

# 无线 Ad Hoc 网络中 AODV 路由算法的研究与改进

沈 奔, 秦 军, 万 丽

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

**摘 要:**无线 Ad Hoc 网络是一个多跳的、临时的、对等的自治系统,它由一组带有无线收发信装置的移动节点组成。由于在军事通信、紧急救援、传感器网络等通信场合的广泛应用,无线 Ad Hoc 网络成为当前研究的热点之一。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,提出了一种改进后的 AODV 路由协议 M-<sub>EAODV</sub>,通过设置多条备份路由来减少链路修复。仿真结果表明,改进后的 AODV 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改善,能够在链路中断后迅速启用备份路由,更适应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;路由协议;仿真

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)03-0150-04

## Research and Improvement on AODV Protocol of Wireless Ad Hoc Network

SHEN Ben, QIN Jun, WAN Li

(College of Computer, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** Wireless Ad Hoc network is a multi-jump, temporarily, equivalence autonomy system, which consists of a set of mobile node with wireless transceiver letters device. Due to the wide use in military communications, emergency rescue, sensor network and other communication occasions, wireless Ad Hoc network has become the current research hotspot. For AODV routing protocol in wireless Ad Hoc network appearing some function defect when the network topological structure changed, propose an improved AODV routing protocols M-<sub>EAODV</sub>, by setting multiple backup routing to reduce link road repair. Simulation results show that success in packets transmitting, average edge-to-edge delay, routing spend in the modified AODV are improved, can effectively use backup routing when the link road break, more suitable for the network environment of topological structure change fast.

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

## 0 引 言

无线 Ad Hoc 网络是一个多跳的、临时的、对等的自治系统,它由一组带有无线收发信装置的移动节点组成。由于该网络没有固定的基础设施,所以采用分布式控制的方式,网络中的每个节点既可以作为主机也可以作为路由器。该网络具有高度的移动性,广泛应用于军事通信、紧急救援、传感器网络等通信场合<sup>[1,2]</sup>。

建立 Ad Hoc 网络的首要问题是路由协议的选取,

这也是 Ad Hoc 网络研究的难点之一。Ad Hoc 网络路由协议主要分为先应式(表驱动)路由协议、按需(反应式)路由协议和混合路由协议<sup>[3]</sup>。先应式路由协议采用周期性的路由分组广播,每个节点需要维护所有节点的路由。按需路由协议只有在为分组寻找路由时才广播路由请求分组,可能仅仅只需要维护整个网络中的一部分节点的路由,因而节省了开销。按需路由协议能够快速适应网络拓扑的变化,适合于移动性高而网络负载较轻的情形。

## 1 AODV 路由协议

AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing) 是一种典型的按需路由协议,它是在 DSDV 算法的基础上,结合 DSR 算法中的按需路由机制而被提出的,既借鉴了 DSDV 中的逐跳路由、目的节点序列号等策略,又采用了 DSR 中类似的广播式路由发现机制。

收稿日期:2010-07-07;修回日期:2010-10-18

基金项目:江苏省科技支撑计划项目(BE2009157);南京邮电大学科研项目(XK0080907059)

作者简介:沈 奔(1985-),男,江西九江人,硕士研究生,研究方向为计算机在通信中的应用;秦 军,教授,硕士生导师,研究方向为计算机网络技术、多媒体技术、数据库技术。

AODV 路由协议是第一个被 MANET 工作组确定为 RFC 标准的路由协议,AODV 路由协议由路由发现和路由维护两部分组成<sup>[4]</sup>。

1.1 路由发现

节点在发送数据之前,首先要找到通往目的节点的路由,源节点向所有相邻节点广播一个路由请求分组 RREQ,当邻节点收到 RREQ 时会根据 RREQ 中的信息,建立一个到源节点的反向路由,然后再将 RREQ 广播出去。直到目的节点收到 RREQ,目的节点沿着逆向路径向原节点回复一个路由应答分组 RREP,在这个过程中,收到 RREP 的节点建立到目的节点的正向路由。通过这两个分组的发送过程,从源节点到目的节点路由的建立也完成了。

1.2 路由维护

AODV 路由协议设计了两种路由维护方式:源节点路由重建和本地修复<sup>[5]</sup>。

所有有效的路由节点每隔一段时间向相邻节点广播一个 Hello 包。如果在一定时间内,邻节点还没有收到再次确认连接的 Hello 包,说明该链路断开,即以这一节点为下一跳的路由都不能再使用。在该节点的一跳范围内广播出错消息 RERR 分组,所有收到 RERR 分组的节点都将相应条目设为无效,如果该节点还有上游节点,则继续广播该消息,源节点接收到 RERR 分组后将会重启路由建立过程。

另一种方式是由中间节点直接修复路由。当中间节点检测到链路断开时,将来自源节点的数据流缓存,同时向目的节点发送路由请求,如果目的节点收到了该请求,则作出路由应答,路由修复成功。否则,一定时间内没收到路由应答,则向源路由返回失败消息,由源节点进行处理。

2 改进的算法 M\_EAODV

作为一个标准草案,AODV 路由协议的确能够较好地解决 Ad Hoc 网络中的路由问题,但是现有的 AODV 路由协议一旦在网络拓扑结构改变后,链路修复浪费的时间过多,用于重新寻找路由的开销较大。而且 AODV 在路由发现过程中,只找出了一条可用路径,当这条路径断开时,正在传输的数据不得不被丢弃。基于以上缺点,文中提出了一种改进后的 AODV 路由协议 M\_EAODV。

M\_EAODV 采用了备份路由的方式:在路由发现过程中建立多条路径,并根据 weight 来区分多条路径的优先

级,当源节点需要发送数据时,首先选择最高优先级的路径进行发送,当最高优先级的路径中断时,则选择次高优先级的路径进行数据传输。通过备份路由,就避免了重新寻找路由带来的开销,使得 M\_EAODV 更适用于移动性较高的网络环境中,能够在链路中断后迅速找到能够传输数据的路由。基于以上思想,M\_EAODV 在 AODV 的基础上作出了如下改进:

M\_EAODV 在原有 RREQ 路由请求分组中扩展了三个字段:

- 邻节点总数 total:节点的相邻节点的数量。
- 最小邻节点数 min:一条路径所有节点中最小的邻节点数。

有效带宽 BW:有效带宽表示该节点能够为数据传输提供的实际带宽,由于它比较容易计算,因此将它作为源节点和目的节点间路由的 QoS 保障<sup>[6]</sup>。节点有效带宽的计算方法如下:

$$BW=0.8\times W/(\text{degree}+1)$$

上式中,BW 表示一个节点的有效带宽,W 表示无线通信信道的带宽,degree 表示该节点的邻节点数目。如果一个节点收到了路由请求而不满足带宽的需求,那么应该丢弃该路由请求消息。

改进前和改进后的路由分组结构图见图 1。



图 1 改进前和改进后的路由分组结构图

2.1 路由请求过程

与 AODV 路由协议一样,源节点在向目的节点发送数据前,首先要查询路由表是否有到达目的节点的路由,如果有则直接发送数据,没有则源节点广播 RREQ 分组,开始路由发现过程。源节点的相邻节点以及后续节点接收到 RREQ 分组后的处理流程如图 2 所示。

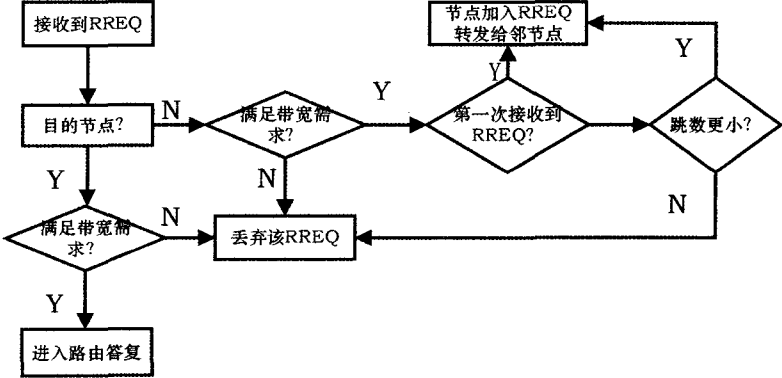


图 2 节点收到 RREQ 报文后的处理流程

在图 2 中,首先判断该节点是否为目的节点,如果是,则判断该路由是否满足带宽需求,如果节点带宽不满足 QoS 需求则立即丢弃该 RREQ 分组,向邻节点发送报文,告知本节点即将失效;否则对接收到的 RREQ 分组进行处理。

如果节点不是目的节点,那么首先要判断该节点的 QoS 需求是否满足条件,如果不满足,立即丢弃 RREQ 分组;反之,对于第一次接收到的 RREQ 直接进行广播,对于再次接收到的 RREQ,则将此次路由的跳数与保存在反向路由表中的最短跳数进行比较,如果大于该跳数,则直接丢弃该 RREQ。如果小于或等于该跳数,那么该节点在该 RREQ 分组中扩充自己的地址信息,若该节点路由表中不存在到源节点的路由,则建立一条到源节点的“反向路由”,若存在则进行更新,并将该 RREQ 分组广播。

## 2.2 路由答复过程

目的节点接收到 RREQ 分组后,首先判断是不是第一次收到,如果是,则将该 RREQ 分组中的路由记录在其缓存中,并产生一个 RREP 分组。如果不是第一次接收到 RREQ 分组,则将该 RREQ 分组的路由记录与缓存中的 RREQ 路由记录的路径进行比较,如果不符合节点路径不相关的要求,则丢弃该 RREQ 分组。否则,判断缓存中 RREQ 分组的路由记录是否大于三条,如果小于三条则将该路由记录存储在缓存中,并返回 RREP 分组。如果大于三条,则将该条路径的权值与缓存中的三条路由记录的权值中最小的进行比较,如果小于或者等于则丢弃该 RREQ 分组,否则将该条路径存储在缓存中,并返回 RREP 分组。上述的路由答复过程,当目的节点接收到 RREQ 分组时,其处理过程如图 3 所示。

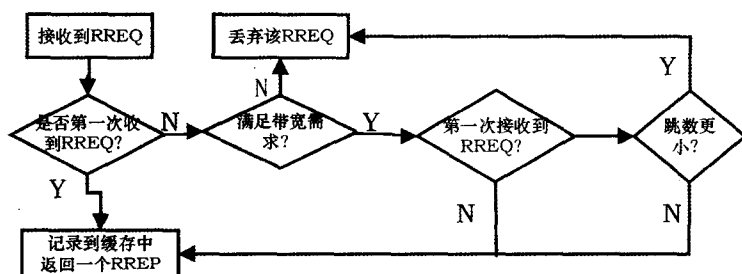


图 3 目的节点收到 RREQ 报文后的处理流程

在路由答复的过程中,由于选择三条路由由路径时,效率相对而言最好,因此将备用路由的数量设为 3。路径的权值由该路径的邻节点总数和路由跳数作为因子计算出来,计算方法如下:

$$\text{weight} = a \times \text{total} / \min + b / \min$$

上式中,weight 表示一条路由路径的权值,total 和 min 分别是路径的所有节点总邻节点数和最小邻节点

数,  $a, b$  为权重因子 ( $a + b = 1$ )<sup>[7]</sup>。如果权值 weight 越大,那么路径出现断裂的可能性则越小。将缓存中最大的路径作为主路由,其余作为备份路由。选择 weight 较大的路径可以降低源节点路由重建的概率,从而使得路由重建对网络性能造成的不利影响得到有效控制。

## 3 仿真及性能分析

文中采用 NS2 仿真软件在 Linux 操作系统下进行仿真。采用 30 个无线节点均匀分布在  $1000\text{m} \times 1000\text{m}$  的仿真区域内,仿真持续时间为 500s,节点的最大移动速度为 10m/s。在同一仿真场景中,通过改变节点的移动速度,对 AODV 和改进算法 M\_EAODV 的分组传输速率、网络开销和平均时延等参数进行比较。

### 3.1 分组传送成功率

分组传送成功率是指目的节点实际接收到的分组数量与从源节点发送出来的分组数量的比值,用来衡量路由算法对传送数据分组效率的优劣<sup>[8,9]</sup>。

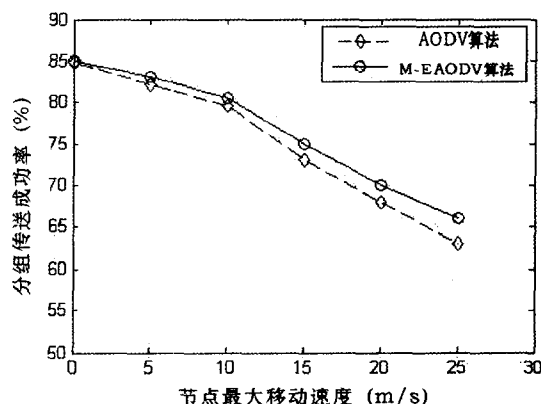


图 4 分组传送成功率

图 4 显示节点平均移动速度与两种算法下的分组传输速率的关系,节点平均移动速度越大,链路发生断裂的可能性也越大,节点进行链路修复的次数也会增多,两种协议的分组传送成功率都下降了。但是由于 M\_EAODV 采用了备份路由机制,在链路断开的情况下,备份路由的使用能够有效地减少链路修复,分组传

送成功率会比 AODV 情况下有所提高,而且随着节点移动速度的增大,优势趋于明显。

### 3.2 端到端时延

端到端时延是指分组从源节点产生到被目的节点接收到的时间差值,用来衡量路由算法的时间效率。尤其对于语音通信,时延过大会严重影响通信质量<sup>[10,11]</sup>。

从图 5 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。这是由于节点移动速度增大了,路由断裂的可能性相应增大,需要频繁地进行路由重建,因此增加了端到端的时延,而 M\_EAODV 采用了备份路由,避免了部分路由重建,有效地控制了端到端时延。

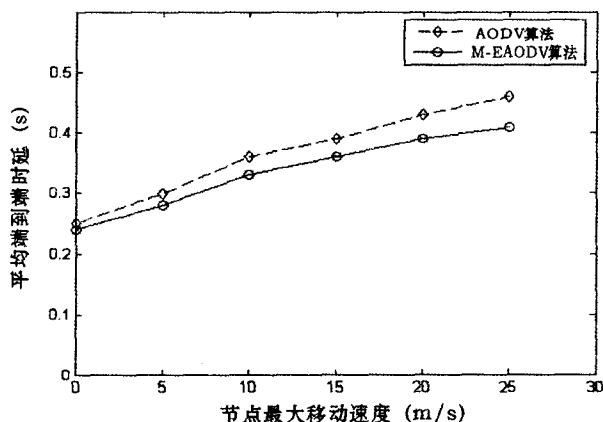


图5 平均端到端时延

### 3.3 路由开销

路由开销是指平均传送成功一个数据分组所花费的控制分组数量,用来衡量路由算法在控制网络开销上的性能<sup>[12,13]</sup>。

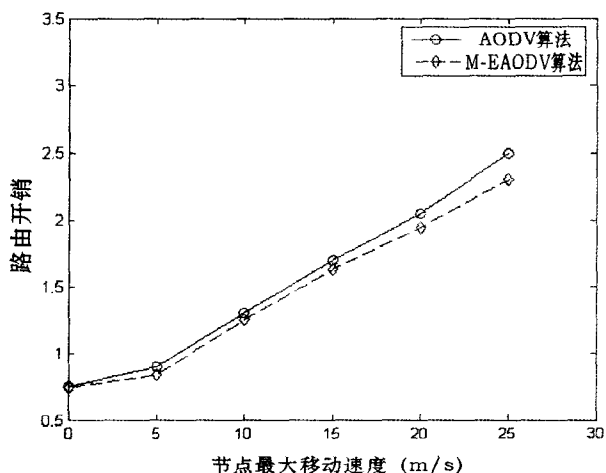


图6 路由开销

如图6所示,随着节点移动速度的增大,两种协议的路由开销都在增大,两者出现链路断开时需要更多的控制分组进行链路修复,随着节点移动速度的增大,修复的次数也就会更多。由于 M\_EAODV 在主路由失效的情况下,能够立即使用备份路由,有效地提高了路由效率,减少了链路修复的次数,成功地降低了网络路

由开销。

## 4 结束语

随着无线 Ad Hoc 网络路由协议研究的不断深入,针对 AODV 路由协议的不足,文中通过设置备份路由,可以有效地避免路由重建,分组传送成功率得到提高、平均端对端时延明显减少,路由的开销也得到降低。仿真结果表明,改进后的 AODV 更适应于拓扑变化快的网络环境。

### 参考文献:

- [1] 于宏毅,陈万寿. 无线移动自组织网[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [2] 王金龙,王呈贵,吴启晖,等. AdHoc 移动无线网络[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [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] 田 敏. AODV 路由协议改进的算法[J]. 电信快报, 2008(9): 34-37.
- [5] Iwata A, Chiang C C, Pei G. Scalable Routing Strategies for Ad Hoc Wireless Networks[J]. IEEE J. on Select Areas in Communications, 1999, 17(8): 1369-1379.
- [6] 徐 静. 无线 Ad Hoc 网络路由协议比较[J]. 广西通信技术, 2004(2): 29-32.
- [7] 胡 杰, 陈 兵, 马向南, 等. 基于稳定路径的 MAODV 协议改进[J]. 计算机应用, 2009(11): 2904-2906.
- [8] 吴东亚, 侯朝桢, 侯紫峰. Multipath Source Self Repair Routing Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2005(2): 5-6.
- [9] 黄飞江, 朱守业. 移动 Ad Hoc 网络 AODV 路由协议改进[J]. 火力与指挥控制, 2009(3): 19-20.
- [10] Johnson D B, Maltz D A. Dynamic Source Routing In Ad Hoc Wireless Networks[J]. Mobile Computing, 1996(5): 135-181.
- [11] 郑少仁, 王海涛. AdHoc 网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2005.
- [12] 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.
- [13] Broch D A, Maltz D B, Johnson Y-C, et al. A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols[C]//In: Proceedings of ACM/IEEE MOBICom. [s. l.]: [s. n.], 1998: 1-13.