

基于路径稳定性的 MAODV 改进路由协议

严秋实, 万晓榆, 樊自甫

(重庆邮电大学下一代网络应用技术研究所, 重庆 400065)

摘 要: 由于移动自组织网络的高动态性, 使其拓扑结构不断发生改变。针对这种情况, 在分析现有 MAODV 协议改进技术的基础上, 提出一种选择路径稳定性的路由协议(PPC-MAODV)。改进路由协议充分考虑路径稳定性问题, 选择稳定性高、路由跳数小的路径进行数据转发和传输, 减小路由的重构和修复次数。通过仿真实验对 MAODV 协议与 PPC-MAODV 协议在端传输时延、丢包率等方面进行验证, 结果证明了该协议的有效性。

关键词: Ad Hoc 网络; MAODV 协议; 路径稳定性

Improved Routing Protocol for MAODV Based on Path Stability

YAN Qiu-shi, WAN Xiao-yu, FAN Zi-fu

(The Next Generation Network Applied Technology Institute, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

【Abstract】 In mobile Ad Hoc networks, 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 called PPC-MAODV. The protocol takes the path stability element and link minimum stability entropy into account of construction. Simulations show that the PPC-MAODV protocol can reduce the end-to-end delay and packets discarded.

【Key words】 Ad Hoc networks; MAODV protocol; path stability

1 概述

移动 Ad Hoc 网络是指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、无中心的网络。由于移动 Ad Hoc 网络具有节点移动和拓扑动态变化等特点, 路由问题一直是研究的重点和热点。在实际应用中, 常常会因为节点的移动使得正在通信的路径断裂, 从而需要重构路由, 造成通信中断等影响。

目前, 在 MAODV^[1]路由协议中, 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]。在现有改进方案中, 一般根据链路断链时间预测, 在链路断链前主动修复路由, 以及在路由建立过程中, 多建立一条备用链路^[3-4]。但是在节点的移动过程中, 备用链路的节点也会有节点移动, 备用链路也存在不稳定的现象。因此, 本文在现有稳定性算法基础上, 充分考虑了路径稳定性选择算法, 提出了基于路径稳定性的移动 Ad Hoc 网络路由协议 PPC-MAODV。协议通过引入路径稳定因子 SD_p , 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因子 SD_p 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和路由修复的次数, 从而提高了网络的性能。

2 PPC-MAODV 路由算法

2.1 算法基本思想

现有的路径稳定性算法主要集中在熵^[5]的构造理论上, 但是这种熵的构造主要是通过局部节点的运动变化情况决定的, 仅仅只考虑了运动速度的快慢, 没有考虑节点间的距离,

并且计算复杂。因此, 本文的路由算法在现有算法基础上, 通过路径的可持续工作时间来计算链路的稳定因子, 提高路径稳定性选择的准确性。

定义 1 稳定性是指在一段时间 ΔT 内, 网络或者局部区域节点的相对位置变化程度。

根据以上定义可以得到网络稳定性的以下性质:

(1) 如果节点 i 的覆盖范围内的节点在 ΔT 内的相对位置变化剧烈, 则表明节点 i 覆盖范围内的拓扑稳定性较差, 反之, 稳定性较好;

(2) 如果一条路径上某节点 i 与其上下游节点之间的相对位置在 ΔT 内变化剧烈, 则表明节点 i 的上下游链路稳定性较差, 可以推断含此链路的路径稳定性也较差。

一条路径是由多条链路构成, 因此, 本文先构造了链路的稳定因子 S_{link} , 然后再构造路径的稳定因子 SD_p 。

链路的稳定因子通过链路维持时间预测来获取。路径的稳定因子通过该路径上各链路的链路稳定因子 S_{link} 的积来判断(两节点彼此在传输半径 R 内)。路径的选择根据路径的稳定因子的积 SD_p 来确定。

2.2 网络模型

用图 $G(V, E)$ 表示 Ad Hoc 网络, V 是图的顶点集合, 代表网络中的节点; E 是图的边的集合, 代表网络的有效链路。有效链路指双工链路, 即组成链路的 2 个节点 i 和 j 均在对方

作者简介: 严秋实(1984 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 下一代网络应用技术; 万晓榆, 教授; 樊自甫, 讲师

收稿日期: 2010-02-20 **E-mail:** gigiyianshu@hotmail.com

的覆盖范围内，如图 1 所示。

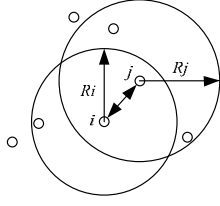


图 1 邻居节点位置变化

构造节点 i 在时刻 t_k 的位置向量：

$$\text{pos}(i, t_k) = (x_i, y_i, z_i) \quad (1)$$

节点 i 和节点 j 在时刻 t_k 的相对位置向量为：

$$\text{pos}(i, j, t_k) = \text{pos}(i, t_k) - \text{pos}(j, t_k) \quad (2)$$

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 $[x_j(t_k), y_j(t_k)]$ ，则在 $T = t_k - t_{k-1}$ 时间内，相邻节点 i 和 j 的相对位置变化量为：

$$\Delta S_{ij} = \text{pos}(i, j, T) = \|\text{pos}(i, j, t_k)\| - \|\text{pos}(i, j, t_{k-1})\| \quad (3)$$

由图 1 可知： $-R_i \leq \text{pos}(i, j, t_k) \leq R_j$ ，所以：

$$|\Delta S| = |\text{pos}(i, j, T)| \leq R \quad (4)$$

由图 1 可以计算出在区间 $(-R_i, R_j)$ 的 $S_{\text{link}_{ij}}$ ，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。为了计算稳定因子，对位置变化量进行处理，即：

$$S_{\text{link}_{ij}} = \frac{R - (\|\text{pos}(i, j, t_k)\| - \|\text{pos}(i, j, t_{k-1})\|)}{2R} \quad (5)$$

其中， $\|\text{pos}(i, j, t_k)\|$ 为节点 i 和 j 在 t_k 时刻的相对距离。

根据图 1 与式 4、式 5 可得： $0 < S_{\text{link}_{ij}} \leq 1$ ， $S_{\text{link}_{ij}}$ 越大，表示节点 i 相对 j 的局部拓扑越稳定， $S_{\text{link}_{ij}}$ 值越小，表示节点 i 相对 j 的局部拓扑变化激烈，稳定性低。因此，从源节点到目的节点路径的稳定因子为：

$$SD_p = \prod_{i=1}^n S_{\text{link}_i} \quad (6)$$

由式(1)可知在路径中，路径的稳定性与每条链路的稳定性有关，而且和链路的跳数有关。由图 2 可知：假设第 1 条路径是 A 通过节点 B、C、D 将信息传到节点 E。

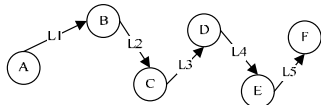


图 2 一条路径稳定因子计算

则路径的稳定因子为：

$$SD_{p1} = S_{\text{link}_1} \cdot S_{\text{link}_2} \cdot S_{\text{link}_3} \cdot S_{\text{link}_4}$$

同时，节点 A 通过节点 B、C、D、E 将信息传到节点 F。则路径的稳定因子变为：

$$SD_{p2} = S_{\text{link}_1} \cdot S_{\text{link}_2} \cdot S_{\text{link}_3} \cdot S_{\text{link}_4} \cdot S_{\text{link}_5}$$

由于 $S_{\text{link}_i} \in (0, 1]$ ，因此 $SD_{p1} \geq SD_{p2}$ 。所以，第 1 条路径的稳定性比第 2 条好，说明数据包经过的路径跳数越多，路径的稳定性越差。

2.3 算法流程描述

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 1 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。

本算法在路由发现阶段和路由选择阶段的操作流程：

(1)当源节点要加入到多播树或者有数据分组要发送时，如果本地节点不存在到该多播树的路径，它就启动到多播树的路由发现过程。首先生成一个 RREQ 分组，源节点向目标组发出 RREQ 请求。

(2)中间节点收到 RREQ 分组后，首先检查自己是否有到目的地址的路由或者为该组的成员，如果是，就检查自己路由项中的组序列号是否大于或等于 RREQ 中的组序列号；如果两者相等，再检查路由项中的跳数是否小于 RREQ 中的跳数。

(3)直到 RREQ 分组到达目的节点。然后将这条路由记录保存在目的节点的路由记录中。生成 RREP 分组，同时初始化 $S_{\text{link}} = 1$ ， $S_{\text{link_min}} = \infty$ ，RREP 分组沿原路反向单播给源节点，中间节点接收到 RREP 分组后，不断更新新路径稳定因子。

(4)源节点在发出 RREQ 分组后等待一段时间，并在这段时间记录下接收到的最大序列号和最大路径稳定因子的 RREP 分组，源节点更新自己的路由信息，并单播发送 MACT 到把最大序列号和最大路径稳定因子发送给自己的邻居节点，邻居节点收到 MACT 后激活单播路由表中到该组地址的路由项，并把 MACT 转发给路由项指出的下一跳节点。最终激活唯一的一条从源节点到多播树某成员的路径上的所有中间节点的路由项。

3 仿真结果及分析

用 NS2 对 PPC-MAODV 进行仿真并将结果与 MAODV 进行了比较，仿真参数选择如下：

本实验仿真采用了 2 种场景：(1)通过改变节点的移动速度来仿真并得到结果，(2)通过不停地增加网络节点个数和组规模比较协议的性能。

仿真 1 仿真场景范围：1 000 m×1 000 m；节点无线信号覆盖半径：100 m；MAC 层协议：802.11；节点数：10，其中一个源节点。分节点最大移动速度设置为 1 m/s~10 m/s；CBR 分组大小为 512 Byte，发送速率为 2 分组/s 下进行统计分析。在仿真环境下运行，收集了网络的包投递率、时延等几个重要参数，并与 MAODV 进行仿真比较。如图 3 所示。

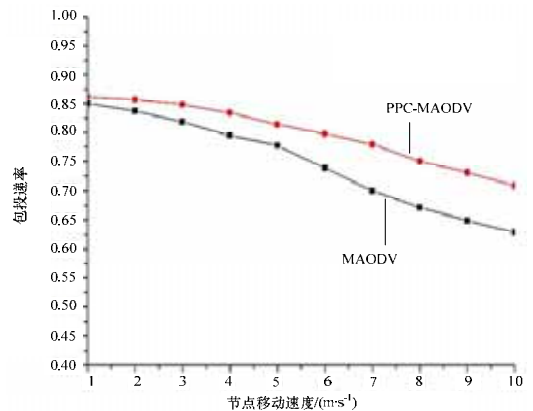


图 3 包投递率比较 1

由图 3 可得：随着节点的移动速度的增大，包投递率逐渐降低。开始速度较小的情况下，2 种路由算法的分组投递率相差不大，在速度大于 4 m/s 时，包投递率降低较快。但 PPC-MAODV 路由算法包投递率一直高于 MAODV 路由算

法,并且一直较为平稳。这主要是由于在网络构建过程中,PPC-MAODV 算法在路由选择过程中,采取了路径稳定性判断,尽量选择局部拓扑变化小的路径进行数据转发,减少了路由中断和重构的次数,增加了包的投递率。

由于 PPC-MAODV 考虑了链路的稳定性,因此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 PPC-MAODV 比 MAODV 有较小的时延,如图 4 所示。

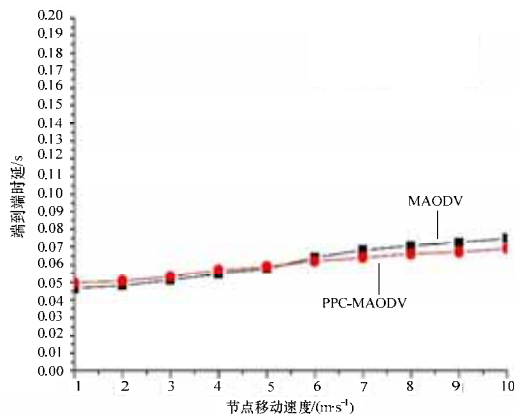


图 4 端到端时延比较 1

仿真 2 仿真场景范围:1 000 m×1 000 m;节点无线信号覆盖半径:100 m;MAC 层协议:802.11;其中一个源节点在组规模为 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50 时,CBR 分组大小为 512 Byte,发送速率为 2 分组/s 下进行统计分析。在仿真环境下运行,收集了网络的包投递率、时延等重要参数,并与 MAODV 进行仿真结果比较。如图 5 所示。

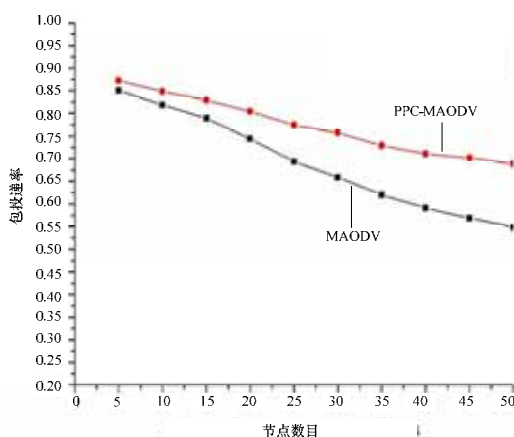


图 5 包投递率比较 2

PPC-MAODV 路由算法选取了路径稳定性较高的路径进行数据传输。因此,数据包投递率高。但是随着节点数目的增多,网络规模的扩大,路径的长度增加,路径的稳定性降

低,中断的可能性增大,路由的重建和修复的次数增加,路由算法控制分组的路由开销较大;同时网络中数据传输量增大,网络拥塞程度增加,所以投递率降低。

图 6 为端到端延时比较,可以看出,由于 PPC-MAODV 路由算法要在多跳路径上选择一条最稳定的路径发送数据,花费了节点计算的时间和选路等待时间,并且由于组规模大,路径通常比较长,并且根据路径稳定性选择路由的平均跳数略大于 MAODV 路由算法所选路径。因此,延时较大。

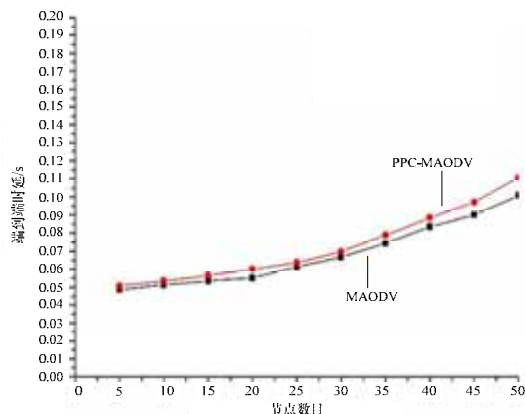


图 6 端到端时延比较 2

4 结束语

本文从链路的稳定性出发,在路由建立过程考虑链路稳定性参数,通过求解链路稳定因子和路径的稳定因子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。但同时由于计算带来不必要的开销,因此下一步的工作是减少开销。

参考文献

- [1] 崔伟峰,张岩,金顺福.几种 Ad Hoc 网络组播路由协议的分析与比较[J].计算机工程与设计,2006,27(18):3340-3343.
- [2] Royer M, Perkins C E. Multicast Ad Hoc On-demand Distance Vector(MAODV) Routing[D]. Oakland, California, USA: University of California, 2000.
- [3] Zhao Xin, Chou Chun-Tung, Guo Jun, et al. Protecting Multicast Sessions in Wireless Mesh Networks[C]//Proc. of the 31st IEEE Conference on Local Computer Networks. [S. l.]: IEEE Press, 2006.
- [4] Zhao Xin, Chou Chun-Tung, Guo Jun, et al. Probabilistically Reliable On-demand Multicast in Wireless Mesh Networks[C]//Proc. of 2008 International Symposium on Wireless, Mobile and Multimedia Networks. [S. l.]: IEEE Press, 2008.
- [5] 沈辉,石冰心. Ad Hoc 网中基于熵的长寿分布式 QoS 路由算法[J].软件学报,2005,16(3):445-452.

编辑 陈文

(上接第 85 页)

- [2] Coulouris G, Dollimore J, Kinde-Rg T. Distributed System: Concepts and Design[M]. Harlow, England: Pearson Education Limited, 2001.
- [3] 周集良,彭小宁,王正华.基于集群的负载均衡调度算法研究与实现[J].计算机工程,2005,31(12):108-111.
- [4] 魏利峰,左明,王志晓,等.一个基于集群的 Web 服务器负载均衡模型[J].计算机工程,2005,31(10):116-118.
- [5] 陆达,宋人杰,李晓华.基于智能代理的应用服务器动态负载

均衡机制[J].计算机工程,2002,28(10):89-91.

- [6] Michael M. The Power of Two Choices in Randomized Load Balancing[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed System, 2001, 12(10): 1094-1104.
- [7] Byers J, Considine J, Mitzenmacher M. Simple Load Balancing for Distributed Hash Tables[M]. London, UK: Springer-Verlag, 2003: 80-87.

编辑 张正兴