

保存下两跳节点策略在 AODV 路由算法中的应用^{*}

卢昊 郭伟

(电子科技大学通信抗干扰技术国家级重点实验室 成都610054)

摘要 本文研究了保存下两跳节点策略在移动 ad hoc 网 AODV 路由协议中的应用。通过理论分析和仿真实验证明在同等条件下,保存下两跳节点策略能够显著提高 AODV 路由协议的网络性能。

关键词 移动 ad hoc 网络, AODV 路由协议, 保存下两跳节点

Keep the Second Hop Node in the AODV Routing Protocol

LU Hao GUO Wei

(National Key Laboratory of Communication, UESTC, Chengdu 610054)

Abstract This paper concentrates on keeping the second hop node in the AODV routing protocol in mobile ad hoc network. It is proved that keeping the second hop node improves the performance of mobile ad hoc network in the same condition by theory analyse and networks simulation.

Keywords Mobile ad hoc network, AODV, Keep the second hop node

1 引言

移动 ad hoc 网络^[1]是由一组具有路由和转发功能的移动节点组成的一个多跳的临时性自治系统,是一种无中心的无线网络。在移动 ad hoc 网络中,节点间的通信不需要固定基站的转接,所有节点作为同等实体相互连接。移动 ad hoc 网主要应用于没有网络基础设施支持的环境中,或者现有网络无法满足移动性、机动性等要求的场合,例如军事战场环境、救灾现场、临时会议等。

移动 ad hoc 网的网络拓扑短时动态变化频繁,传统的基于网络拓扑长时间稳定的路由协议(RIP, OSPF 等)由于算法收敛时间很长而无法适用。满足移动 ad hoc 网络环境的路由协议根据发现策略主要分为先应式路由协议和反应式路由协议。先应式路由协议的原理是各移动节点通过周期性的广播路由信息分组,交换路由信息,形成一个反映全网拓扑变化的完整路由表,如 DSDV^[2](Destination-Sequenced Distance-Vector routing)和 WRP^[3](Wireless Routing Protocol)。这类算法路由选择迅速准确,但路由表建立和维护所需的路由控制开销巨大,协议效率很低。反应式路由协议的原理是当移动节点需要发送数据时才进行寻路,并且可以将找到的路由保存在缓存中供后续发送使用,如 AODV^[4](Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing)和 DSR^[5](Dynamic Source Routing),其优点是节省了大量路由控制开销,但是又导致了交换延时的增加。

2 AODV 路由协议简介

AODV 路由协议定义的消息类型主要有:路由请求 RREQ,路由应答 RREP 和路由错误 RERR。这些消息使用标准 IP 报头,由 UDP 协议封装,通过 654 端口进行通信。AODV 协议假设网络中的所有链路都是双向对称的,即某个源节点

通过一条路由可以到达某个目的节点时,该目的节点也可以通过这条路由的反向路由回到源节点,采用目的序号技术,保证了动态路由中没有环路由的出现。

当节点 A 发送数据包(当节点 A 是源节点时)或者转发数据包(当节点 A 是中间节点时)到目的节点 Dest 时,节点 A 检查路由表,如果没有找到目的为节点 Dest 的路由表项,或者路由表项已经过期,则广播目的为节点 Dest 的 RREQ 消息。如果到节点 Dest 的路由表项的下一跳节点失效或者下一跳节点跑出节点 A 得通信范围时,节点 A 到节点 Dest 的路径失效,节点 A 进行本地修复,广播目的为 Dest 的 RREQ 消息, RREQ 消息到达目的节点,或者到达存在有效的到达目的节点的路径的中间节点时,就沿反向路由发送 RREP 消息, RREP 消息到达节点 A,路由建立完成,可以沿这条路由发送数据了。每个节点收到控制消息(包括 RREQ、RREP、RERR)时,根据控制信息保存的前一跳节点 IP 地址建立反向路由,路由表保存下一跳节点的 IP 地址。有效路径中的每一个节点均需要监视下一个节点的链路状态。有效路径一旦出现断路,节点需要立即广播 RERR 消息,告知其他相关节点。为保证这种机制顺利进行,每个节点需要维护一个前驱链表,保存原路径上相关邻节点的 IP 地址。

3 保存下两跳节点策略

保存下两跳节点策略,是在出现断路发送 RREQ 消息过程中引入一些新思想。控制信息不仅保存下一跳和前一跳节点的 IP 地址,还保存下两跳和前两跳节点的 IP 地址。这样,节点收到控制信息建立反向路由时,不仅知道下一跳节点地址,还可以知道下两跳节点地址。这样,路由算法的操作也引起了一些相应的变化。

节点 A 发送数据包(当节点 A 是源节点时)或者转发数据包(当节点 A 是中间节点时)到节点 Dest 时,节点 A 检查

^{*} 本研究课题受国家“863”项目资助,项目编号:No. 2001AA120303。卢昊 硕士研究生,研究方向为移动 ad hoc 网络路由协议及算法。郭伟 教授,博士生导师。

路由表。如果没有找到目的为节点 Dest 的路由表项或者路由表项已经过期,则广播目的为节点 Dest 的 RREQ 消息。当到节点 Dest 的路由表项的下一跳节点失效或者下一跳节点跑出节点 A 的通信范围时,节点 A 到节点 Dest 的路径失效,节点 A 进行本地修复,这时节点 A 并不直接广播目的为 Dest 的 RREQ 消息,而是查找节点 A 的目的为 Dest 的路由表项中的下两跳节点,如果路由表项中下两跳节点 IP 地址存在,则节点 A 广播目的为下两跳节点的 RREQ 消息。当 RREQ 到达下两跳节点,或者到达存在有效的到达下两跳节点的路径的中间节点,并且下两跳节点到达目的节点的路由有效,则从下两跳节点发送 RREP 消息,经反向路由将 RREP 消息发送回节点 A。这样,就重新建立了一条从节点 A 到节点 Dest 的路由,如图1所示。

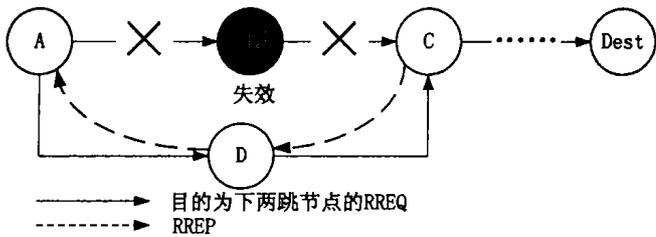


图1 保存下两跳节点策略:下两跳节点有效

如果路由表项中节点 A 的下一跳节点和下两跳节点同时失效,如图2所示,即节点 A 的路由表里下一跳和两跳的节点都为无效节点,则节点 A 发送目的为目的节点的 RREQ 消息,下面的操作就与传统的 AODV 本地修复操作相同了。

当下两跳节点就是目的节点时,发送目的为下两跳节点的 RREQ 消息的操作与发送目的为目的节点的 RREQ 消息的操作等价。当下一跳节点为目的节点时,节点 A 的下两跳节点不存在,节点 A 则发送目的为目的节点(也就是下一跳节点)的 RREQ 消息。

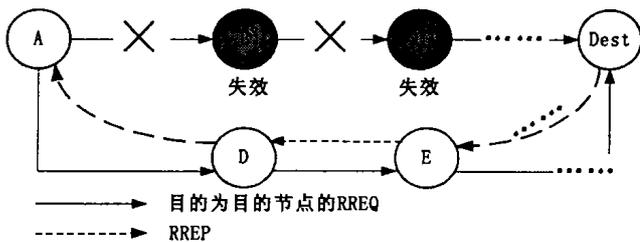


图2 保存下两跳节点策略:下两跳节点失效

从上面的论述可以看出,由于下两跳节点通常比目的节点距离节点 A 要近,因此当节点 A 只有下一跳节点失效时,从节点 A 发送目的为下两跳节点的 RREQ 比发送目的为目的节点的 RREQ 能够更早地到达目的地,从而可以更早地返回 RREP 包,也就是寻路时间会比传统的 AODV 路由算法减少一些。而当节点 A 的下一跳和两跳节点同时失效时,节点 A 所做的操作与传统的 AODV 路由算法基本相同,寻路时间也基本相同。综合来说,采用保存下两跳节点策略的 AODV 路由算法的寻路时间要比传统的 AODV 路由算法短。下面进行简要证明。

设从发送目的为下两跳节点的 RREQ 包到返回相应 RREP 包花费的时间为 T_1 ;从发送目的为目的节点的 RREQ 包到返回相应 RREP 包花费的时间为 T_2 ,则由上面论述可知:

$$T_1 \leq T_2 \text{ (下两跳节点就是目的节点时等式成立)} \quad (1)$$

设一个节点失效的概率为 $P(P < 1)$,则下一跳和两跳节点同时失效的概率为 P^2 ,下一跳节点失效而下两跳节点有效的概率为 $P \times (1 - P)$ 。

对于传统的 AODV 路由算法,下一跳节点失效时,节点 A 重新找到路由的时间 T_{AODV} 为:

$$T_{AODV} = T_2 \times P \quad (2)$$

对于采用保存下两跳节点策略的 AODV 路由算法,下一跳节点失效时,节点 A 重新找到路由的时间 $T_{IMPROVE}$ 为:

$$T_{IMPROVE} = T_1 \times P \times (1 - P) + T_2 \times P^2 \quad (3)$$

所以,

$$T_{IMPROVE} - T_{AODV} = [T_1 \times P \times (1 - P) + T_2 \times P^2] - T_2 \times P = P \times (1 - P) \times (T_2 - T_1) \quad (4)$$

由(1)式以及 $P < 1$ 可知,(4)式 ≤ 0 ,即 $T_{IMPROVE} \leq T_{AODV}$,当下两跳节点就是目的节点时等式成立。下两跳节点比目的节点距离节点 A 越近,则 $T_{IMPROVE}$ 就越比 T_{AODV} 小。这也就证明了采用保存下两跳节点策略的 AODV 路由算法的寻路时间比传统的 AODV 路由算法要短,并且下两跳节点比目的节点距离节点 A 越近,效果越明显。

对一个通信网络来说,数据包的成功接收率和每秒平均丢包个数是衡量网络通信质量至关重要的参数之一。由于新策略保存了路由表的下两跳节点 IP 地址,使得路由信息更加精确有效,从而使数据包可以更加准确地送到目的节点,提高成功接收率,降低平均丢包个数。关于路由协议开销,采用保存下两跳节点策略增加了目的为下两跳节点的 RREQ,并且路由表保存节点的下两跳地址,并对节点下两跳地址是否有效做出判断,所以路由开销会比传统的 AODV 路由算法要大。采用保存下两跳节点策略对网络性能的其他参数的影响,则需要综合网络的各个方面进行评估。

4 仿真分析

为对采用保存下两跳节点策略的 AODV 路由算法进行性能分析,在此采用基于 Windows2000 的 OPNET 仿真软件进行仿真分析。仿真环境参数如下:1. 网络由 50 个节点构成,分布在 $1000m \times 1000m$ 的范围内;2. 节点移动模型为 $x(n+1) = x(n) + L * \cos A$, $y(n+1) = y(n) + L * \sin A$,其中 L 为节点每秒移动的距离,设定为 10 米,即节点移动速度为 10m/s, A 为一个具有均匀分布特征的随机角度,若节点移动的位置超过了设定的仿真范围,则节点回到原来的位置;3. 无线传输的物理层和 MAC 层采用 IEEE802.11b 协议,数据信息速率设为 1Mbits/s,无线传输为理想的,即无差错和延时,无线传输范围为 300m;4. 业务信息,新策略的数据包长度为 265bits,改进前的数据包长度为 201bits(因为新策略需要数据包增加下两跳节点和前两跳节点的 IP 地址);新策略每 0.265 秒发送一个数据包,改进前则每 0.201 秒发送一个数据包,这样两种策略的数据发送速率都为每秒 1kbits;发送分布函数为指数分布;5. 仿真中的其他相关参数为:最大跳数为 8 跳,路由有效生存时间为 25 秒,HELLO 消息发送周期为 3 秒,仿真时长为 600 秒。

本文仿真研究的重点在于在相同的仿真模型背景下,就改进的 AODV 协议相对于原协议的性能做出比较分析。因此,本文分别对采用下两跳策略和不采用下两跳策略的 AODV 协议的移动 ad hoc 网络进行了仿真,统计了各自对应的数据包成功接收率、平均丢包个数、路由建立时间和协议开

销,分别定义为:

·数据包成功接收率=全网收到的数据包的个数/全网发送的数据包的个数;

·平均丢包个数=全网平均每秒钟丢失的数据包的个数;

·路由建立时间=从源节点产生路由请求信息到源节点最初获得路由信息所经过的平均时间;

·协议开销=全网发送的控制消息的总比特数/全网发送的控制消息和数据包的总比特数。

仿真所获得的数据包成功接收率、平均丢包个数、路由建立时间和协议开销的统计曲线分别示于图3(a)、图3(b)、图3(c)和图3(d)中。

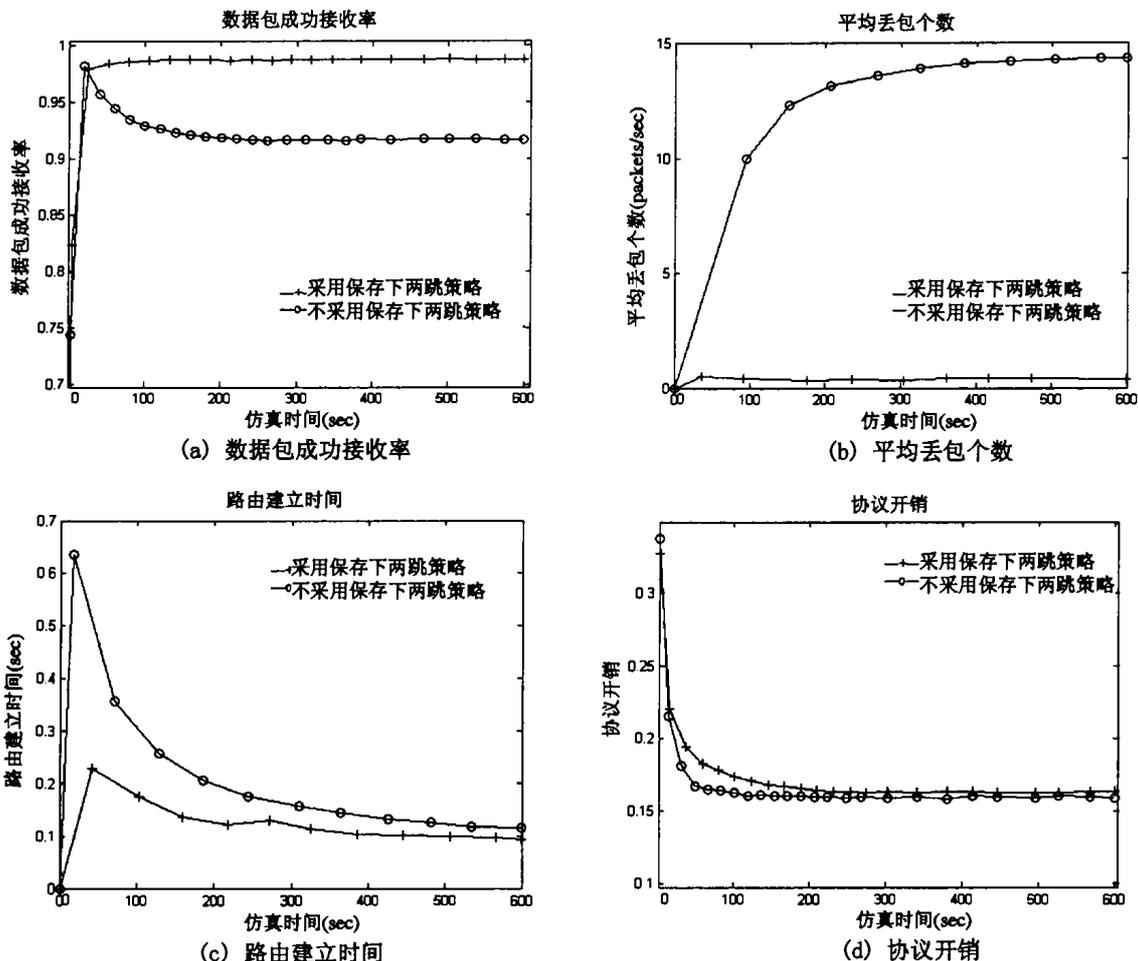


图3 采用2种策略的AODV路由协议仿真结果

从以上仿真数据可以看出,采用保存下两跳策略的数据包成功接收率较改进前有了很大的提高,从91%提高到了97%;平均丢包个数比改进前有了大幅度的减少,从每秒14个数据包减少到每秒不到0.5个数据包;路由建立时间始终比改进前要少,并且变化也比改进前平稳许多;协议开销则比改进前有了较少的提高,从16%提高到了17%。

结论 通过仿真得到的仿真数据基本证实了第3节所做的理论分析,采用保存下两跳策略的AODV路由协议只用了很小的代价(协议开销从16%提高到了17%),换回了很高的回报:数据包成功接收率从91%提高到了97%,平均丢包个数从每秒14个数据包减少到每秒不到0.5个数据包,路由建立时间则始终比改进前小并且平稳。由此可知,采用保存下两跳策略的AODV路由协议比传统的AODV路由协议的网络性能有了较大的提高,从而达到了对AODV路由协议进行改进、提高网络性能的目的。

参考文献

- 1 Wu Jie, Ivan S. Ad Hoc Networks. Computer, 2004, 37(2): 29~31
- 2 Perkins C, Bhagwat P. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. ACM SIGCOMM'94, London, Sep. 1994
- 3 Murthy S, Garcia-Lunes Aceves J. An efficient routing protocol for wireless networks. ACM Balzer Mobile Networks and Applications Journal, Special Issue on Routing Communications Networks, 1996
- 4 Perkins C, Belding-Royer E, Das S. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. IETF RFC 3651, July 2003
- 5 Johnson D B, Maltz D A, Hu Y C. The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile ad hoc Networks (DSR). IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-*.txt