

一种改进仿真的预测按需距离矢量路由协议

An Improved Prediction On-Demand Distance Vector Routing Protocol

吴晚霞 孟利民 (浙江工业大学 光纤通信技术重点研究实验室 浙江 杭州 310014)

摘要: 使用 OPNET 网络仿真软件对 Ad Hoc 网络的按需距离矢量路由协议进行了研究, 提出了一种改进的路由协议: 预测按需距离矢量路由协议。该协议在路由维护中采用了动态预测提前警告并发现新路由的思想, 它对 Ad Hoc 网络技术的研究有着重要的意义。由 OPNET 网络仿真和分析可知, 该协议降低了丢包率, 降低了时延, 改进了原有协议的性能, 对 Ad Hoc 网络而言是一种简单而高效的路由协议。

关键词: 无线网络 路由维护 预测 OPNET 丢包率

1 引言

1.1 文章安排

本文第 2 节介绍相关研究。第 3 节简要介绍 OPNET 仿真软件。第 4 节给出 OPNET 网络仿真及分析。第 5 节给出结论以及未来工作。

1.2 基本介绍

随着人们对摆脱有线网络束缚、随时随地可以进行自由通信的渴望, 近几年来无线网络通信得到了迅速的发展。人们可以通过配有无线接口的便携计算机或个人数字助理来实现移动中的通信, 但是这些大多需要有线基础设施(如基站)的支持才能实现。为了能够在没有固定基站的地方进行通信, 一种新的网络技术—Ad Hoc 网络技术应运而生。Ad Hoc 网络不需要有线基础设施的支持, 通过移动主机自由的组网实现通信。Ad Hoc 网络的出现推进了人们实现在任意环境下的自由通信的进程, 同时它也为军事通信、灾难救助和临时通信提供了有效的解决方案。

在 Ad Hoc 网络中, 由于结点的移动以及无线信道的衰耗、干扰等原因造成了网络拓扑结构的频繁变化, 传统路由协议在 Ad Hoc 网络中面临着众多的挑战^[1]。因此, 研究如何快速准确地选择到达目的节点的路由, 对 Ad Hoc 网络技术的研究具有重要的意义。本文通过对按需距离矢量路由协议^[2](Ad hoc On-

Demand Distance Vector Routing, AODV)的研究, 提出一种改进的路由协议: 预测按需距离矢量路由协议 (Prediction Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing, PAODV)。该协议在路由维护中采用了动态预测提前警告并发现新路由的思想。由 OPNET 仿真和分析可知, 该协议降低了丢包率, 降低了时延, 改进了原有协议的性能, 对 Ad Hoc 网络而言是一种简单而高效的路由协议。

2 AODV协议的研究和改进

2.1 AODV 协议

AODV 协议是一种按需路由协议, 节点不需要实时维护准确的路由信息, 当需要发送数据时才发起路由查找过程。基本思想为源节点发送数据前先广播一个路由请求消息, 附近节点收到后再次广播, 直到请求消息到达目的节点或到达知道目的节点路由的中间节点, 目的节点或中间节点沿原来路由返回响应消息。任何转发响应消息的节点都记录了到目的节点的下一跳, 当响应消息到达源节点时, 节点地址匹配, 不再转发, 而源节点到目的节点的前向路由已经建立起来了。源节点可以沿这条前向路由传输数据。AODV 协议为源节点提供了一条到达目的节点的路由, 在传输数据的过程中, 如果该路由中断, 就需要等待找到新

基金项目: 国家自然科学基金(60872020)

收稿时间: 2009-01-20

的路由，会有延时甚至丢包。为了改进这个缺陷，本文对该协议进行改进，在数据传输过程中即路由维护时采用了动态预测提前警告并发现新路由的思想，就是监控路由的状况，一旦路由趋向不稳定就向源节点发送一个警告使得源节点预先启动新一轮路由寻找，并把找到的新路由缓存。当正在传输数据的路由中断时就可以切换到新的路由继续传输数据。

2.2 路由稳定性

对于一条路由而言，其中某一条链路的不可用就导致该条路由的失效，所以在路由维护时监控所使用的路由的各个链路，任何一条链路趋向不稳定时就向源节点发送警告来预先启动一轮新的路由发现。

设 i, j 是网络中任意的两个节点， D 是其通信距离。假定节点采用同一类型，其发送功率一样，这也决定了有效通信范围(设为 D_0)一样。设节点间链路的稳定性^[3]用 S_{ij} 表示，它和通信有效范围、节点相互距离有关，定义如下，

$$S_{ij} = \begin{cases} 0 & D \geq D_0 \\ 1 - \frac{D}{D_0} & 0 \leq D < D_0 \end{cases} \quad (1)$$

当 D 大于等于 D_0 时，节点之间不可直接通信， S_{ij} 为 0。反之， S_{ij} 节点可以直接通信，介于 0 和 1 之间。链路稳定性预测是基于无线传播模型^[4]的，无线传播模型揭示了无线电波发送功率、接收功率和传播距离间的关系。当两个无线节点在非常近的位置时，Friis 模型比较接近于实际情况。当两个无线节点比较远的时候，Two-Ray 模型比较适用。一般情况下，无线通信的节点相距较远，所以使用 Two-Ray 模型如下，

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r (h_t h_r)^2}{D^4} \quad (2)$$

式中， P_t 表示发送功率， P_r 表示接收功率， G_t 表示发送天线增益， G_r 表示接收天线增益， h_t 表示发送天线高度， h_r 表示接收天线高度。已设 P_t 是一个常数，另外假设节点使用定向天线，则 $G_t G_r h_t h_r$ 就是一个常数以 k_1 表示。于是， D 可以通过式 2 变换得到，即：

$$D = \sqrt[4]{\frac{k_1 P_t}{P_r}} \quad (3)$$

设 P_r 节点最低接收功率为，其对应距离即节点有效通信范围 D_0 ，则由式 3 可得 $k_1 P_t = P_r D_0^4$ ，再代入式

3 可以得到计算距离的公式，

$$D = \sqrt[4]{\frac{P_t}{P_r}} D_0 \quad (4)$$

最后把式 4 代入式 1 就得到计算链路稳定性的公式，

$$S_{ij} = \begin{cases} 0 & D \geq D_0 \\ 1 - \sqrt[4]{\frac{P_t}{P_r}} & 0 \leq D < D_0 \end{cases} \quad (5)$$

2.3 路由预测

当链路剩余连接时间^[5]小于启动一轮新的路由发现所需时间时，就认为链路不稳定，需要启动新的路由发现，而稳定临界点即为链路稳定性阈值。链路稳定性预测的重点就是各链路的稳定性和该阈值的比较和判断。设一轮新的路由发现所需时间为 T ，包括向源节点发送警告、路由请求和路由应答 3 个环节。考虑最坏的情形：3 个环节所经过的路由跳数都是网络节点数(设为 N)，根据 Ad Hoc 网络情况设每跳时间为 T_{hop} 取 30ms，根据仿真参数 N 为 40，那么 $T = 3 \times N \times T_{hop} = 3 \times 40 \times 30ms = 3.6s$ 。设阈值功率为 P_{thre} ，相应距离为 D_{thre} ，同时根据相应仿真参数，节点最大移动速度为 20m/s，Ad Hoc 网络 $P_t = 3.65 \times 10^{-10} w$ ， $D_0 = 250m$ ，代入式(4)可得，

$$P_{thre} = P_t \left(\frac{D_0}{D_0 - VT} \right)^4 = 1.42 \times 10^{-9} w$$

把此式代入式(5)就可以得到链路稳定性阈值，

$$S_{thre} = 1 - \sqrt[4]{\frac{P_t}{P_{thre}}} = 1 - \sqrt[4]{\frac{3.65 \times 10^{-10}}{1.42 \times 10^{-9}}} = 0.288$$

最后，比较 S_{ij} 和 S_{thre} ，当 $S_{ij} \leq S_{thre}$ 时，判为链路不稳定，于是该链路的上游节点向源节点发送一个路由不稳定的警告，而源节点将启动一轮新的路由发现。反之，判为链路稳定。上文所述是建立在两个无线节点比较远的情况下的，但对节点处在近的情况也适合。当节点相近时，理论上说链路稳定性是高的，不用预启动路由发现，而由式 1 可以看出距离小时 S_{ij} 也大，同样是不需要预启动路由发现，达到同样的效果。

3 OPNET 仿真软件

OPNET 采用三层建模机制^[6]，最底层为进程模型 (Processor Model)，描述了构成节点模型的进程，利用有限状态机来设计；其次为节点模型(Node

Model), 描述了构成网络拓扑的节点, 因而每一类节点有相应的节点模型; 最上层为网络模型(Network Model), 构成了网络拓扑结构。所能应用的各种领域包括端到端结构、系统级的仿真、新的协议开发和优化、网络和业务层配合如何达到最好的性能, 是一款主流网络仿真软件。

接下来介绍 OPNET 进行仿真的一般流程。第一步阅读相关文档就是要对仿真网络有全面和深入的了解, 主要包括网络拓扑结构、网络中要使用的协议和网络标准、网络中使用的设备、网络的链路特性、网络应用以其流量特性。有了这些基础知识作为基石才能再展开下一步工作。第二步是确认仿真目的, 就是要确认进行仿真能够帮助我们解决什么问题。第三步是建立网络模型。可以针对网络中已有的设备建立节点模型, 自己通过节点编辑器、进程编辑器等编辑器建立, 或者通过对已有模型进行改进得到。建立好节点模型后就要根据网络的拓扑结构搭建网络。网络的拓扑结构可以由外部数据读取也可以自己手动修改。节点和节点之间通过链路连接。第四步是确定输入。输入一般指的是各种模型属性中的参数, 在模型节点设计中就已经定义了一部分参数供日后修改, 以体现不同的情况。另一种输入指的是业务量, 也就是在网络中传输怎么样的数据、传输多少数据。OPNET 中有已经定义的业务模型, 适用于大多数 OPNET 中自带的模型, 在模型属性中也可以设置发送数据包, 或者有的模型直接在节点模型建立的时候就定义了发送怎样的数据, 这种情况就不用考虑这种输入了。最后就是进行仿真以及查看仿真结果。对比结果, 分析是不是已经达到自己的要求, 如果没有达到的话重新评估模型建立的正确性, 然后再继续仿真, 直到满意为止。

4 仿真结果及分析

为了分析和比较 AODV 协议和 PAODV 协议的性能, 在 OPNET 环境中搭建一个 AODV 协议仿真的工程。该工程网络尺寸是 office 1 000m*1 000m 范围, 仿真时间设为 1 小时。在 1 000m*1 000m 的范围内, 随机放置了 40 个节点, 节点移动模型采用随机移动模型, 节点最大通信范围为 250m, 所有通信是双向对称链路。仿真选取了三个统计量进行比较, 分别是端到端时延、路由中断情况以及丢包率。在搭建好模型、设置好要分析的统计量之后, 就可以进行仿真,

并分析统计量的变化曲线图, 如图 1、2、3。

图 1 是不同的节点速度下的端到端时延。可以看出 PAODV 协议的端到端时延表现优于 AODV。时延的减少主要是由于预测路由引起的。在路由维护过程中使用了路由预测思想, 路由趋向不稳定时源节点就预先开始寻找路由了, 这使得路由中断引起的时延大为减少。所以 PAODV 的平均时延特性有所改善。图 2 是路由中断和节点最大速度关系图。可以看出 PAODV 协议和 AODV 协议的路由中断情况差不多。这是因为协议的路由发现机制是一样的, 所以选择的路由性能相似, 断开情况也相似。图 3 是丢包率和节点最大速度关系图。可以看出 PAODV 协议的丢包率表现优于 AODV, 这同样归功于路由预测。因为该协议在路由维护时采用了动态预测提前警告并发现新路由的思想, 一旦路由趋向不稳定就向源节点发送一个警告使得源节点预先启动新一轮路由寻找, 并把找到的新路由缓存。当路由中断时就可以切换到新路由继续传输数据, 这样就有效地降低了数据包的丢失。而随着节点最大移动速度的增加, 时延、路由断开次数和丢包率也都随之增加。这是因为节点移动越快, 网络拓扑变化就越快, 路由就更不稳定更容易断开。

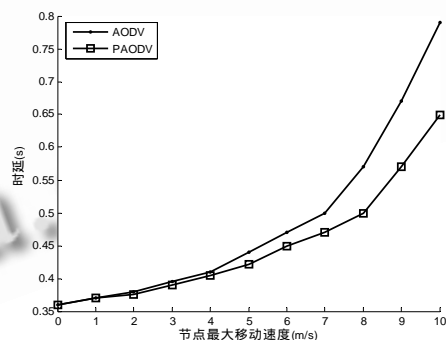


图 1 端到端时延-节点最大速度关系图

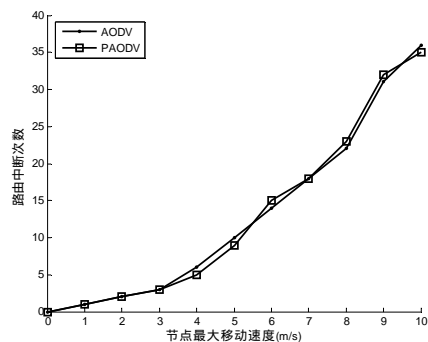


图 2 路由中断-节点最大速度关系图

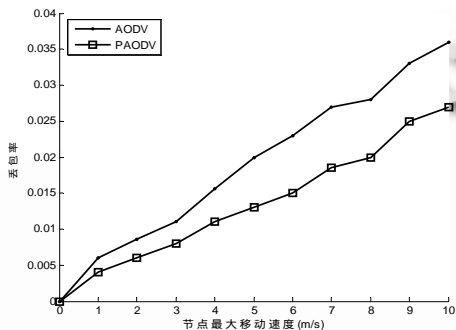


图 3 丢包率-节点最大速度关系图

且高效的路由协议。

参考文献

- 1 陈林星. 移动 Ad Hoc 网络--自组织分组无线网络技术. 北京: 电子工业出版社, 2006. 411 - 447.
- 2 Perkins C, Royer E, Das S. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing. IETF MANET Working Group INTERNET-DRAFT, 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- 3 张晖, 董育宁. 基于移动预测模型的 ad hoc 网络稳定链路度量. 通信学报, 2007, 28(11): 30 - 37.
- 4 Rappaport TS, Rappaport T. Wireless Communications: Principles and Practice. Beijing: Electrical Industry Publishers, 2004. 72 - 86.
- 5 Meghanathan N, Farago A, On the stability of paths Steiner trees and connected dominating sets in mobile ad hoc networks. Ad Hoc Networks, 2008, 6(5): 744 - 76.
- 6 陈敏. OPNET 网络仿真. 北京: 清华大学出版社, 2004. 2 - 5. © 中国科学院软件研究所 <http://www.c-s-a.org.cn>

5 总结

PAODV 协议在路由维护时采用了动态预测提前警告并发现新路由的思想。由仿真结果可知, 该协议虽然没有明显改善路由中断情况, 但大大降低了时延和丢包率, 提高了网络的性能。不足的地方是当网络拓扑变化太快时, 来不及找到新的路由或者新路由刚找到又断开了, 这时还是没可供切换的路由, 这种情况时 PAODV 相对 AODV 而言并没有更大的优势, 所以还需要进一步的改进来适应不同的环境。总的来说, 对于多跳无线 Ad Hoc 网络, PAODV 协议是一种简单