

doi: 10.11830/ISSN.1000-5013.201604022



MANET 中基于能量的 改进型 AODV 协议

李刚

(平顶山学院 现代教育技术中心, 河南 平顶山 467000)

摘要: 针对移动 Ad Hoc 网络(MANET)中数据传输的稳定性问题,提出一种基于能量的改进型按需距离矢量(AODV)路由协议(AODV-E). 在源节点广播的请求路由报文(RREQ)和回复报文(RREP)中增加了节点能量信息,使源节点能够掌握路径中各中间节点的能量,选择一条综合考虑路径长度和能量均衡的最优路径来传输数据,避免节点由于能量消耗过大导致链路断裂,从而影响数据传输的稳定性和时延. 通过仿真实验,在不同节点数量和不同节点移动速度场景下,通过投递率(PRD)和整体时延来评估 AODV-E 和传统 AODV 协议的性能. 结果表明:AODV-E 的性能优于 AODV 协议,有效提高了数据传输的稳定性.

关键词: 移动 Ad Hoc 网络; 按需距离矢量路由协议; 能量均衡; 传输稳定性

中图分类号: TP 393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2016)04-0503-04

Improved AODV Protocol Based on Energy in MANET

LI Gang

(Modern Educational Technology Center, Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: For the issue that the stability of data transmission in mobile Ad-Hoc network (MANET), an improved Ad-Hoc on-demand distance vector routing (AODV) routing protocol based on energy (AODV-E) is proposed. This protocol adds the node energy information into the request routing packets (RREQ) and reply messages (RREP) which broadcasted by source node, therefore the source node can get the energy information of intermediate nodes in path. Finally, the source node can select a optimal path which comprehensive consideration of path length and energy balance to transmit data. It can avoid link broken caused by excessive energy consumption of nodes, furthermore to affect the stability of data transfer and delay. The simulation experiments with different number of nodes and different speeds are built, and the delivery rate (PRD) and overall delay is use to evaluate the performance of AODV-E and traditional AODV protocol. Experimental results illustrate that the performance of AODV-E is better than AODV protocol, and effectively improves the stability of data transmission.

Keywords: mobile Ad-Hoc network; Ad-Hoc on-demand distance vector protocol; energy balance; transmission stability

移动 Ad Hoc 网络(MANET)是一种独立的网络自制系统,由多个无线移动节点组成,这些节点通过无线连接与其他节点进行通信,不依赖于固定主干网^[1]. MANET 的路由协议有很多种,总体上可分为主动路由^[2]和按需路由^[3-4]. 按需路由协议易于实现且开销较低,但在网络拓扑动态变化的情况下,路

收稿日期: 2016-05-05

通信作者: 李刚(1978-),男,讲师,主要从事网络安全、网络通信、软件算法的研究. E-mail: airleeg@163.com.

基金项目: 河南省教育厅科学技术研究重点项目(12B520042)

由链路很容易断裂^[5]. 在按需距离矢量(AODV)协议中,一次通信开始前,节点互相之间没有任何其他节点的信息,需要在通信的初始阶段广播 hello 报文,使各节点获取本地连接信息,包含了所有邻节点的信息. 在现实应用中,MANET 路由存在各种服务质量(QoS)要求. 传统 AODV 协议的主要缺点在于未考虑 QoS 约束,对于传统 AODV 协议存在的缺陷,研究者已提出多种改进方案^[6-8]. 为了使 MANET 路由高效且符合能量 QoS 约束,本文提出一种基于节点能量的改进型 AODV 协议(AODV-E).

1 AODV 路由协议

AODV 路由协议是一种典型的反应式路由协议,通过广播和回复报文来选择和维护最小跳数的路径,通过多跳方式实现源节点和目的节点之间的数据传输^[9].

1.1 路由发现

在 AODV 协议的路由发现过程中,当源节点需要和目的节点进行数据传输时,先从本地路由缓存表中搜索有没有到目的节点的路由. 如果有,则按此路由进行通信;如果没有,则启动路由发现过程. 源节点广播路由请求包(RREQ)给所有的邻居节点,邻居节点接收到 RREQ 包后,先查看自己的路由表,确定是否有到目的节点路由. 如果有,则向源节点发送路由回复包(RREP);如果没有,则将该 RREQ 转发给所有的邻居节点,直至转发到有到目的节点路径的中间节点,以此建立从目的节点到源节点的反向路由. 当源节点收到沿反向路由回复的 RREP 时,则结束路由发现过程^[10].

1.2 路由维护

在 AODV 协议的路由维护过程中,节点周期性地广播 hello 报文,邻居节点收到报文后,将建立或更新各自的路由. 如果一个节点在一定的时间内没有收到邻居节点发送的 hello 报文,则认为与该邻居节点的链路已经断裂,并从自身路由表中删除该链路,同时,发送错误报文(RRER)给路由中的相关节点. 如果发生链路断裂的位置与目的节点的距离小于特定阈值,则该节点发送 RREQ 报文启动本地修复;如果断裂位置远离目的节点,则需要源节点重新启动路由发现过程来选择新的路由^[11].

AODV 是一种容易实现且比较成熟的路由协议,然而,其存在的最大缺点是没有考虑节点的能量消耗. 当一个节点多次被选择作为路由中间节点时,其能量会迅速消耗,导致与其相关的链路断裂. 此时,网络需修复或重新建立路由,造成额外的网络开销,影响数据通信的稳定性和时延^[12].

2 改进型 AODV 路由协议

2.1 能耗计算模型

文献[13]给出了 MANET 中,当距离为 d 时,节点接收和发送 k bit 信息所需能量的表达式. 发送时所需的能量为

$$T_i(k,d) = E_{T\text{-elec}}(k) + E_{T\text{-amp}}(k,d) = \begin{cases} E_{\text{elec}} \times k + E_{\text{fs}} \times k \times d^2, & d < d_0, \\ E_{\text{elec}} \times k + E_{\text{mp}} \times k \times d^2, & d > d_0. \end{cases} \tag{1}$$

接收时所需的能量为

$$E_R(k) = E_{R\text{-elec}}(k) = E_{\text{elec}} \times k. \tag{2}$$

式(1),(2)中: E_{elec} 为接收器和发送器收发一个单位信息所消耗的能量; E_{fs} 和 E_{mp} 为放大增益所消耗的能量; d_0 为距离阈值. 当节点之间距离小于阈值时,放大增益与距离 d 的平方成正比;超出阈值时,放大增益与距离 d 的 4 次方成正比.

2.2 文中方法

MANET 网络路由中的节点具有动态特性,不稳定且不断移动,但网络的通信和数据交换过程还是利用这些动态节点之间的转发实现. 在文中提出的 AODV-E 协议的路由建立阶段,将节点剩余能量信息添加到源节点广播的 RREQ 报文中,RREQ 报文只会通过满足能量要求的节点转发,在转发过程中,计算每个中间节点的能量情况. 当 RREQ 转发到目的节点后,会将路径长度和路径上节点能量等信息融合成一个 RREP 报文,回复给源节点. 源节点根据回复的信息,选择一条综合考虑路径长度和能量的最优路径传输数据. 由于节点不断地移动,节点的能量和路径长度也不断变化. 在路由维护节点,源节

点也会不停地收到 RREP 报文,并根据新的路径信息判断是否需要更换或重新建立路径. AODV-E 的架构,如图 1 所示.

根据节点能量的消耗计算剩余能量,剩余能量若高于设定的阈值,则能够执行接下来的数据传输过程. 文中假定能量阈值为节点初始能量的 1/3. 如果该节点能量不足, AODV-E 协议会启动本地修复或选择一条备用路径构建路由. 与传统 AODV 协议相比, AODV-E 协议主要增加了计算各节点的能量,识别出不可靠(即能量过低)的节点.

假设源节点的能量不受限制,其他节点的能量有限. 通过仿真实验,从平均端到端时延、分组投递率等方面对算法进行性能评估.

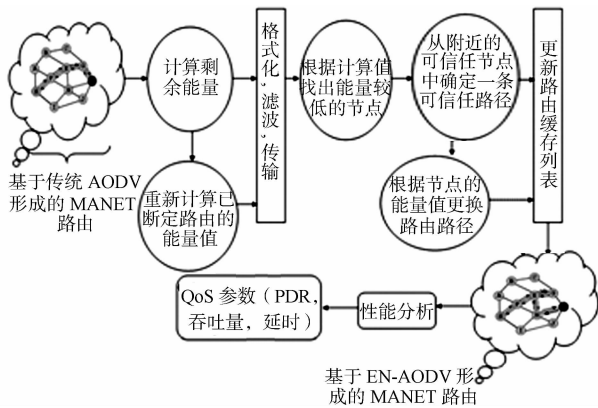


图 1 MANET 中的 AODV-E 架构

Fig. 1 Architecture of proposed AODV-E in MANET

3 实验结果及分析

利用 NS-2 仿真器构建 MANET 网络环境,仿真参数设置:网络尺寸为 $1\,000\text{ m}\times 1\,000\text{ m}$;节点数量为 50 个;节点移动速度为 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;传输距离为 200 m;节点初始能量为 0.5 J;数据包大小为 4 096 bit;仿真时间为 300 s;收发信息单位能耗 E_{elect} 为 $50\text{ nJ}\cdot\text{bit}^{-1}$;数据处理单位能耗 E_{DA} 为 $5\text{ nJ}\cdot\text{bit}^{-1}$;放大增益能耗 E_{fs} 为 $10\text{ pJ}\cdot(\text{bit}\cdot\text{m}^2)^{-1}$;放大增益能耗 E_{mp} 为 $0.001\,3\text{ pJ}\cdot(\text{bit}\cdot\text{m}^4)^{-1}$. 在实验中,分别在不同节点数量和不同节点移动速度下,运行传统 AODV 和提出的 AODV-E 协议,在投递率和时延方面,对协议进行性能评估.

由于 AODV 协议中能量的不均衡导致链路容易断裂,则需要重新建立链路,由此产生较大的路由建立时延. 与传统 AODV 相比, AODV-E 中考虑了节点的剩余能量,选择能量较多的节点建立路由,使链路断裂的概率降低,从而能够缩短时延. 在实验中,设定节点移动速度为 $5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,在网络中存在不同的节点数量(n)下,分别运行 AODV 和 AODV-E 协议,记录形成的时延(t),如图 2 所示. 由图 2 可知:由于节点数量的增加,节点之间的距离缩小,高能量的节点数量也增加,所以链路不易断裂,整体时延也就随之减小. 当设定节点数量为 50 时,在不同的移动速度(v)下分别运行 AODV 和 AODV-E 协议形成的时延,如图 3 所示. 由图 3 可知:随着节点移动速度的增加,网络不稳定性增强,节点之间的距离变化程度大,导致链路断裂的概率和整体时延变大. 综上可知: AODV-E 协议造成的时延小于传统 AODV 协议^[14].

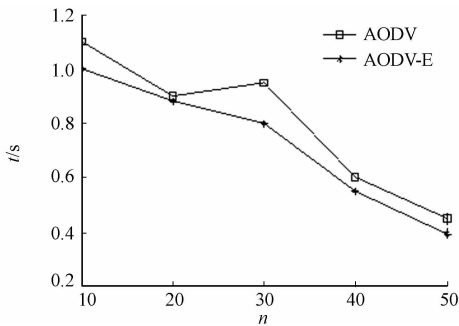


图 2 不同节点数量下各协议的时延

Fig. 2 Delay of various protocols with different number of nodes

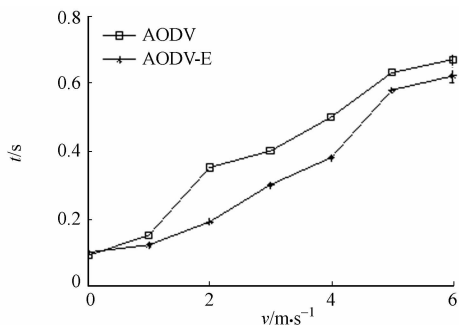


图 3 不同节点移动速度下各协议的时延

Fig. 3 Delay of various protocols with different movement speed of nodes

由于传统 AODV 协议不对网络中的节点的能量级进行检测,因此无法提供可靠路由. 在数据传输过程中,可能因节点能量过低,无法进行远距离通信,造成链路断裂,数据包丢失. 在实验中,设定节点移动速度为 $5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,在网络中存在不同的节点数量下,分别运行 AODV 和 AODV-E 协议,记录投递率(η),如图 4 所示. 设定节点数量为 50,在不同的移动速度下分别运行 AODV 和 AODV-E 协议,记录投

递率,如图 5 所示.由图 5 可知:AODV-E 协议在数据包投递率方面优于传统 AODV 协议.

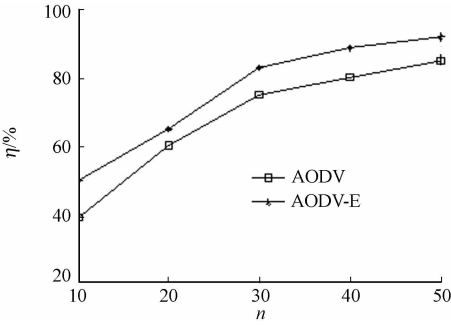


图 4 不同节点数量下各协议的数据包投递率
Fig. 4 Packet delivery ratio of various protocols with different number of nodes

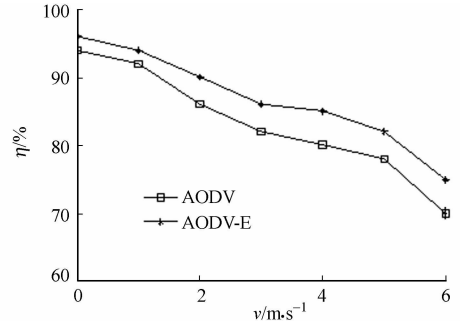


图 5 不同节点移动速度下各协议的数据包投递率
Fig. 5 Packet delivery ratio of various protocols with different movement speed of nodes

4 结束语

提出一种改进型 AODV 路由协议,在路由建立阶段中的 RREQ 和 RREP 数据包中融入路径中各节点的能量信息.与传统 AODV 协议相比,由于文中协议考虑了中间节点的能量均衡,有效增强了路由的稳定性,在传输时延和投递率方面具有优越的性能.在未来研究中,将考虑利用智能算法,在多种 QoS 约束下寻找最优路由.

参考文献:

[1] 石丛军,任清华,郑博,等. MANET 节点移动模型仿真研究[J]. 计算机工程,2009,35(14):101-103.

[2] 石丛军,任清华,郑博,等. MANET 双层群节点移动模型设计与研究[J]. 系统仿真学报,2009,21(22):7139-7142.

[3] 吴全玉,孙怡宁. 井下无线传感器网络 AODV 和 DSDV 协议的仿真对比[J]. 传感技术学报,2009,22(10):1515-1518.

[4] 俞双龙,于瀛. 移动 Ad Hoc 网络 AODV 路由协议的改进[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版),2013,20(4):62-65.

[5] KUPPUSAMY P, THIRUNAVUKKARASU K, KALAAVATHI B. A study and comparison of OLSR, AODV and TORA routing protocols in ad hoc networks[C]//3rd International Conference on Electronics Computer Technology. Kanyakumari:IEEE Press,2011:143-147.

[6] SWANKOSKI E, SETIA S. EPIC: Efficient path-independent capabilities in mobile ad hoc networks-design, performance, and security[C]//10th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and ad hoc Communications and Networks. New Orleans:IEEE Press,2013:43-50.

[7] 杜青松,朱江,张尔扬. 基于闲时逆寻和路由学习机制的优化 AODV 路由协议[J]. 通信学报,2011,32(8):64-71.

[8] ZHANG Xu, QIAN Zhihong, LI Tiang, et al. An efficient routing protocol for heterogeneous wireless ad hoc networks[C]//International Conference on Multimedia Technology. Hangzhou:IEEE Press,2011:172-175.

[9] 李庆,刘聪,江汉红,等. Ad Hoc 网络中 AODV 路由协议的优化[J]. 计算机工程,2008,34(13):107-109.

[10] 张惠娟,王科特. 基于 Ad Hoc 负载均衡的 AODV 改进算法[J]. 计算机工程,2010,36(10):129-132.

[11] 沈奔,秦军,万丽. 无线 Ad Hoc 网络中 AODV 路由算法的研究与改进 [J]. 计算机技术与发展,2011,21(3):150-153.

[12] LI Shijie, LI Xu, FENG Qijing. An improved AODV local repair algorithm based on delay constraint[C]//11th International Conference on Signal Processing. Beijing:IEEE Press,2012:2212-2216.

[13] 成小良,邓志东,董志然. 基于无线通信和计算特征分析的能耗模型[J]. 计算机研究与发展,2009,40(12):1985-1993.

[14] 李国庆,尹洪胜. 采用遗传算法的网络优化技术[J]. 华侨大学学报(自然科学版),2015,36(6):663-666.

(责任编辑:钱筠 英文审校:吴逢铁)