

# 基于 NS 的 Ad hoc 网络路由协议性能仿真

王 瑜<sup>1,2</sup>, 达新宇<sup>1,2</sup>, 相敬林<sup>2</sup>

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 西北工业大学 海航学院, 陕西 西安 710072)

**摘 要:** Ad hoc 无线网络是一组无线移动主机组成的一个没有任何基础设施或集中管理设备的临时网络。文中介绍了 Ad hoc 无线网络的路由协议, 并利用网络仿真软件 NS, 对两种典型的路由协议 AODV (Ad hoc on Demand Distance Vector Routing, Ad hoc 网络的距离矢量路由算法) 和 DSR (Dynamic Source Routing, 动态源路由协议) 进行了仿真实验, 并给出了结果。

**关键词:** Ad hoc 无线网络; 路由协议; 仿真

**中图分类号:** TP393    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-3516(2005)01-0057-03

Ad hoc 网络是一种自治的无线多跳网, 整个网络没有固定的基础设施, 也没有固定的路由器, 所有节点都是移动的, 并且都能以任意方式动态地保持与其它节点的联系。在这种环境中, 由于终端的无线覆盖范围的有限性, 两个无法直接进行通信的用户终端可以借助于其它节点进行分组转发, 每一个节点都可以说是一个路由器, 它们要能完成发现和维持到其它节点路由的功能<sup>[1-3]</sup>。

## 1 Ad hoc 路由协议的分类

在 Ad hoc 网络里, 移动节点通过多跳无线链路实现相互间的通信。开发一种能有效地找到节点间路由的动态路由协议就成为 Ad hoc 网络设计的关键。总的来说, Ad hoc 网络中的路由算法可以分为 3 种类型: 表驱动算法、需求驱动算法、表驱动和需求驱动相混合的算法。

表驱动路由协议采用周期性的路由分组广播, 来交换路由信息。每个节点维护全网所有节点的路由。这种主动路由协议的优点是当节点需要发送一个去往其他节点的数据分组时, 只要路由存在, 发送分组的延时就很小; 缺点是表驱动路由协议需花费较高代价 (如带宽、电源、CPU 资源等)。

需求驱动路由协议是根据发送节点的需要, 按需进行路由发现过程。网络拓扑结构和路由表内容也是按需建立的, 所以其内容可能仅仅是整个网络拓扑结构信息的一部分。按需路由协议的优点是不需要周期性的广播路由信息, 节省了一定的网络资源。缺点是在发送数据分组时, 因没有去往目的节点的路由, 要临时启动路由发现过程来寻找路由, 数据分组需要等待一定时间的延时。并且由于路由发现过程通常采用全网泛洪机制进行搜索, 这在一定程度上也抵消了按需机制带来的好处。

为了解决无线 Ad hoc 网络中的路由问题, 目前, 已经有多种 Ad hoc 网络路由协议的方案提出, 主要包括以下几种:

- 1) AODV (Ad hoc on Demand Distance Vector Routing, Ad hoc 网络的距离矢量路由算法);
- 2) TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm, 临时顺序路由算法);
- 3) DSR (Dynamic Source Routing, 动态源路由协议);
- 4) OLSR (Optimized Link State Routing Protocol, 优化的链路状态路由协议);
- 5) TBRPF (Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding, 基于拓扑广播的反向路径转发);
- 6) FSR (Fisheye State Routing Protocol, 鱼眼状态路由协议);

收稿日期: 2004-09-29

作者简介: 王 瑜 (1972-), 女, 辽宁大连人, 博士生, 主要从事无线网络技术研究。

- 7) IERP(The Inter-Zone Routing Protocol, 区域间路由协议);
- 8) IARP(The Intra-Zone Routing Protocol, 区域内路由协议);
- 9) DSDV(Destination Sequenced Distance Vector, 目标序列距离路由矢量算法)。

## 2 典型的 Ad hoc 网络路由协议性能分析

以下对 Ad hoc 网络中性能较好的两种典型路由协议 AODV 和 DSR 进行分析比较。

### 2.1 AODV

AODV 是采用基于距离矢量算法的一种路由协议,它只在需要的时候请求路由,不要求节点维持当前通信中不使用的路由。路由发现和路由维护是 AODV 的两个重要协议规程。

当 Ad hoc 网络中的源节点要发送数据包给目的节点时,如果它不知道到达目的节点的路由或者到达目的节点的路由已经过期,源节点采用路由发现规程动态地决定路径。路由发现规程首先广播一个路由请求消息(RREQ),给其所有的邻节点,并等待路由应答消息(RREP)。若 RREQ 到达目的节点或者到达一个可以直接到达目的节点的中间节点时,该节点产生一个 RREP 并以单播的方式发送回源节点。当路由应答消息到达源节点以后,一条路由就建立了。如果中间节点接收到 RREQ,但是它既不是目的节点又没有到目的节点的可达路由,该中间节点要重新广播该 RREQ;同时还要在其路由表中建立到源节点的临时路由表项,这样做的目的是跟踪发送 RREQ 的源节点的路由,为发送 RREP 提供返回路由。之所以说它是一个临时路由,是因为它相对于实际的路由而言的生存时间短得多。

当节点检测到邻近节点的路由失效时,触发路由维护规程,删除路由表中的该项,同时发送链路失败消息,并通过 RREP 通知正在使用该路由的相邻节点。因此,AODV 使用活动邻节点列表来跟踪使用某条路由的所有节点。接收到 RREP 的节点也要重复上述规程,直到该消息到达源节点。源节点可以选择中止数据发送或者通过发送新的 RREQ 消息来发现新的路由。

AODV 的一个重要特点就是每个节点都维持一个基于时间的路由表项利用率的状态信息,如果某个路由表项一定时间内未被使用就会被认为过期,过期的路由表项会被删除。

### 2.2 DSR

DSR 的重要特点是利用了源路由。也就是说,发送方的数据包头的源路由项中包含它必须要经过的所有节点的地址序列列表。DSR 不使用周期性的路由广播消息,因而可以有效地减少网络带宽的开销、主机的电源消耗,并可以有效地避免网络中大面积的路由更新。协议的所有操作都是按需进行的,与 AODV 相似,DSR 协议也包含路由发现和路由维护两个协议规程。

DSR 的路由发现规程是寻找从源节点到目的节点之间的源路由的过程。源节点广播带有路由请求选项的数据包。中间节点接收到该数据包后搜寻其路由缓冲区,看是否有到达目的节点的路由信息。DSR 在路由缓冲区中存储所有已知的路由信息。如果没有找到合适的路由,中间节点要转发该路由请求数据包,同时将自己的地址写入源路由项中。直到到达目的节点或者到达和目的节点有可达路由的中间节点时,才停止转发路由请求数据包。此时接收到路由请求数据包的节点发送一个带有路由应答选项的数据包到源节点,该路由应答数据包中包含了可以到达目的节点的逐跳的路由。

当网络的拓扑结构发生变化而不能使用原先的路由转发数据包到目的节点时,就会启动路由维护规程。当路由维护规程检测到正在使用中的路由发生问题时,要发送一个错误报文给源节点。接收到该报文后,源节点将从源路由项中删除该路由。倘若还有数据包要发送,源节点则要重新启动路由发现规程来获得新的路由。

DSR 充分使用了源路由发现机制和路由缓存机制,有效地降低了系统的开销。而且,每个中间节点都可以通过扫描其转发的数据包来获得路由信息,这些路由信息可以被缓存以备将来使用。然而每个数据包都有包含源路由的开销,当数据包不得经过众多的中间节点时,就会导致开销的增加。但是相对于路由信息的更新引入的开销而言,还是可取的。

## 3 典型的 Ad hoc 网络路由协议性能仿真

### 3.1 仿真环境

为了比较和验证 Ad hoc 网络中的路由协议的性能,采用 NS 网络仿真器进行试验。Network Simulator 仿真软件是美国 Lawrence Berkeley 国家实验室于 1989 年开始开发的软件,简称 NS 软件<sup>[4]</sup>。它是一种可扩展、易配置和编程的事件驱动网络仿真工具。最初主要用于模拟传统有线网络上的 TCP 协议以及其他协议,它并不支持无线移动环境。随着相关研究领域的发展,美国的 CMU 大学对 NS 进行了相应的扩展,增加了无线支持,包括对物理层、数据链路层、路由层的支持。利用 NS 这些新的特性,可以对无线子网、LAN 以及 Ad hoc 网络进行准确真实的仿真。仿真中使用两种场景创建文件来创建场景:第一种文件是移动模式文件,描述所有节点的移动情况;第二种文件是通信模式文件,描述在仿真时提供给网络层的分组负载。

仿真模拟了一个具有 50 个移动主机的网络,随机地分布在 500 m × 500 m 的区域里。每个数据包可以随机地从一个源节点传输到一个随机地目的节点,速度在 0 ~ 20/(m/s) 之间任意选择。到达目的节点后,经过一个暂停再开始新的传输,这个直接影响移动速度的暂停时间(Pause Time)是可变的,当为零秒时即不停地在移动。使用 CBR(Continuous Bit Rate)作为应用业务进行实验,使用 TCP 作为传输协议。

### 3.2 性能指标

选择下列指标作为性能评价:

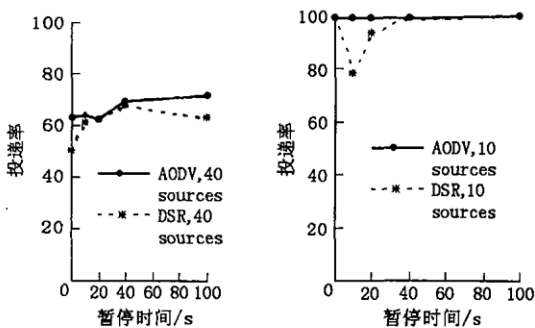
1) PDF(Packet Delivery Fraction 分组投递率) = 收到的数据分组 / 发送的数据分组

2) Normalized Routing Load(归一化的路由开销) = 发送的路由控制分组 / 收到的数据分组

PDF 反映网络所能支持的最大吞吐量,在一定程度上刻画了协议的完整性和正确性。评价网络路由协议时,应当考虑路由控制开销,可以用来比较不同路由协议的可扩展性、适应网络拥塞的能力和协议的效率。

### 3.3 仿真结果

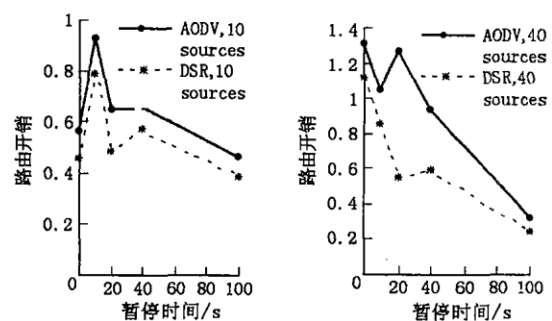
图 1 表示了 10 个和 40 个两种不同源节点数,不同暂停时间如 0 s(不停移动)、10 s、20 s、40 s 和 100 s(不移动)的 PDF。仿真结果表明,存在 10 个源节点时,DSR 和 AODV 的 PDF 相似,如图 1(a)所示;而较多源节点低暂停时间时,AODV 的 PDF 高于 DSP 大约 15%,如图 1(b)所示。图 2 表示了同样条件下的归一化路由开销,仿真结果表明,AODV 的路由开销总是高于 DSR。



(a) 40 个源节点

(b) 10 个源节点

图 1 不同源节点数时的分组投递率



(a) 10 个源节点

(b) 40 个源节点

图 2 不同源节点数时的归一化路由开销

AODV 和 DSR 都是按需路由协议,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。因此,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。

### 参考文献:

- [1] Corson S. Macker J. Mobile Ad hoc Networking: Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations [EB/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2501.txt> Jan 1999.
- [2] 史美林,英 春. 自组网路由协议综述[J]. 通信学报,2001,22(11):93-96.
- [3] 王 景,刘 明,曹 剑. 战术分组无线网分群与群管理[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(6):70-73.
- [4] 刘 俊,徐昌彪,隆克平. 基于 NS 的网络仿真探讨[J]. 计算机应用研究,2002,(9):54-56.

(编辑:门向生)

(下转第 94 页)

(上接第 59 页)

## Performance Evaluation of Ad Hoc Routing Protocols Using ns Simulations

WANG Yu<sup>1,2</sup>, DA Xin - yu<sup>1,2</sup>, XIANG Jing - lin<sup>2</sup>

(1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China; 2. College of Marine Engineering, Northwestern Poly - technical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China )

**Abstract:** An Ad hoc network is a collection of wireless mobile nodes dynamically forming a temporary network without the use of any existing network infrastructure or centralized administration. A number of routing protocols have been implemented in this paper. An attempt has been made to compare the performance of two prominent on - demand reactive routing protocols for mobile Ad hoc networks: Dynamic Source Routing (DSR) and Ad Hoc On - Demand Distance Vector Routing (AODV). These simulations are carried out based on the ns network simulator.

**Key words:** Ad hoc wireless networks; routing protocol; simulation