度及节点的电源能量。数值上等于发送的总分组个数与接收到的分组数之比<sup>[11-13]</sup>。图 4 所示为路由开销与最大移动速度的关系。在移动速率较大的情况下,R\_EAODV 路由开销较小。这是因为 R\_EAODV 协议在发起路由请求 RREQ 控制包少于 AODV,主路由失效的情况下,能够立即使用路由修复,有效地提高了路由效率,减少了链路修复的次数,成功地降低了网络中的路由开销。

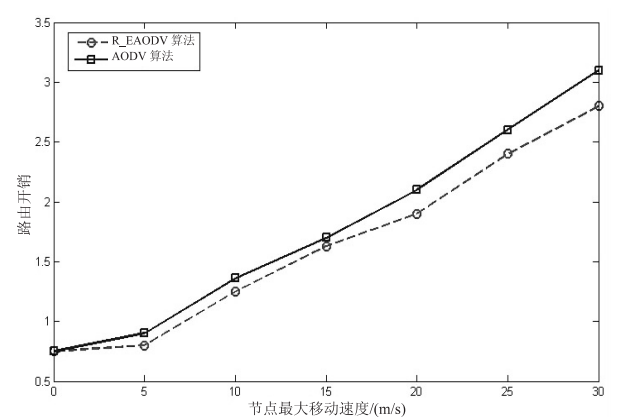


图 4 路由开销的比较

4 结束语

无线 Ad Hoc 网络有着广泛的应用,已成为当前研究的热点之一。文中针对无线 Ad Hoc 网络中 AODV 路由协议算法在网络拓扑结构改变后出现的性能缺陷,对 AODV 进行改进提出了改进协议——R\_EAODV。R\_EAODV 路由协议通过查看剩余能量状态值进行修复,减少路由重建的次数,提高了分组传送成功率,明显降低平均端到端的时延和路由开销。仿真

总体而言,作为一个基于全局优化的聚类算法,KPBFO 比 BFO 和 PSO 更趋近全局最优解,显示出更好的收敛性。

## 4 结束语

文中给出了一个基于 BFO 与 PSO 结合的案例聚类算法,把聚类问题转化为通过优化目标函数来找到 k-prototypes 算法所需的最优初始聚类中心的问题。通过实验结果的比较,显示出 KPBFO 算法是一种高效的聚类方法,能够明显提高拥有混合属性的案例聚类的质量。下一步工作是将该聚类算法与 CBR 的维护过程结合起来,从而提高案例库维护的效率与性能。

## 参考文献:

- [1] Leake D B, Wilson D C. Categorizing case-base maintenance: dimensions and directions[C]//Proceedings of the 1998 European Workshop on CBR (WECBR - 98). Berlin:Springer-Verlag,1998.
- [2] Yang Qiang, Wu Jing. Keep it simple: a case-base maintenance policy based on clustering and information theory[C]//Proc of 13th Biennial Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence: Advances in Artificial Intelligence. Berlin:[s. n.],2000:102-114.
- [3] Smiti A, Elouedi Z. Overview of maintenance for case based reasoning systems[J]. International Journal of Computer Ap-

plications,2011,32(2):49-56.

- [4] Ali R, Ather M, Ijaz R, et al. Clustering based deletion policy for case-base maintenance[C]//Proc of the 6th International Conference on Emerging Technologies (ICET). Islamabad: Springer-Verlag,2010:45-48.
- [5] Ma Shixia, Li Shiyong. The case clustering algorithm based on rough set[C]//Proc of 2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science. Wuhan:[s. n.],2010:300-303.
- [6] 耿焕同,肖明军,邹翔,等.聚类算法在范例库维护中的应用研究[J].计算机工程,2005,31(12):166-168.
- [7] 王薇薇,王清心,桑海.基于 tsPSO 的聚类案例检索策略[J].微型电脑应用,2011,27(9):63-64.
- [8] Chang Pei-Chann, Lai Chien-Yuan. A hybrid system combining self-organizing maps with case-based reasoning in wholesaler's new-release book forecasting[J]. Expert Systems with Applications,2005,29(1):183-192.
- [9] 张云涛,龚玲.数据挖掘原理与技术[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [10] 陈韩.基于划分的混合属性聚类算法研究[D].长沙:湖南大学,2010.
- [11] 毛国君,段立娟,王实,等.数据挖掘原理与算法[M].第2版.北京:清华大学出版社,2008.
- [12] Wan Miao, Li Lixiang. Data clustering using bacterial foraging optimization[J]. Intell Inf Syst,2012,38(2):321-341.
- [13] 刘丽轻,丁巧林,张铁峰,等.数据预处理方法对模糊 C 均值聚类的影响[J].电力科学与工程,2011,27(8):24-27.

(上接第 43 页)

结果验证了改进 R\_EAODV 路由协议的正确性和有效性,特别是当节点能量不足时进行链路修复以发现新路由的机制,更适用于拓扑结构变化快的网络环境。

## 参考文献:

- [1] Hong Li, Huang Tingpei, Zou Weixia, et al. Research of AODV routing protocol based on link availability prediction[J]. Journal on Communications,2008,29(7):118-123.
- [2] 陈稼婴,杨震. Adhoc 网络中基于节能的 AODV 路由算法改进[J].南京邮电学院学报,2004,24(3):18-22.
- [3] Razaa I, Hussain S A. Identification of malicious nodes in an AODV pure ad hoc network through guard nodes[J]. Computer Communications,2008,31(9):1796-1802.
- [4] Tseng Li-Pin, Yang Chun-Chuan. Fisheye zone routing protocol: A multi-level zone routing protocol for mobile ad hoc networks[J]. Computer Communication,2007,30(2):261-268.
- [5] 廖登.基于 NS2 的移动 Ad Hoc 网络典型网络协议比较[J].邵阳学院学报(自然科学版),2005,2(3):43-48.
- [6] 王晓燕,郑明春.基于 NS2 的网络仿真研究与应用[J].计算机仿真,2004,21(12):128-131.
- [7] 詹鹏飞,陈前斌,李云.移动 AdHoc 网络 AODV 路由协

议安全性分析和改进[J].计算机应用,2003,23(8):44-47.

- [8] Rahman A H A, Zukarnain Z A. Performance comparison of AODV, DSDV and I-DSDV routing protocols in mobile ad hoc networks[J]. European Journal of Scientific Research,2009,32(4):566-576.
- [9] Chen Y, Yang H, Liu B, et al. Transmission power optimization algorithm in wireless ad hoc networks[C]//Proc of International Conference on Communications and Mobile Computing. [s. l.]:[s. n.],2010:358-363.
- [10] 张晓辉,韩彬斌,王培康.后备路径在自组网 AODV 协议中的应用[J].通信技术,2003,20(2):48-50.
- [11] Chen Hongsong, Ji Zhenzhou, Hu Mingzeng, et al. Design and performance evaluation of a multi-agent-based dynamic lifetime security scheme for AODV routing protocol[J]. Journal of Network and Computer Applications,2007,30(1):145-166.
- [12] 减婉瑜,于勋,谢立,等.按需式 Ad Hoc 移动网络路由协议的研究进展[J].计算机学报,2002,25(10):1009-1017.
- [13] 吴家皋,杨音颖,陈益新,等.一种新的 QoS 覆盖多播路由协议研究[J].计算机学报,2006,26(11):1937-1946.

无线Ad Hoc网络中AODV路由算法的改进研究

作者：[臧小东](#)，[宗平](#)，[ZANG Xiao-dong](#)，[ZONG Ping](#)

作者单位：[臧小东, ZANG Xiao-dong\(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210023\)](#)，[宗平, ZONG Ping\(南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京, 210023\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(10)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201310010.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201310010.aspx)