

面向链路状态信息的路由算法LSDSR

陈文宇, 陈洁莲, 孙世新

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】提出一种WA mesh网络组网方式, 将WALN技术与Ad hoc技术相结合, 充分发挥二者的优势。针对WA mesh需要高性能路由算法, 提出一种基于链路状态信息的改进路由算法LSDSR。分析表明WA mesh网络不仅具备WLAN网络成本低、吞吐量高、通信可靠的特点, 还具备Ad hoc网络的高移动性、高灵活性、高抗毁性的特点。LSDSR路由算法能够减少路由中断的几率, 减少网络中洪泛信息的出现, 不仅改善了路由发现时间和链路负载, 而且改善了路由请求信息和丢包率, 提升了网络的效率, 对链路的延迟、网络确认控制方面也有更良好的表现。

关键词 自组织网络; 动态源路由; 无线局域网; 无线网状网

中图分类号 TP311

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2009.06.021

Link Status-Based Routing Algorithm LSDSR

CHEN Wen-yu, CHEN Jie-lian, and SUN Shi-xin

(School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract A WA mesh network infrastructure combining WALN and Ad Hoc technologies is proposed, and an improved link status based routing algorithm, LSDSR, is presented for the need of high performance computing required by WA Mesh. Research analysis demonstrates that WA mesh network not only has the advantage of WLAN: low cost, high throughput, and high reliability, but also get the advantage of Ad-hoc network: high mobility, high flexibility, and high fault-tolerance. LSDSR could reduce the routing down time and flooding, hence LSDSR not only improves the routing discovery time and link load balance, but also optimizes the routing request message and reduces the packet loss rate.

Key words Ad hoc; dynamic source routing; wireless local area; wireless mesh network

无线mesh网也称无线网状网(wireless mesh network, WMN), 是基于自组织网络开发的无线多跳网络技术。无线mesh网络的系统结构根据组网方式的不同分为骨干网mesh结构、客户端mesh结构和混合结构3类^[1]。无线mesh网络是多跳技术与无线接入技术相融合的结果, 目前针对不同的无线接入标准, 分别造就了多跳技术与无线局域网(WLAN)、无线个域网(WPAN)与无线宽带城域网(WMAN)的相互融合^[2]。

1 WLAN与Ad hoc相结合的WA mesh网络体系

无线mesh网络因其具有宽带无线汇聚连接功能、有效的路由及故障发现, 无需有线局域网资源^[3]。Ad Hoc技术具有快速的移动性及灵活的拓扑结构^[4], 结合WLAN技术与Ad hoc技术的mesh网络

将会是无线mesh网络网络组建的首要考虑方式。

本文提出一种WA mesh网络体系, 该体系融合mesh混合组网与Ad hoc多频分级组网方式, 结合WLAN技术与Ad hoc技术的优势进行网络构建。该网络体系结构也是对IEEE802.11WLAN技术的扩展。

WA mesh网络中, mesh路由器通过无线连接组成接入骨干网, 骨干网通过mesh网关实现Internet的接入。每个用户节点在本地的具有AP功能的路由器上接入, 然后通过路由器的路由功能多跳地接入Internet。

WA mesh网络体系中, WLAN的客户端统称为mesh终端, 该类节点通常是用户手机、便携式个人电脑、无线网络接入的台式电脑等。Mesh终端可以在一定范围内进行移动, 节点间按照IEEE802.11WLAN标准进行相互间的通信。

收稿日期: 2008-07-25; 修回日期: 2009-02-18

基金项目: 国家自然科学基金(69882003)

作者简介: 陈文宇(1968-), 男, 在职博士生, 副教授, 主要从事模式识别、人工智能、编译技术、形式语言与自动机方面的研究。

WA mesh网络的拓扑结构如图1所示。将网络逻辑地分为上下两层，下层为WLAN网络中的普通用户节点/客户端组成的一个小型的WLAN，客户端之间的通信通过接入点AP进行；上层则为WLAN网络中具备接入功能的AP节点所组成的骨干mesh网络，AP与AP之间通过Ad hoc方式联网，这样的结构也可以看作是WLAN网络与Ad hoc多频分级网络的结合。

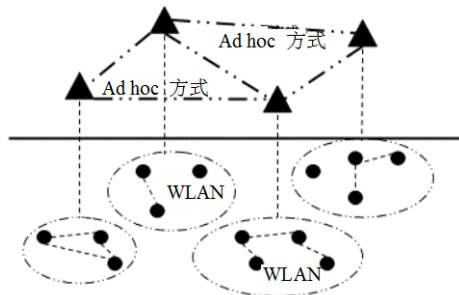


图1 WA mesh网络的拓扑结构图

2 动态源路由协议DSR

动态源路由协议^[5]DSR(dynamic source routing)是一种基于源路由的按需驱动路由协议，它使用源路由算法而不是按逐跳路由的方法。网络中每一个节点需要维护一个已知路由的列表(路由缓存)，当发现新的路由时更新这个列表。每一个数据包的包头都包含该数据包从源节点到目的节点路由经过的中间节点序列信息，故称为源路由。

动态源路由协议DSR是按需路由协议，它的控制信息比主动路由协议小，在一定程度上减少了路由开销，且该协议使用源路由机制，中间节点不需要保存任何路由信息，也不需要周期性地发送广播信息，节省了节点能量和网络带宽，因此在WA mesh中，使用DSR协议作为mesh路由器的路由协议。

为了进一步提升DSR协议的性能，对DSR协议提出了很多的优化策略，目前已有的优化策略主要有：(1) 路由缓存的优化^[6]；(2) 路由请求策略优化^[7]；(3) 多径源路由优化^[8]。

3 基于链路状态信息的路由算法LSDSR

各类DSR路由优化方法，大都是对DSR协议内一些未知操作进行填充和改进，如果正在使用的路径中发生了链路中断，即使有再好的存储或者备用策略，对于无线通信网络来说，都是无计可施的^[9]。极端情况下，一个节点周边所有的通信节点都超出了该节点的通信范围，而该节点却没有任何

的机制进行检测，那么该节点会一直不断地发送路由请求，无疑是一种灾难。另外，传输分组的路由路径都是由两个节点间一条条链路组成，只要满足正在传输数据分组的该条路径中的所有链路都能畅通，则该条路由就具备稳定性而保证整个网络的通信质量。因此，研究链路的状态对于整个网络的通信正常具备很重要的意义。

为了提高路由可靠性，对DSR进行改进，提出LSDSR(link state-based dsr protocol)算法，该算法在正在使用的路由路径中断前建立另外一条可用路由进行数据的传输，网络中的某一个节点在接收数据时会记录下来来自周围节点的节点密度和节点状态信息，并依照节点密度和状态的历史记录进行路由的选择和维护。一旦一条链路的状态从可靠变为不可靠，该条链路上的某个节点要被确定为失效节点，该失效节点需要测量该链路的状态以便决定在将来的时间该链路是否会被中断。此后，失效节点选择周边的一个节点替代自己的下一跳并进行一个本地路由修护。

3.1 节点的密度与本地修护

节点的密度在一定程度上体现了路由的稳定性，因此，节点周边节点数量越多，说明该节点使用的路由稳定性越强，节点可以在链路失效之前通过周边节点进行本地修护，使得分组的传输能正常进行。

在本地路由修护过程中，失效节点的一个周边节点会被选择来作为该失效节点和该失效节点的预定下一跳节点的中间节点，因此通信链路就会被可靠的两条链路所代替，被选择的节点具备可靠的链路状态连接失效节点和失效节点的预定下一跳节点，就能保证所选节点能够起到中间传递节点的作用，在该条路由中断前建立本地路由。

LSDSR算法能够降低路由中断的几率，因此能减小路由维护信息的洪泛，而在原始的路由维护过程中会经常出现信息的洪泛。

3.2 节点状态信息的获取

使用一个二元组 $\langle T, Sen \rangle$ 记录节点的密度， T 表示一个时间段，时间段的值根据节点移动的速度和方向计算获得，该时间段用来计时发送探测信息； Sen 表示节点的密度。该二元组在使用DSR的每个分组使用，同时每个节点拥有一个计时器和节点状态存储器，计时器的初始值为 T 。节点状态存储器存储节点密度参数值 S 和每个被统计节点的状态信息， S 的初始值为 $S=0$ ，被统计的节点状态信息包括信号强

度参数和移动方向、移动速度参数, 节点根据这些信息估计链路的可靠性。

3.3 时间 T 的计算

时间 T 有两个方面的作用: (1) T 在二元组 $\langle T, \text{Sen} \rangle$ 中表示一个计时时间, 该时间用来计时发送探测信息; (2) 时间 T 的值也是正在移动中的节点所构成的链路的保持时间。节点在时间计数器为0时, 表示节点正使用的那条链路出现了危机, 需要另外寻找中间节点来修补路由。

T 的计算方法如下:

假设有两个移动的节点, 分别为 S 和 D , V_S 、 V_D 为两节点某一时刻的移动速度, θ_S 、 θ_D 分别为两节点的移动方向, (X_S, Y_S) 和 (X_D, Y_D) 分别为节点 S 和 D 的坐标, 设节点 S 为静止的坐标原点, D 相对于 S 在运动, 则此时节点 S 的坐标为 $(0,0)$, 节点 D 的坐标为 $(X_D - X_S, Y_D - Y_S)$, 如图2所示。

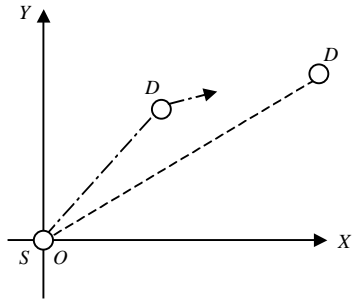


图2 节点相对坐标

正交分解速度后, D 在 X 轴上移动速度为 $V_D \cos \theta_D - V_S \cos \theta_S$; Y 轴上的移动速度为 $V_D \sin \theta_D - V_S \sin \theta_S$, 设:

$$\begin{aligned} a &= X_D - X_S \\ b &= Y_D - Y_S \\ c &= V_D \cos \theta_D - V_S \cos \theta_S \\ d &= V_D \sin \theta_D - V_S \sin \theta_S \end{aligned}$$

则经过时间 T 后 D 的新坐标为 $(a+cT, b+dT)$, 此时设 S 与 D 的距离为 r , 则 $(a+cT)^2 + (b+dT)^2 = r^2$, 解出:

$$T = \frac{-(ac + bd) + \sqrt{r^2(c^2 + d^2) - (ad - bc)^2}}{c^2 + d^2}$$

当 r 为节点 S 与 D 之间的有效传输距离时, T 则为两点间所能保持连接的最短时间。

3.4 确定失效节点

正在通信的链路两端的节点监测链路的信号长度, 当检测到信号长度比系统设定的值小时, 标志着链路传输处于不稳定状态, 很有可能引起路由的中断。

按常理可知, 由于移动而使链路变得不稳定

的节点应该为失效节点, 当节点检测到信号长度比系统设定值小时, 链路两端的节点把各自信号的变化通知对方, 然后两节点对变化的大小进行比较, 变化较大的那个节点作为失效节点, 由于链路的失效是由失效节点引起的, 因此下一步就是找出一个具有稳定信号的节点作为该失效节点的下一跳。

3.5 中间节点的插入

正在进行数据传输的某节点一旦被确定为失效节点, 该节点首先查看自己的节点状态存储器中的节点密度参数值是否为0, 如果为0, 则该节点向其上一跳节点发送一条路由错误信息; 如果不为0, 则该节点查看节点列表, 选取节点信号较强且与该失效节点和预定下一跳节点链路状态保持时间较长的节点作为中间节点, 失效节点主动向该中间节点发送一条路由请求分组, 在该分组中携带节点预定的下一跳节点的地址, 节点就可通过节点状态存储器中的周边节点进行消息分组的传输。

如果失效节点为源节点, 当节点密度参数值为0时, 不需要发送路由错误, 源节点自动认为该路由请求失败。若失效节点为目的节点, 则将中间节点作为其上一跳节点插入。

4 性能分析

搭建的WA mesh网络模型包含WLAN子网和终端节点, 子网内各个移动终端之间通过WLAN 802.11b标准进行通信, 在每个WLAN子网内包含一个mesh路由器/AP节点, WLAN子网之间通过mesh路由器/AP节点进行通信。其中mesh路由器采用双网卡的PC主机, 在带接入功能的路由器上通过无线网卡的方式实现终端接入, mesh终端采用便携式电脑, 终端利用Infrastructure模式通过AP接入无线mesh网络。

分别搭建2个网络场景, 每个场景由 N 个移动节点组成, 节点随机地分布在 200×200 的矩形区域内, 节点之间通过无线信道进行通信, 每个节点按照事先制定的轨迹移动。在实验中, 进行不同数量节点下使用DSR路由协议的仿真, 网络模型中每个节点都采用相同的节点模型。本文的实验采用OPNET模型库内的MANET节点模型, DSR协议参数使用其默认配置。

2个场景分别使用25节点、50节点和100节点种节点数量: 设置仿真时间为1 h, 种子数为128, 为了观测DSR和LSDSR路由协议的性能^[9], 对以下统计

量进行观察:

- (1) 路由发现时间;
- (2) 路由请求;
- (3) 链路丢包;
- (4) 链路负载.

使用OPNET Modeler网络仿真工具^[10]进行仿真, 对不同的网络条件, 进行DSR和LSDSR比较, 效果如图3~图6所示.

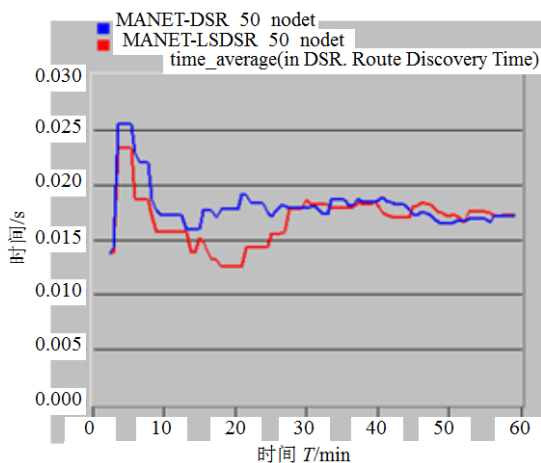


图3 路由发现时间

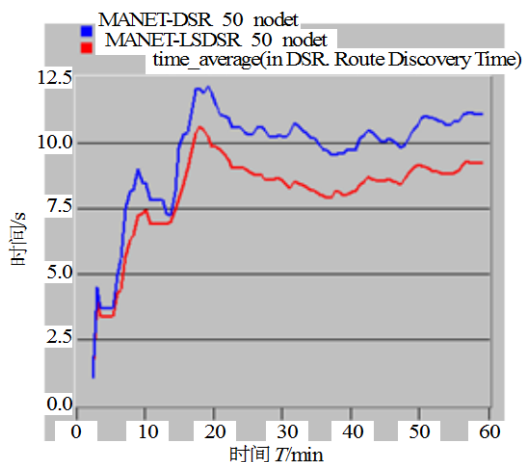


图4 路由请求

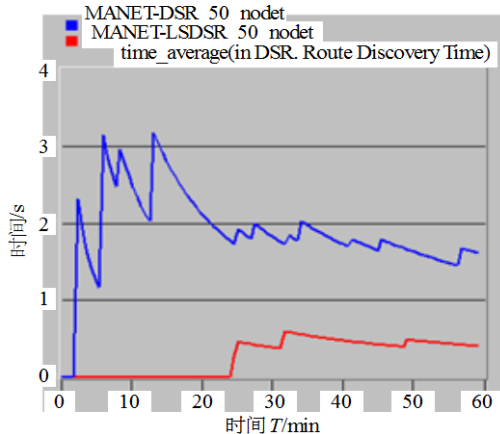


图5 链路丢包

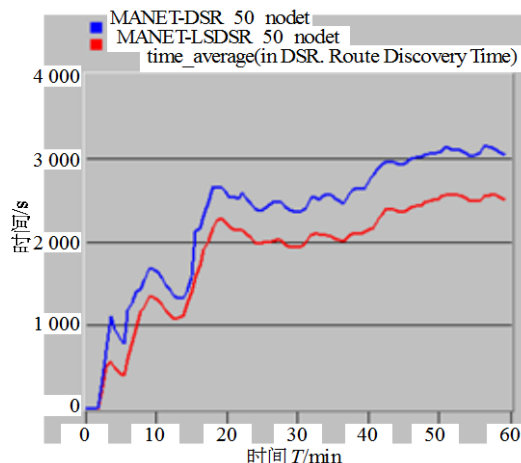


图6 链路负载

5 总 结

本文依据mesh网络现有的网络组建方式提出一种混合模式网络体系结构WA mesh, 该体系结合IEEE802.11WLAN技术和Ad hoc技术, 对其中的动态源路由协议DSR进行改进, 提出一种基于链路状态信息的动态源路由扩展路由算法LSDSR. 分析表明, LSDSR路由算法能够减少路由中断的几率, 并能减少网络中洪泛信息的出现, 路由发现时间、链路负载、路由请求信息和丢包率都得到很大改善, 在整体上提升了网络的效率. 在相同的业务需求环境中, LSDSR算法在链路的延迟、网络确认等消息的控制上也有更良好的表现.

参 考 文 献

[1] RAYNER K. Mesh wireless networking[J]. Communications Engineer, 2003, 1(5): 44-47.

[2] Now Wireless Limited. Nex gen city becomes wireless broadband communications system for first responders [EB/OL]. [2006-01-16]. <http://www.nortelnetworks.com/wrlsMesh.html>.

[3] 金 纯, 陈林星, 杨吉云. IEEE802.11无线局域网[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
JIN Chun, CHEN Lin-xing, YANG Ji-yun. IEEE802.11 wireless LAN[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.

[4] 陈林星, 曾 曦, 曹 毅. 移动Ad hoc网络-自组织无线网络技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
CHEN Lin-xing, ZENG Xi, CAO Yi. Technology of moving Ad hoc networks and SOM wireless networks[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006.

[5] 吴传信, 倪明放, 陈 鸣. 路由选择的一种新遗传算法[J]. 电子科技大学学报, 2006, 35(5): 744-747.
WU Chuan-xin, NI Ming-fang, CHEN Ming. A novel genetic algorithm for routing[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2006, 35(5):

- 744-747.
- [6] HU Yih-Chun, DAVID B J. Caching strategies in on-demand routing protocols for wireless Ad hoc networks[M]. Mobicon: Boston MA, 2000.
- [7] KOUTSONIKOLAS D, SAUMITRA M D. On optimal TTL sequence-based route discovery in MANETs[C]//Proc of ICDCSW '05. Columbus, Ohio, USA: [s.n.], 2005: 136-142.
- [8] LEUNG R, LIU Ji-lei. MP-DSR: a QoS-aware multi-path dynamic source routing protocol for wireless Ad hoc networks[C]//26th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks. Tampa, Florida: [s.n.], 2001: 132-141.
- [9] 姚兴苗, 李乐民, 胡光岷. 快速路由器的路由查找和流分类算法研究[J]. 电子科技大学学报, 2004, 33(4): 534-537. YAO Xing-miao, LI Le-min, HU Guang-ming. Research on IP route lookup and packet classification algorithms for high speed router[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2004, 33(4): 534-537.
- [10] 陆正福, 刘吉庆. 基于OPNET Modeler的网络性能仿真实验[J]. 实验科学与技术, 2006, 4(4): 4-7, 14. LU Zheng-fu, LIU Ji-qing. A network performance simulation based on opnet modeler[J]. Experiment Science & Technology, 2006, 4(4): 4-7, 14.

编辑 蒋 晓

(上接第942页)

- SUN Shi-dong, NIE Jing-nan. Performance analysis of throughput and delay for spread spectrum ALOHA multiple access systems[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2006, 28(7): 1251-1254.
- [3] ROBERT M, JARNES L. Packet throughput in slotted ALOHA DS/SSMA radio systems with random signature sequences [J]. IEEE Transactions on Computer, 1992, 40(7): 1223- 1230.
- [4] PARK A S, BUEHRERR M, WOEMER B D. Throughput performance of an FHMA system with variable rate coding [J]. IEEE Transactions on Communication, 1998, 46(4): 521-532.
- [5] 于宏毅. 无线移动自组织网[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005: 214-221. YU Hong-yi. Wireless mobility ad hoc network[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2005: 214-221.
- [6] RAPPAPORT T S. Wireless communications principles and practice[M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004: 447-488.
- [7] ROJAS A, LUIGORRICO J, PARADELILS J. Capacity comparison for FH/FDMA, CDMA and FDMA/CDMA schemes[C]//Vehicular Technology Conference. Canada: IEEE Press, 1998: 1517-1522.
- [8] WANG Jiang-zhou. Performance of one-hop/symbol FHMA for cellular mobile communications[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2001, 50(2): 441-451.
- [9] 张兆丰. 移动随机接入研究[D]. 广州: 华南理工大学. 2003, 21-36. ZHANG Zhao-feng. Research on mobile random access [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2003: 21-36.
- [10] WEBER S, YANG X, ANDREWS J G. Transmission capacity of wireless ad hoc networks with outage constraints[J]. IEEE Trans on Information Theory, 2005, 51(12): 4091-4102.
- [11] KING S, BROWN A P, PALS T. Geolocation in Ad hoc networks using DS-CDMA and generalized successive interference cancellation[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005, 23(5): 984-998.
- [12] SOURYAL M R, VOJCIC B R, PICKHOLTZ R L. Adaptive modulation in ad hoc DS/CDMA packet radio networks[J]. IEEE Transactions on Communication, 2006, 54(4): 714-725.
- [13] ZHANG L L, SOONG B H. Multi-code multi-packet transmission (MCMPT) in wireless CDMA Ad hoc networks under rayleigh fading channels[J]. IEEE Com Letters, 2005, 9(11): 985-987.
- [14] 陈亚丁, 唐友喜, 李少谦. CDMA系统中的信道估计和多址干扰[J]. 电子科技大学学报, 2003, 32(5): 583-587. CHEN Ya-ding, TANG You-xi, LI Shao-qian. Channel estimation and multiple access interference in CDMA system[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2003, 32(5): 583-587.
- [15] TAN Liang, ZHOU Ming-tian. Implementing discretionary access control with time character in linux and performance analysis[J]. Journal of Electronic Science and Technology of China, 2006, 4(3): 274-280.

编辑 张 俊