

基于路径稳定性的 MANET 路由协议研究与改进

余夕亮, 陶 洋, 黄宏程

YU Xi-liang, TAO Yang, HUANG Hong-cheng

重庆邮电大学 通信学院 软件技术中心, 重庆 400065

Center of Soft. Tech., College of Communications, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China

E-mail: yxl_cq@163.com

YU Xi-liang, TAO Yang, HUANG Hong-cheng. Routing improve for MANET based on path stability. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(36): 157-159.

Abstract: In mobile ad hoc networks(MANET), node movement often makes the topology change frequently. In case not considering stability, link break will be unavoidable on the route and therefore route reconstructing is continuing. In order to improve the stability of routing, this paper prompts a new route protocol PS-AORP(Path Stability based Ad-hoc On-demand Routing Protocol). The protocol takes the path stability element and link minimum stability entropy into account of construction. Simulations show that the PS-AORP can reduce the end-to-end delay and packets discarded.

Key words: MANET; routing protocol; path stability

摘 要: 由于移动自组织网络的高动态性, 使得它的拓扑结构不断发生改变。如果不考虑链路稳定性问题, 将不可避免地导致可行路径上链路的经常破裂, 使得两节点需要不断的重构路由。提出了基于路径稳定性的 MANET 路由协议 PS-AORP(Path Stability based Ad-hoc On-demand Routing Protocol), 协议在路由建立过程中考虑路径稳定性, 通过整条链路上的稳定因子和最小稳定熵值来确定链路稳定性。实验仿真结果表明 PS-AORP 对网络端到端传输时延、丢包率等网络性能都有较大的提高。

关键词: 移动自组织网络; 路由协议; 路径稳定性

文章编号: 1002-8331(2007)36-0157-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TN915

1 引言

移动自组织网络是由一组带有无线通信收发装置的移动节点组成的一个多跳、自组织、无中心网络。随着移动自组织网络中节点的快速移动, 网络的拓扑结构将会不断变化, 因而传统的用于因特网的路由协议不能适用于移动自组织网络的需要。必须采用合适的路由算法以解决移动自组织网络中的路由选择问题, 因而路由协议和 QoS 路由协议是移动自组织网络的研究重点^[1-7]。

目前所提出的路由协议主要关注于如何在源节点和目的节点之间找到一条满足连通的最短可行路径, 而没有考虑可行路径的稳定性问题^[2-9]。由于移动自组织网的高动态性, 使得它的拓扑结构不断发生改变。在这种环境中如果不考虑稳定性问题, 将不可避免地导致可行路径上链路的经常破裂, 使得两节点需要不断的重构路由。基于这一点, 提出了基于路径稳定性的 MANET 路由协议 PS-AORP(Path Stability based Ad-hoc On-demand Routing Protocol)。协议通过引入路径稳定性因子 $stab$, 即链路稳定熵之积, 来考虑可行路径稳定性问题。目的节点在多条可行路径中选择具有最大路径稳定性因子 $stab$ 的可行路径, 从而在源节点和目的节点之间建立了一条稳定的路由, 大大减少了路由重构的次数。如果具有最大路径稳定性因

子 $stab$ 的可行路径不止一条, 为了考虑链路局部节点链路的稳定性, 选择从源节点到目的节点链路最小稳定熵最大的链路来建立可行路由。

2 PS-AORP 路由协议算法

2.1 算法基本思想

为了确定链路的稳定性因子 $stab$, 首先需要确定每一跳节点间的链路稳定熵, 而稳定熵的计算通过节点间相对位置变化矢量来确定^[3]。

设节点 i 和 j 在时刻 t_k 时的位置坐标分别为 $[x_i(t_k), y_i(t_k)]$ 和 $[x_j(t_k), y_j(t_k)]$, 则它们的相对距离矢量为

$$pos(i, j, t_k) = \sqrt{[x_i(t_k) - x_j(t_k)]^2 + [y_i(t_k) - y_j(t_k)]^2} \quad (1)$$

因此在 t_k 时刻 i 和 j 的相对位置变化矢量为 $a_{ij}' = pos(i, j, t_k) - pos(i, j, t_{k-1})$ 。

由图 1 可以计算出 a_{ij}' 在区间 $(-R_i, R_i)$, 其中 R_i 为节点的辐射半径, 如果节点 j 移动出节点 i 的覆盖范围, 则节点 i 收不到 j 的位置广播信息。为了对稳定熵的计算, 对位置变化矢量进行处理, 即

$$a_{ij}'' = \frac{pos(i, j, t_k) - pos(i, j, t_{k-1}) + R_i}{2R_i} \quad (2)$$

基金项目: 重庆市教委资助项目(No.040503); 重庆市科委资助项目(No.D2004-18)。

作者简介: 余夕亮(1983-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 网络控制与管理; 陶洋(1964-), 男, 教授, 博士后, 主要研究方向: 网络管理技术研究及应用; 黄宏程(1979-), 男, 讲师, 主要研究方向: 网络通信与管理。

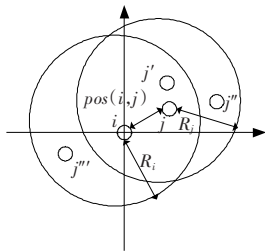


图1 节点位置变化矢量

为了提高精确度,减少节点运算量,对相对位置变化矢量进行了一个均值处理,即

$$a_{ij} = \frac{1}{N} \sum_1^N \frac{pos(i, j, t_k) - pos(i, j, t_{k-1}) + R_i}{2R_i} \quad (3)$$

其中, N 为在 Δt 时间内节点 i 收到节点 j 广播的位置信息包个数。

由公式(3)计算出两节点的位置变化矢量后,运用相对位置变化矢量计算出相对位置变化概率 $p_i, p_j(t, \Delta t)$ 为从 t 时刻开始在 Δt 时间内,节点 j 与 i 的相对位置变化量与 i 所有邻居节点相对 i 的位置变化量比值^[6]。即

$$p_j(t, \Delta t) = \frac{a_{ij}}{\sum_{l \in F(i)} a_{il}} \quad (4)$$

其中 $F(i)$ 为节点 i 的邻居节点集。

因此从节点 j 到 i 这一跳的稳定熵为

$$H_i(t, \Delta t) = \frac{\sum_{j \in F(i)} p_j(t, \Delta t) \log p_j(t, \Delta t)}{\log F(i)} \quad (5)$$

由公式(5)可知,当 H_i 值越大表示节点 j 到 i 的链路越稳定。

因此从源节点到目的节点路由的稳定因子为

$$stab = \prod_{i \in path(s, d)} H_i(t, \Delta) \quad (6)$$

其中 $path(s, d)$ 为从源节点 s 到目的节点 d 所经过的路径^[5,8]。

假设节点 A 通过节点 B, C 将信息传到节点 D ; 而同时节点 A 又通过节点 B, C, D 传递信息给 E (如图2)。第一条链路的稳定因子 $stab_1 = H_1 * H_2 * H_3$, 而第二条链路的稳定因子为 $stab_2 = H_1 * H_2 * H_3 * H_4$; 由于 $H_4 \in [0, 1]$, 所以 $stab_1 \geq stab_2$, 第一条链路的稳定性比第二条的好, 同时也说明数据包经过的跳数越多, 链路的稳定性下降。

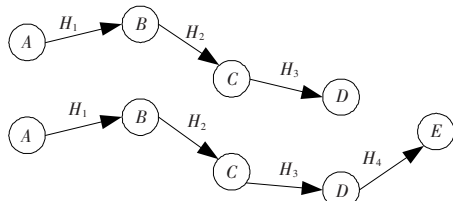


图2 不同条数下链路稳定因子计算

假设节点 A 通过节点 B, C 可以到达 D , 而同时又可以通到 F, G 到达 D (如图3), 则 D 分别收到 C 和 G 的 RREQ 包时, 首先比较它们的 $stab$ 值, 如果第一条链路的 $stab$ 值大, 则选择第一条; 如果它们的 $stab$ 值相同, 则比较它们链路中最小 H 值, 即 $min_h = \min[H_i, H_i \in link_k(A, D)]$, $link_k(A, D)$ 表示从节点 A 到 D 的第 k 条链路节点集, 选择 min_h 大的一条链路。因为在 $stab$ 值相等的情况下, min_h 越大说明该链路在整体稳定性

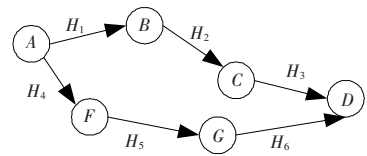


图3 最优稳定链路选择

相同的情况下,局部节点更稳定。

2.2 算法描述

2.2.1 节点稳定熵计算及更新

每个节点通过 GPS 获取自己的地理位置信息, 并定时向自己的邻居节点广播自己最新的地理位置信息。每个节点在向邻居节点广播自己地理位置信息时设置跳数为一跳, 即只向自己的邻居节点广播, 邻居节点接收到位置信息广播包后不再向自己的邻居节点广播此包。

定义位置信息广播包 BCAST-POS, 其包格式为:

```
Struct {
    源地址 src_addr;
    目的地址 dest_addr;
    跳数计数 hop_cnt;
    位置信息 pos; //记录当前节点的位置信息
    ...
} BCAST_POS;
```

接收到位置信息包的邻居节点通过公式(3)计算出当前的位置变化矢量, 再通过公式(5)计算并更新链路的稳定熵 H 。

2.2.2 路由建立

路由表建立请求报 RREQ 格式为:

```
Struct {
    源地址 src_addr;
    目的地址 dest_addr;
    跳数计数 hop_cnt;
    链路稳定因子 stab; //记录从源节点到当前节点所经过的链路稳定因子
    稳定熵最小值 min_h; //记录从源节点到当前节点所经过的链路中稳定熵最小值
    ...
} RREQ;
```

(1)源节点初始化 RREQ 包, 设置初始链路稳定值 $stab$ 和链路最小稳定值为 1, 并向自己的邻居节点广播 RREQ 包;

(2)邻居节点接收到 RREQ 包后, 比较节点和目的节点的地址:

①如果自己是目的节点, 将上一节点到本节点链路的稳定熵 H_i 乘以 RREQ 中所经过链路稳定因子 $stab$, 作为从源节点到目的节点的稳定因子; 否则跳转到②。

(a)如果是第一次收到从源节点到目的节点的 RREQ, 则回复路由由响应报文, 否则跳到(b);

(b)如果不是第一次收到则比较两条链路的稳定因子 $stab$ 值, 选择 $stab$ 值大者, 如果 $stab$ 值相同情况下选择稳定熵 min_h 大者, 将目的节点的序列号加 1, 并回复响应报文; 更新链路稳定因子 $stab$ 值和最小稳定熵 min_h 值。

②根据源地址和目的地址及序列号判断是否收到过该请求包, 如果收到丢弃该请求消息包, 否则转向③。

③记录相应的信息, 以形成反向路由。记录的信息包括: 上游节点地址、目的地址、源地址、反向路由超时时长和序列号等, 同时跳数计算器加 1, 并将上游节点到本节点链路的稳定

熵 H_i 乘以 RREQ 中的 $stab$ 值作为下一跳的 RREQ 的 $stab$ 值;比较 H_i 与 min_h 值,如果 H_i 小则更新 min_h 值。最后向邻居节点转发更新后的路由请求包。

在路由的维护和管理上仍然继续采用 AODV 路由机制的路由维护和管理策略。

3 仿真结果及分析

3.1 仿真环境描述

用 NS2 对 PS-AORP 进行仿真并将结果与 AODV 和 DSR 进行了比较,仿真参数选择如下^[9]:

仿真场景范围:500 m×500 m;节点无线信号覆盖范围直径:100 m;MAC 层协议:802.11;节点数为:10;分别设置节点移动速率在 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s 下进行统计分析。

3.2 仿真结果分析

在仿真环境下运行,收集了网络的丢包、时延和网络开销等几个重要参数,并与 AODV 和 DSR 进行了仿真结果比较。

PS-AORP 在路由建立过程中考虑了从源节点到目的节点的链路的稳定性,减少了因节点移动造成节点失效引起的丢包现象。通过仿真也表明 PS-AORP 在丢包方面比 AODV 和 DSR 都有了较明显的提高(如图 4)。特别是当节点移动速率加快的情况下,AODV 和 DSR 丢包率都急剧的上升,而 PS-AORP 却相对增加较缓慢。

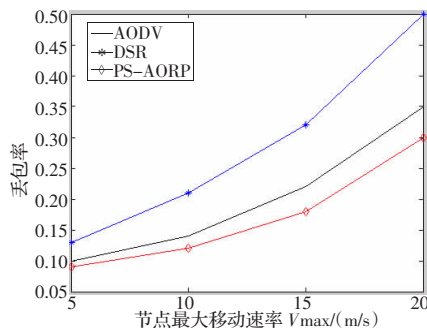


图 4 PS-AORP 与 AODV、DSR 丢包率比较

由于 PS-AORP 考虑了链路的稳定性,减少了因节点失效引起的路由恢复或重建引起的时延。仿真表明 PS-AORP 比 AODV 和 DSR 有较小的时延(如图 5)。

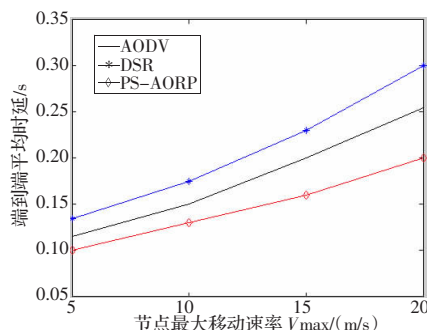


图 5 PS-AORP 与 AODV、DSR 端到端时延比较

在路由开销方面 PS-AORP 由于需要定时广播位置信息包,这将增大了路由开销。由仿真结果图 6 表明 PS-AORP 比 AODV 开销稍大,基本与 DSR 相等。

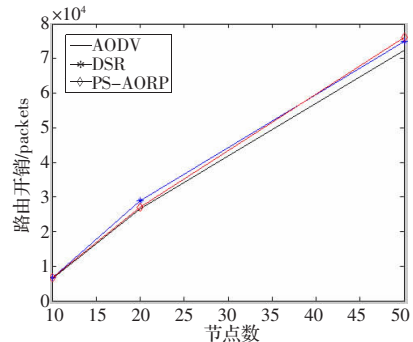


图 6 PS-AORP 与 AODV、DSR 网络开销比较

4 总结

本文从链路的稳定性出发,在路由建立过程考虑了链路稳定性参数,通过求解链路稳定因子和最小稳定熵,来确定链路的稳定可靠程度。通过仿真表明该路由算法对网络端到端传输时延和丢包率等重要参数都有较大的改善。但由于网络节点需要定时广播自己的位置信息包,因此在网络开销上有适当的增大,与 AODV 相比有一定的增加,但基本和 DSR 相等。因此对网络节点的开销还有待于以后进一步的研究改善。

(收稿日期:2007 年 7 月)

参考文献:

- [1] Royer E M.A review of current routing protocols for Ad Hoc mobile wireless networks[J].IEEE Personal Communication,1999,4(2):46.
- [2] Lee S J, Gerla M, Toh C K.A simulation study of table-driven and on-demand routing protocols for mobile Ad Hoc networks[J].IEEE Network, 1999.
- [3] Yang Xiao-zong, Li Ren-fa, Li Ken-li, et al.A new on-demand routing algorithm based on nodes' locations for MANET[C]//Wireless Communications 2005 International Conference, Issue, 2005, 2: 776-781.
- [4] Sankar A, Liu Zhen. Maximum lifetime routing in wireless ad-hoc networks[C]//IEEE INFOCOM, 2004.
- [5] Qayyum A, Viennot L, Laouiti A. Multipoint relaying: an efficient technique for flooding in mobile wireless networks, RR-3898. INRIA, 2000.
- [6] 刘军, 郭伟, 肖百龙, 等. 移动自组网基于路径维持概率的按需路由协议[J]. 软件学报, 2007, 78(3): 693-701.
- [7] Lee K Y, Hwang J B, Ryoo J d. End-to-End QoS routing in physically hierarchical wireless Ad-Hoc networks[J]. IEEE, 2005.
- [8] Chen Xiang-chuan, Amy L. Murphy enabling disconnected transitive communication in mobile Ad Hoc networks[C]//POMC'01 Newport, Rhode Island USA Copyright 2001 ACM 1581133979/01/08, 2001.
- [9] The Network Simulator ns-2 available online[EB/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.