

基于网络负载与能量均衡的多径路由协议改进

宗平¹, 王静²

(1. 南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京 210003;
2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘要: AOMDV 协议是移动 Ad hoc 网络中典型的按需多径距离矢量路由协议。根据 AOMDV 协议的多路径路由机制和特点, 针对该路由协议没有考虑网络中的链路负载和能量均衡问题, 提出了一种基于链路负载和剩余能量的改进方案 ELB_AOMDV 协议。在 AOMDV 协议基础上添加链路负载和剩余能量因素, 使得源节点在发送数据分组时首先选择链路负载和能量较均衡的路径发送数据。通过 NS 仿真结果表明, 相较于 AOMDV 协议, ELB_AOMDV 协议的端到端平均延时、分组投递率、归一化路由开销性能都有了一定的提高。

关键词: 路由协议; 负载; 能量; AOMDV

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)07-0068-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.017

Improved Multipath Routing Protocol Based on Network Load and Energy Balancing

ZONG Ping¹, WANG Jing²

(1. College of Overseas Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China;
2. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China)

Abstract: AOMDV protocol is a typical on-demand multipath distance vector routing protocol in Ad hoc networks. According to the multipath routing mechanism and characteristics of the AOMDV, aiming at the problems that the protocol don't consider the link load and energy balancing, a routing optimization method (ELB_AOMDV) based on link load and rest energy is proposed. In this method, the factors of link load and rest energy are added so that the source node sends data packets through the path with light load and enough energy. Simulation results by NS show that compared with AOMDV protocol, the performances of the average end-end delay, the packet sending rate and the normalized routing overhead are improved in ELB_AOMDV.

Key words: routing protocol; load; energy; AOMDV

1 概述

移动 Ad hoc 网络是指一组具有移动性的网络节点所组成的一个多跳的、无中心的、临时性的自组织系统^[1-2]。Ad hoc 网络具有非常广泛的应用领域, 其中包括战场、应急、搜救以及远程数据采集等环境^[3]。移动 Ad hoc 网络具有能量限制、动态拓扑结构、较短的生命周期、受限和时变的链路带宽等特性, 网络中节点以无线发射机和接收机来实现^[4], 当网络中某些节

点发生故障时, 其余节点仍然能够继续工作, 从而实现网络中一个节点与另一个节点之间的通信。在移动 Ad hoc 网络中, 由于终端节点的无线传输距离具有一定限制, 在源节点向目的节点进行报文传送时, 若这两个节点无法直接进行通信, 可以采用经过多个中间节点的报文转发的方式来实现。

路由是网络中连接源节点到目的节点间通信的一个活动。路由活动决定了最佳路径并通过此路径来传

收稿日期: 2013-10-08

修回日期: 2014-01-11

网络出版时间: 2014-04-24

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX03005-004-03)

作者简介: 宗平(1956-), 男, 教授, 博士生导师, CCF 会员, 研究方向为计算机网络技术等; 王静(1989-), 女, 江苏南京人, 硕士研究生, 研究方向为分布计算技术与应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140424.0842.092.html>

输报文分组。Ad hoc 路由协议通常可分为表驱动路由和按需驱动路由两大类^[5]。表驱动路由协议中,移动节点周期性地广播路由信息给其邻居节点,每个节点需要维持邻居节点以及可达节点的记录。按需驱动路由协议一般包含路由发现与路由维护两部分^[6-7]。按需路由协议不需要维护最新的路由^[8],仅当一个节点需要向某个节点发送数据分组,但没有路径可供传输时才开始路由发现过程。

AOMDV^[9]路由协议是在 AODV 协议^[10]的基础上扩展而来的多径路由协议。由于该协议并没有考虑到网络中的节点负载和节点剩余能量两方面,而路由中只要有一个节点的负载过重或者剩余能量过低,都将会影响整个网络的性能。文中利用节点链路负载和节点剩余能量信息对 AOMDV 协议进行了改进,文中给出一种改进的 AOMDV 协议 ELB_AOMDV。

2 AOMDV 路由协议

AOMDV 路由协议属于按需驱动路由协议中的多径路由协议。该协议在源节点到目的节点中查找多条无环路径,这些路径都被保存在当前节点的路由表中。

在路由发现过程中,一个节点可能先后接收到几份同样的 RREQ 的副本,节点后来收到的所有副本都被用来建立潜在的可替换的反向路径。中间节点收到 RREQ 报文时根据相关信息对该报文是源自于源节点的哪一个邻居节点进行判断^[11];当目的节点收到 RREQ 报文时,按照中间节点相同的方式建立反向路径,目的节点对其形成 RREP 报文并回送。AOMDV 路由协议通过其路由发现机制,在获得的多条路径中选择一条路径作为传输主路径,其他路径作为其备份,当传输主路径发生失效时,选择其路由列表中的备份路径来替换原来的路径继续进行分组的传输,直至所有备份路径都失效,提供了很好的容错能力^[12]。

表 1 ELB_AOMDV 协议的路由表结构

目的节点	序列号	广播跳数	路径列表			
			跳数 1	下一跳 1	最后一跳 1	过期时间 1
			跳数 2	下一跳 2	最后一跳 2	过期时间 2
		

同时,为了将路径中节点负载最大值的信息以及节点剩余能量最小值的信息传递给源节点,在 AOMDV 原有的 RREP 报文中添加了两个字段:路由负载字段以及路由剩余能量字段。改进的 RREP 报文格式如表 2 所示。同时设置了负载门限用来判定当前节点负载是否较大、节点剩余能量门限用来判断当前节点的剩余能量是否太低,以判断当前节点是否处理 RREQ

AOMDV 路由协议通过获取、维护多条最短的路径来实现多径路由^[13],并没有考虑到节点负载和节点剩余能量情况。由于链路层中的缓冲队列长度有限,当源节点产生的数据分组量非常大而使得其到达节点的速度大于其被处理的速度时,节点来不及对队列中等待的并逐渐增多的分组进行处理,造成分组一定程度上的延时。如果长时间保持该状态,将使得缓存队列发生溢出,造成分组丢失,从而造成路径上各节点的拥塞,使得各路由性能降低。同时,由于节点的能量有限,当传输路径中一个节点的能量过低,传送一定数据分组后,该节点失效,将会导致路径失效,从而降低路由各性能。

由于节点的负载与能量是相互关联的,所以文中综合考虑节点负载的门限值和剩余能量的门限值,在当前节点的负载过高或剩余能量过低时,如果选择的路由中包含该节点,这个节点将影响整个路由性能,根据设定的门限值、获取的节点负载和节点剩余能量,将负载过高的节点或能量过低的节点排除在路由节点之外。并且在所寻找到的路径中选出一条负载和能量均衡的路径作为主路径。

3 能量及负载均衡方法的实现

在文中给出的 ELB_AOMDV 协议中,根据节点的负载情况以及节点的剩余能量情况,当源节点选择路由向目的节点进行数据通信时,在路径列表中选择一条节点的负载值和节点剩余能量值较均衡的路径作为候选主路径来发送数据分组。为了在当前节点的路由表中存储下一跳节点到达目的节点的路径中节点负载的最大值及节点剩余能量的最小值,在原有 AOMDV 协议的路由表中添加路径负载字段以及路径剩余能量字段。改进的路由表结构如表 1 所示。

路由请求报文。

表 2 ELB_AOMDV 协议的 RREP 报文格式

类 型	保 留	跳 数
...		
路由负载		
路由剩余能量		

3.1 收到 RREQ 消息

文中所给出的改进方法是应用在路由请求和路由回复中的。当两节点间需进行通信,且源节点没有到达目的节点的路由信息时,则源节点将初始化一个路由发现过程,通过向其邻居节点广播一个到达目的节点的路由请求消息 RREQ 开始寻找路由。当中间节点收到一个 RREQ 路由请求消息时,首先判断该节点的接口队列中所有等待发送的数据分组的数量是否大于所设置的负载门限,同时对该节点的剩余能量值进行判断,判断其是否小于所设置的剩余能量门限。若节点的接口队列中待发送数据分组的数量大于负载门限值,或者该节点的剩余能量小于剩余能量门限值,则直接丢弃该 RREQ 消息报文;否则该节点有资格广播 RREQ 路由请求消息,其处理 RREQ 消息的过程与 AOMDV 中相似。而当中间节点的路由表中具有到达目的节点的路由且该路由有效时,则将路由表中的路径负载字段值与当前节点负载的较大值复制给 RREP 消息报文中的路由负载字段,将路由表中的路径剩余能量值与当前节点的剩余能量的较小值复制给 RREP 消息报文中的路由剩余能量字段,并根据反向路径将 RREP 回复消息单播给源节点。通过设置负载门限值以及节点剩余能量门限值,负载过大的节点和剩余能量过小的节点将会被排除在新路径之外。这样,使得所发现的路径中节点负载最大值不会过大,以致于分组延时较大,进一步导致路径拥塞,数据分组丢失的情况;同时,所发现的路径中节点剩余能量最小值不会过小,以致于路径很快失效。

3.2 收到 RREP 消息

当节点收到 RREP 回复消息时,按照 RREP 消息中的路由负载字段和路由剩余能量字段更新路由表中相应路径的路径负载字段和路径剩余能量字段,分别表示当前节点的下一跳节点到达目的节点的路径中节点负载的最大值和节点剩余能量的最小值。如果当前节点不是源节点,判断当前节点负载与 RREP 消息中的路由负载字段值哪个大,若是当前节点负载值较大,则更新 RREP 回复消息中的路由负载字段;同时判断当前节点剩余能量与 RREP 消息中的路由剩余能量字段值哪个小,若是当前节点剩余能量值较小,则更新 RREP 消息中路由剩余能量字段值,根据反向路径单播转发。

假设当前节点的下一跳节点到达目的节点的路径上除了目的节点共有 n 个节点,表示为 $N_i, i=1:n$,每个节点的负载值为 $\text{load}(N_i)$,节点剩余能量值为 $\text{energy}(N_i)$,则:当前节点的路由表中相应路径的路径负载字段值为 $\max(\text{load}(N_i))$;当前节点的路由表中相应路径的路径剩余能量字段值为 $\min(\text{energy}(N_i))$;

RREP 报文中路由负载值更新为 $\max(\text{load}(N_i), \text{load}(\text{当前节点}))$;RREP 报文中路由剩余能量值更新为 $\min(\text{energy}(N_i), \text{energy}(\text{当前节点}))$ 。

3.3 选择路径

当源节点的路由发现过程结束后,源节点在向目的节点进行数据分组传送时,与 AOMDV 协议中源节点选择路由表的第一条路径来转发数据分组不同,文中给出的 ELB_AOMDV 协议是根据到达目的节点的路由表的路径列表中的路径负载字段和路径剩余能量字段选择一条负载及能量均衡的路径。源节点通过所建立的路径优先函数 $F(p)$,选择一条 $F(p)$ 值最大的路径来进行对数据分组的传送。

$$F(p) = \alpha \frac{\text{energy}(p)}{\text{energy}_{\text{total}}} + \beta \frac{\text{load}_{\text{total}} - \text{load}(p)}{\text{load}_{\text{total}}}$$

其中, $\text{energy}(p)$ 表示路径剩余能量值; $\text{energy}_{\text{total}}$ 表示节点的初始能量; $\text{load}(p)$ 表示路径负载值; $\text{load}_{\text{total}}$ 表示节点接口队列最大长度; α 和 β 是两个约束的权重因子, $\alpha + \beta = 1$ 。

4 实验仿真

文中对比了 ELB_AOMDV 协议与 AOMDV 协议的性能。移动 Ad hoc 网络路由协议性能评估指标主要采用端到端平均延时、分组投递率和归一化路由开销^[14]等。文中根据上述三个主要指标进行了比较分析。

4.1 仿真环境

文中采用在 NS2 下设置仿真环境,在网络拓扑范围为 $1\,000 * 1\,000$ 的正方形空间中配置 25 个移动节点,仿真时间为 300 s,Mac 层协议采用 802.11,接口队列最大分组数为 50,每秒钟发送的分组数分别为 2、4、6、8、10,停留时间为 10 s,最大移动速度为 10 m/s,初始能量为 100 J,传输功率为 0.660 W,接收功率为 0.395 W,待机功率为 0.035 W。并将负载门限值设为 15,剩余能量门限值设为 10, $\alpha = \beta = 0.5$ 。

4.2 仿真结果

(1) 端到端平均延时。

端到端平均延时指的是目的节点收到各分组同源节点发送各分组之间平均的时间差值。而对于移动 Ad hoc 网络而言,该性能指标是越低越好。图 1 为 ELB_AOMDV 协议与 AOMDV 协议的端到端平均延时性能比较。

从图中可以看出,随着数据分组发送速率的提高, AOMDV 协议与 ELB_AOMDV 协议的端到端延时都有明显提高。而在相同条件下,当数据分组投递率为每秒发送 4 个分组时,ELB_AOMDV 协议相较于 AOMDV 协议的端到端延时有稍许提高;而数据分组发送速率

为每秒发送 6、8、10 个分组时,ELB_AOMDV 协议比 AOMDV 协议的端到端延时更低。文中提出的 ELB_AOMDV 协议相较于 AOMDV 协议而言,端到端平均延时性能得到了明显改善。

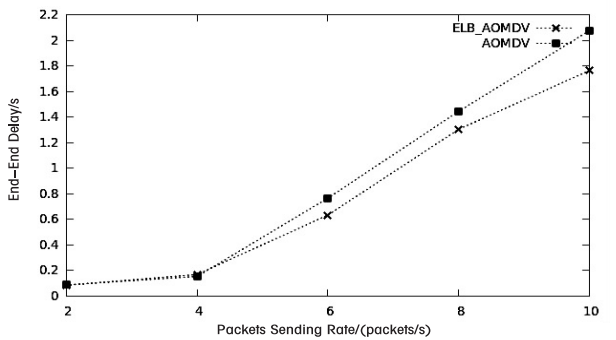


图1 端到端平均延时

(2) 分组投递率。
分组投递率指的是在一定时间内网络中节点正确接收的分组数量同节点发送的分组总量的比值。而对于移动 Ad hoc 网络而言,该性能指标是越高越好。图 2 为 ELB_AOMDV 协议与 AOMDV 协议的分组投递率性能比较。

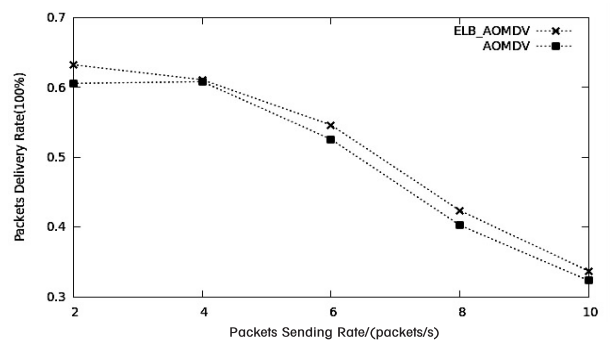


图2 分组投递率

从图中可以看出,随着数据分组发送速率的提高,AOMDV 协议与 ELB_AOMDV 协议的分组投递率都有明显下降。而在相同条件下,ELB_AOMDV 协议相较于 AOMDV 协议而言,分组投递率有了明显的提高。

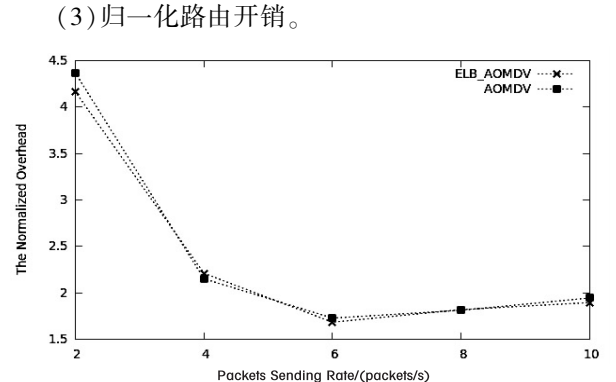


图3 归一化路由开销

归一化路由开销指的是网络中节点发送的所有路由控制分组的总量同节点接收到的所有分组的总量的

比值。而对于 Ad hoc 网络而言,该性能指标是越低越好。图 3 为 ELB_AOMDV 协议与 AOMDV 协议的归一化路由开销性能的比较。

从图中可以看出,当数据发送速率为每秒发送 4、8 个分组时,ELB_AOMDV 协议相较于 AOMDV 协议而言,归一化路由开销有稍许提高,但总体而言,ELB_AOMDV 协议相较于 AOMDV 协议在归一化路由开销性能方面有一定的改善。

5 结束语

在文中提出的 ELB_AOMDV 协议中,节点首先通过获取自身链路负载及剩余能量情况,根据设定的节点负载门限值和节点剩余能量门限值判断是否处理收到的 RREQ 路由请求报文,若处理 RREQ 报文,则过程与 AOMDV 协议中相似。RREP 消息中包含了路径中节点负载最大值和节点剩余能量最小值。而当源节点与目的节点通信时,源节点选择路由表中负载及能量较均衡的路径来发送数据分组。通过对两种路由协议的性能比较,文中提出的 ELB_AOMDV 协议结合了节点负载与节点剩余能量两个相关因素,相较于 AOMDV 路由协议在端到端平均延时、分组投递率、归一化路由开销三个方面,性能都有了一定的提高。

参考文献:

[1] Tekaya M,Tabbane N,Tabbane S. Delay Remaining Energy for AOMDV Protocol (DRE-AOMDV) [C]//Proc of 7th international conference on wireless communication, networking and mobile computing. Wuhan:IEEE,2011:1-5.

[2] Tekaya M,Tabbane N,Tabbane S. Multipath routing mechanism with load balancing in ad hoc network [C]//Proc of 2010 international conference on computer engineering and systems. Cairo:IEEE,2010:67-72.

[3] 刘成,曾格平. 基于 AOMDV 的自适应负载均衡研究[J]. 广东通信技术,2012,32(9):28-31.

[4] Kanthe A M,Simunic D,Prasad R. Comparison of AODV and DSR on-demand routing protocols in mobile ad hoc networks [C]//Proc of the 1st international conference on emerging technology trends in electronics, communication and networking. Surat,Gujarat,India:IEEE,2012:1-5.

[5] 潘云霞,冀常鹏. AODV 的能量策略研究[J]. 计算机工程,2010,36(22):103-105.

[6] 桂超,孙宝林,张棋飞. Ad hoc 网络中基于服务质量的安全路由协议[J]. 信息通信,2011(5):1-3.

[7] Li Baozhu, Liu Yue, Chu Guoxin. Improved AODV routing protocol for vehicular Ad hoc networks [C]//Proc of the 3rd international conference on advanced computer theory and engineering. Chengdu:IEEE,2010:337-340.

别效果最好,正确率都在 90% 左右。三种特征组合的识别正确率见表 2。

表 2 三种识别效果最好的特征组合的识别正确率

领域覆盖测试结果	第二种 特征组合	第四种 特征组合	第五种 特征组合
开心总正确率/%	88.17	89.25	88.17
悲伤总正确率/%	92.93	89.89	88.89
总正确率/%	90.63	89.58	88.54

由 1) 和 2) 可以看出,基于领域覆盖算法的音乐情感识别实验识别效果最好的特征组合是由四个时域特征、频谱、幅度谱和相位谱组成的特征组合、由短时能量、短时平均幅度、短时过零率、频谱、幅度谱和相位谱组成的特征组合和由四个时域特征、频谱、幅度谱和相位谱组成的特征组合。从实验结果可以看出时域特征对音乐情感识别有较好的影响。

4 结束语

音乐的声学特征在音乐情感方面有一定的体现,基于音频自身特性,应用领域覆盖算法实现的音乐自动情感分类效果较好。

文中的音乐情感分类的研究样本是研究者根据研究需要建立的,样本选择的规模和实际情况有一定的差异,随着音乐情感分类研究的深入需要构建大规模的样本数据。文中只尝试对中文流行歌曲进行情感分析,关于其他语言的音乐情感识别还待进一步的研究。

参考文献:

[1] Hevner K. Expression in music;a discussion of experimental studies and theories[J]. Psychological Review,1935,42:186-204.

[2] Thayer R E. The biopsychology of mood and arousal[M]. Oxford;Oxford University Press,1989.

(上接第 71 页)

[8] Muthumayil K,Rajamani V,Manikandan S. A novel cross layered energy based ad hoc on-demand routing protocol for MANETs[C]//Proc of 2011 third international conference on advanced computing. Chennai;IEEE,2011:276-281.

[9] 曹爱文,郭达伟,符可可,等. 一种避免路径丢失的按需多径路由协议[J]. 计算机技术与发展,2013,23(9):94-98.

[10] 嵇海进,邹修明. 基于链路状态的 AODV 路由协议改进[J]. 计算机工程,2010,36(24):81-83.

[3] 刘冬平. 面向中文歌词的音乐情感分类研究[D]. 广州:广东工业大学,2011.

[4] 张伟,谢湘. 基于 HMM 的音乐情感识别研究[C]//第九届全国人机语音通讯学术会议论文集. 黄山;出版者不详,2007:456-460.

[5] 朱菊霞. 基于 ACON/SVM/HMM 混合算法的情感识别研究[D]. 合肥:安徽大学,2011.

[6] 钟将,程一峰. 音乐和歌词融合的歌曲情感分类研究[J]. 计算机工程,2012,38(8):144-146.

[7] Juslin P N. Cue utilization in communication of emotion in music performance;relating performance to perception[J]. J Exp Psychol Hum Percept Perform,2000,26(6):1797-1813.

[8] Liu D,Zhang N Y,Zhu H C. Form and mood recognition of Johann Strauss's waltz centos[J]. Chin J Electron,2003,12(4):587-593.

[9] Katayose H,Imai M,Inokuchi S. Sentiment extraction in music[C]//Proc of 9th international conference on pattern recognition. Rome;IEEE,1988:1083-1087.

[10] Katayose H,Fukuoka T,Takami K,et al. Expression extraction in virtuoso music performances[C]//Proc of 10th international conference on pattern recognition. Atlantic City,NJ;IEEE,1990:780-784.

[11] Liu D,Lu L,Zhang H J. Automatic music mood detection from acoustic music data[C]//Proc of international symposium on music information retrieval. [s.l.]:[s.n.],2003.

[12] 张铃,张钹. M-P 神经元模型的几何意义及其应用[J]. 软件学报,1998,9(5):334-338.

[13] Weiner B,Graham S. An attributional approach to emotional development[M]//Emotions, cognition, and behavior. New York;Cambridge University Press,1984.

[14] 许作辉. 基于信息熵的语音端点检测算法研究与实现[D]. 长春:吉林大学,2012.

[15] 颜青青,钱盛友. 基于混沌的复倒谱域双重音频水印算法[J]. 通信技术,2011,44(1):63-65.

[11] 肖克江,熊忠阳,张玉芳. 多径路由协议 AOMDV 的改进与性能分析[J]. 计算机工程与应用,2012,48(6):99-101.

[12] 夏利,刘宗奇,田东渭. 基于主备链路稳定性的节能多径 AOMDV-ES 路由协议[J]. 计算机应用与软件,2012,29(8):237-241.

[13] 卢先领,陈树,于继明,等. Ad hoc 网络能量均衡的跨层多径路由算法[J]. 信息与控制,2009,38(5):585-590.

[14] 杨吟君,汪学明. 基于 AOMDV 的多径路由协议改进及仿真分析[J]. 通信技术,2011,44(8):45-47.

作者：宗平, 王静, ZONG Ping, WANG Jing
作者单位：宗平, ZONG Ping(南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京, 210003), 王静, WANG Jing(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003)
刊名：计算机技术与发展 
英文刊名：Computer Technology and Development
年, 卷(期)：2014(7)

参考文献(14条)

1. Tekaya M;Tabbane N;Tabbane S Delay Remaining Energy for AOMDV Protocol (DRE-AOMDV) 2011

2. Tekaya M;Tabbane N;Tabbane S Multipath routing mecha-nism with load balancing in ad hoc network 2010

3. 刘成;曾格平 基于 AOMDV 的自适应负载均衡研究 2012(09)

4. Kanthe A M;Simunic D;Prasad R Comparison of AODV and DSR on-demand routing protocols in mobile ad hoc networks 2012

5. 潘云霞;冀常鹏 AODV的能量策略研究 2010(22)

6. 桂超;孙宝林;张棋飞 Ad hoc网络中基于服务质量的安全路由协议 2011(05)

7. Li Baozhu;Liu Yue;Chu Guoxin Improved AODV routing protocol for vehicular Ad hoc networks 2010

8. Muthumayil K;Rajamani V;Manikandan S A novel cross lay-ered energy based ad hoc on-demand routing protocol for MANETs 2011

9. 曹爱文;郭达伟;符可可 一种避免路径丢失的按需多径路由协议 2013(09)

10. 嵇海进;邹修明 基于链路状态的 AODV 路由协议改进 2010(24)

11. 肖克江;熊忠阳;张玉芳 多径路由协议AOMDV的改进与性能分析 2012(06)

12. 夏利;刘宗奇;田东渭 基于主备链路稳定性的节能多径AOMDV-ES路由协议 2012(08)

13. 卢先领;陈树;于继明 Ad hoc网络能量均衡的跨层多径路由算法 2009(05)

14. 杨吟君;汪学明 基于AOMDV的多径路由协议改进及仿真分析 2011(08)

引用本文格式：宗平. 王静. ZONG Ping. WANG Jing 基于网络负载与能量均衡的多径路由协议改进[期刊论文]-计算机技术与发展 2014(7)