

MANET 典型路由协议的性能分析与仿真

许重球, 李腊元

(武汉理工大学计算机科学与技术学院, 武汉 430063)

摘要: 移动 Ad Hoc 网络(MANET)是由一组无线移动主机组成的一个没有任何事先建立好的基础设施或集中管理设备的临时网络, 其特点是网络拓扑易变, 带宽、能源有限及容易受到攻击等。该文对 AODV, DSR, DSDV 这几种典型的路由协议进行分析比较, 指出它们的优缺点及适用场合。通过 2 个场景的配置, 从路由开销、分组投递率、端到端的平均时延 3 个方面进行实验。仿真结果表明, 按需路由协议在 3 个方面都表现出较好的性能。

关键词: 目的节点序列距离矢量; 动态源路由; 移动 Ad Hoc 网络

Performance Analysis and Simulation of Mobile Ad Hoc Network Typical Routing Protocols

XU Zhong-qiu, LI La-yuan

(School of Computer Science and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063)

【Abstract】 Mobile Ad Hoc Networks(MANET) are collections of wireless mobile nodes, constructed dynamically without the use of any existing network infrastructure or centralized administration. MANET are characterized by limited power resource, high mobility and limited bandwidth, so on. This paper compares the performance of two prominent on-demand reactive routing protocols for MANET: DSR and AODV, along with the traditional proactive DSDV protocol. An experiment is carried out by using two scene configuration and three facets: routing load, packet delivery fraction, average end-to-end delay of data packets, and the result proves that on-demand routing performance better on packet delivery fraction, average end-to-end delay of data packets, normalized routing load.

【Key words】 Destination-Sequenced Distance Vector(DSDV); Dynamic Source Routing(DSR); Mobile Ad Hoc Networks(MANET)

1 概述

移动 Ad Hoc 网络(Mobile Ad Hoc Networks, MANET)网络是一种在任何时候、任何地点无须固定基础设施或集中管理设备的网络, 是一种特殊的无线移动通信网络^[1]。网络中所有节点的地位平等, 没有任何中心控制节点, 具有很强的抗毁性。这种网络具有以下特点:

(1) 动态拓扑。网络中的节点可以任意移动, 因此, 网络的拓扑结构也可能会随时发生变化。

(2) 链路带宽受限、容量时变。由于拓扑的动态变化导致每个节点转发的非自身作为目的地的业务量随时间而变化, 因此与有线网络不同, 它的链路容量表现出时变特征。

(3) 能量受限。由于网络节点的移动特征, 其中大多数节点以电池作为动力, 因此在进行系统设计时, 节能是一个非常重要的指标。

(4) 多跳通信。由于无线设备的电磁波传输范围有限, 当源节点和目的节点不能直接通信时, 需要其他中间节点来转发信息。

(5) 安全性差。移动网络比固定网络(有线和无线)更易受到安全威胁。需要克服无线链路的安全弱点及移动拓扑所带来的新的安全隐患。

目前, MANET 成果最多的是路由协议方面。本文分析了 MANET 比较典型的几种路由协议: DSDV, DSR 和 AODV, 并通过仿真实验从停留时间和移动速度 2 个方面分析了这些协议在分组投递率、路由开销及端到端平均时延的性能情况。本文有可能对今后的 MANET 路由协议的研究起到一定的推

动作用。

2 MANET 典型路由协议

2.1 表驱动路由协议

目的节点序列距离矢量协议(Destination-Sequenced Distance Vector, DSDV)是一种典型的表驱动路由协议。按照该协议, 每个节点都在本地保留一张路由表。表中记录该节点的所有可达目的节点、到达各目的节点的下一跳节点及跳数、由目的节点分配的序列号等。其中, 目的节点序列号用来区别新旧路由, 避免环路产生。

DSDV 与传统的距离向量协议的区别在于它能够保证路径中无环路。由于需要周期性地向其相邻节点发送本地信息, 因此与其他协议相比, DSDV 协议控制开销较大, 占用较多的网络带宽。它的最大优点是解决了传统距离矢量路由协议中的无穷环路问题。

2.2 按需路由协议^[2]

2.2.1 动态源路由协议

动态源路由协议^[3](Dynamic Source Routing, DSR)是一种基于源路由的按需路由协议。源路由存在于缓存中, 发送数据时, 数据包中携带所需路由信息。DSR 协议主要包括路由发现和路由维护 2 个过程。当源节点有数据发送时, 首先检查缓存中是否存在未过期的路由, 如果存在, 就直接利用

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60672137, 90304018)

作者简介: 许重球(1981 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 计算机网络, 路由协议; 李腊元, 教授、博士生导师

收稿日期: 2007-06-30 **E-mail:** xzqandy@126.com

该路由发送数据,否则启动路由发现过程。路由发现过程如下:源节点使用洪泛法发送路由请求数据包RREQ,RREQ包含源节点和目的节点地址及唯一的标志号,中间节点转发RREQ,并附上自己的标志。当RREQ到达目的节点或到达缓存中有到目的节点的路由的中间节点,则目的节点或这个中间节点向源节点发送路由应答消息RREP,该消息包含了源节点到目的节点的路由信息,并反转源节点到目的节点的路由供RREP消息使用,并且源节点将该路由存储到缓存中以备用。如果在源路由中有一段链路不可用,则源节点会收到一个路由错误信息包RERR。然后源节点就会在缓存中删去所有用到这条链路的路由。DSR的优点有:(1)节点仅需维护与之通信的节点路由,减少了路由开销;(2)使用路由缓存技术减少了路由发现的耗费;(3)一次路由的发现过程可能会产生多条到目的节点的路由,有一定的健壮性。

DSR的缺点有:(1)每个数据报文的头部都需要携带路由信息,数据分组的额外开销较大,尤其是当发送的数据很小时,会严重降低信道利用率;(2)路由请求采用洪泛方式,相邻节点路由请求消息会发生传播冲突并重复广播;(3)由于缓存使过期路由影响路由选择的准确性。

2.2.2 按需距离矢量协议路由协议

按需距离矢量协议路由协议^[4](Ad-hoc On-demand Distance Vector Algorithm, AODV)是在DSDV协议基础之上结合了类似DSR协议的机制进行改进后提出的,它采用了逐跳转发的分组方式。其基本思想如下:源节点发送数据前先广播一个路由请求消息,附近的节点收到后再次广播,直到路由请求信息到达目的节点或者知道目的节点路由的中间节点,目的节点或者中间节点直接沿着路由请求的反方向返回响应消息到源节点,源节点受到响应后就到达目的节点的路由了。AODV的优点是:在每个中间节点隐式地保存了路由请求和回答结果,而DSR将结果显式保存在路由请求和路由回答中;加上了组播路由协议的扩展,并且支持QoS。AODV有以下缺点:(1)仅适用于双向传输信道的网络环境;(2)协议中的节点在路由表中仅维护一条到指定目的节点的路由;(3)采用了超时删除路由机制,从而导致超过时限后的有效路由被删除。

3 网络仿真平台 NS2

NS-2(Networksimulator-Version 2)是一种可扩展的、容易配置的和可编程的事件驱动网络仿真引擎,由美国加州的LNBL网络研究组于1989年开始研究开发的。NS正在VINT项目的支持下,由南加州大学、施乐公司和加州大学与Lawrence Berkeley国家实验室协作,进行进一步的开发。NS2的源代码全部公开,提供开放的用户接口。NS是一个用C++编写的面向对象仿真器,由编译和解释2个层次组成。编译层次包括C++类库,而解释层次包括对应的Otel类,用户以Otel解释器作为前台使用NS。NS的特点是允许将实际网络流量导入到网络仿真环境,这样在某种程度上起到了测试床的作用,从而可以在一个接近真实的环境中测试协议的性能。NS2所支持的协议范围广,主要有:HTTP协议、TELNET业务流,FTP业务流,CBR业务流,ON/OFF业务流,UDP,TCP,RTP,SRM,算法路由,分级路由,广播路由,多播路由,静态路由,动态路由和CSMA/CD MAC层协议等。卡内基·梅隆大学对NS2进行了扩展,在物理层、链路层、MAC层等方面增加了对无线网络的支持,用这些增加的部件

可以对无线子网、无线局域网、Ad hoc网络、移动IP等进行仿真。

4 仿真环境的配置^[5]

结合表驱动路由协议和按需路由协议的特点,本文配置了如下仿真场景:网络节点随机地分布在一个1200×1200的环境中,在场景一中,节点在1200×1200的环境中随机地选择一个方向移动,当到达目的地后暂停一段时间,继续选择一个方向移动,每个节点的移动速度为50 m/s。在场景二中,节点的移动速度分别为0 m/s,5 m/s,10 m/s,...,50 m/s,节点的暂停时间为10 s。使用CBR(Continuous Bit Rate)作为节点之间传送的数据源进行实验,使用TCP作为传输协议。仿真的持续时间为200 s。

本文对以下3个参数进行了仿真:

(1)分组投递率(packet delivery fraction)即目的节点接收到的数据包个数与源发送的数据包个数之比,反映了网络传输的可靠性,分组率越高,可靠性越大。分组投递率=目的节点接收到的数据包个数/源端发送的数据包个数。

(2)端到端的平均时延(average end-to-end delay of data packets),包括路由查找时延、数据包在接口队列中的等待时延,传输时延及MAC层的重传时延,反映了路由有效性。端到端的平均时延= Σ (接收到数据包的时间-发送数据包的时间)/发送数据包的个数。

(3)路由开销(normalized routing load),单位时间内路由控制分组的传输量,它是网络拓扑结构变化率的函数。路由开销=转发的路由包个数和发送的路由包个数之和/目的端接收到的路由个数。

4.1 场景一

场景一的暂停时间分别为0 s,10 s,20 s,...,200 s,节点的移动速度为50 m/s,仿真结果见图1~图3。

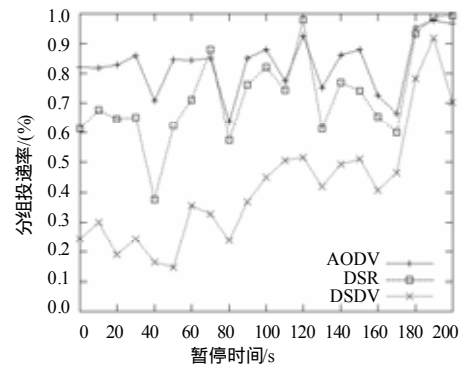


图1 分组投递率的比较

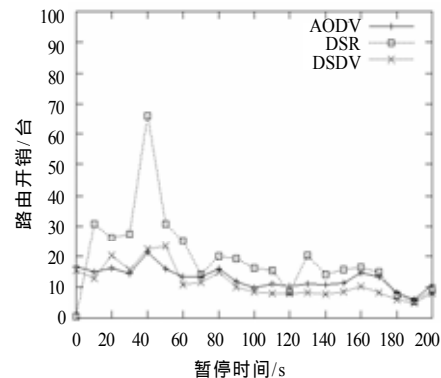


图2 路由开销的比较

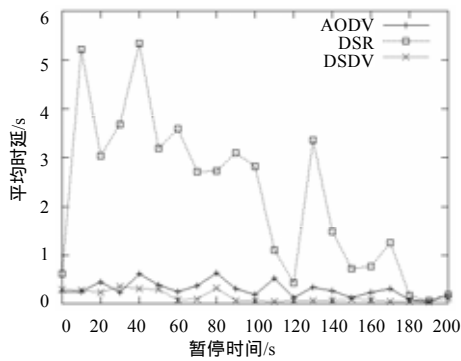


图3 端到端的平均时延的比较

4.2 场景二

场景二的暂停时间为 10 s, 网络节点的移动速度为 0 m/s, 5 m/s, ..., 50 m/s, 仿真结果见图 4~图 6。

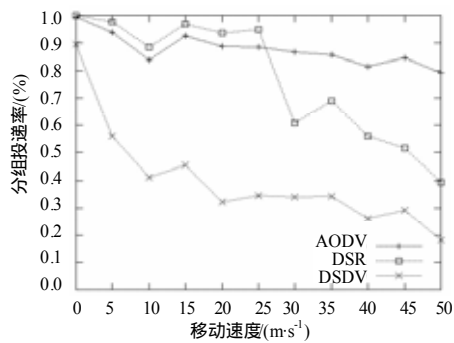


图4 分组投递率的比较

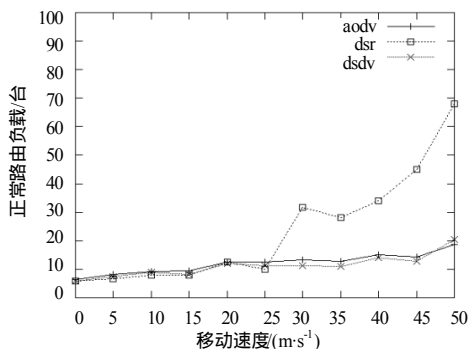


图5 路由开销的比较

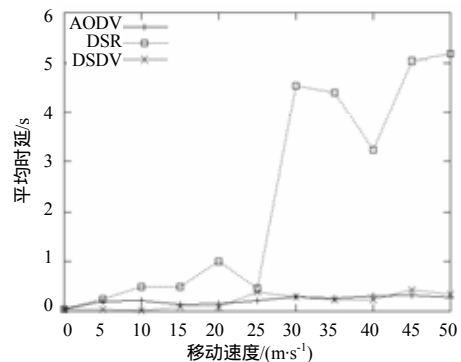


图6 端到端的平均时延的比较

4.3 仿真结果的分析

(1)分组投递率。从图 1 和图 4 可以看出, 按需路由协议

的分组投递率高于表驱动, 从图中可以知道, 表驱动路由协议随着暂停时间的增加, 分组投递率逐渐提高, 而随着移动速度的增大, 分组投递率逐渐减小。所以可以得出如下结论: 表驱动路由协议最适合网络拓扑变化不是很频繁的网络, 而按需路由协议比较适合网络拓扑结构频繁变化的网络环境。

(2)路由开销^[6]。从图 2 和图 5 可以看出, 在这 3 个典型的路由协议中, DSDV 的开销是最大的, 因为 DSDV 协议要维护整个网络的拓扑情况, 而 AODV 和 DSR 路由开销相差不是很大, 它们只维护局部的拓扑结构, 其不同之处在于 AODV 采用了逐跳转发分组方式, 而 DSR 是源路由方式, 并且 AODV 在每个中间节点保存了路由请求和回答的结果, 而 DSR 将结果保存在路由请求和回答的分组中, 因此, AODV 的路由开销略高于 DSR。所以, 考虑路由开销时最好选择 DSR 路由协议。

(3)端到端的平均时延。从图 3 和图 6 可以看出, DSDV 协议的平均时延小于 AODV 和 DSR, 主要是因为发送数据之前, DSDV 协议的路由表中已有到达目的地的路由, 而按需路由协议还要发送路由请求这个过程。从图 6 中可以看出, 随着节点移动速度的提高, DSR 协议的平均时延明显增加了。因此, 网络环境对平均时延要求比较高的时候, 应该选择 DSDV 路由协议。

5 结束语

本文分析了 MANET 中几种典型的路由协议, 分别对它们进行了仿真实验, 并得出如下几点结论: (1)在网络拓扑结构动态变化的网络中, AODV 和 DSR 路由协议的整体性能比 DSDV 协议的性能好。主要是因为高速变化的网络拓扑容易导致链路的断开, 而 DSDV 协议在链路断开时不得不进行路由的更新, 从而导致性能的下降。(2)DSDV 路由协议的平均时延整体上比按需路由协议(AODV 和 DSR)小, DSDV 路由协议比较适合实时性应用, 例如视频会议。(3)在 2 种按需路由协议中, AODV 协议的整体性能要优于 DSR 协议, 主要是因为它们的机制不同。在 MANET 中, 还没有一种路由协议适合大多数场合, 每种协议都有各自的优缺点, 因此, 设计一种能够适合大多数场合的路由协议对 MANET 的应用比较重要。实验结果表明, 在目前的路由协议中, AODV 路由协议的整体性能比较强。在今后的研究工作中, 将着重研究 AODV 协议, 通过改进更好地发挥其优势。

参考文献

- [1] 李腊元, 李春林. 计算机网络技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [2] Broch J. A Performance Comparison of Multi-hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols[C]//Proc. of the 4th ACM/IEEE Conf. on Mobile Comp. and Net. [S. l.]: IEEE Press, 1998.
- [3] 杨锦亚, 郭虹, 胡捍英. 自组网路由协议性能比较[J]. 网络与通信, 2006, 22(8): 75-79.
- [4] Perkins C E. Ad-Hoc On-demand Distance Vector Routing[C]//Proc. of MILCOM'97 Conf. on Ad-Hoc Networks. Monterey, CA, USA: [s. n.], 1997-11.
- [5] 徐雷鸣. Ns 与网络模拟[M]. 北京: 人民邮电出版, 2003.
- [6] 袁培燕, 李腊元. 移动模型对 Ad hoc 网络路由协议能耗的影响[J]. 计算机工程, 2007, 33(11): 123-125.