

一种改进的I-NDMR协议在移动自组网中的应用

秦臻¹, 王佳昊²

(1. 电子科技大学通信与信息工程学院 成都 610054; 2. 电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】为了降低NDMR协议中由于最短路径优先原则造成的冲突和阻塞问题,提出了一种改进型的I-NDMR协议。该协议共包含9个状态,选择通信负荷最低的链路作为传输路径。通过修改RREP数据包,为其增加LoadInformation数据段来记录每条路径的负载信息,同时目标节点还会定期发布LOAD_UPDATE报文来定期更新链路负载信息。尽管采用负载均衡策略后传输路径有一定延长,但改进后协议以一定控制开销为代价有效地缓解了网络瓶颈,提高了通信速率。测试结果证明,改进后协议数据传输通信延迟得到了有效降低。

关键词 移动自组网; NDMR; 路由协议; 通信负荷
中图分类号 TP393 **文献标识码** A

I-NDMR Protocol in Mobile Ad Hoc Network

QIN Zhen, WANG Jia-hao

(1. School of Communication and Information Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054;

2. School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract To release the confliction and jam of Node-Disjoint Multipath Routing (NDMR) protocol, an improved Improved NDMR (I-NDMR) protocol is proposed. This protocol reduces the shared links between multiple sources and destinations, chooses the path with lowest load to send data packets Load Information is recorded in RREP packet to evaluate transmission load and LOAD_UPDATE packet is broadcast periodically. Although the transmission path and the amount of control message may increase a little, the packet delay and network traffic can be released efficiently. Simulation results show that the I-NDMR can effectively enhance the performance of network.

Key words Ad hoc; node-disjoint multipath routing; routing protocol; transmission load

移动自组网作为一种非结构化的网络可以广泛应用于应急响应、战场、医疗以及移动办公等环境,人们针对移动自组网中的路由技术已经进行了大量的研究^[1]。然而现有的路由协议在复杂的网络环境中往往并不能达到应用要求,仍有继续提高的必要。本文在NDMR协议^[2-3]的基础上进行改进,提出了I-NDMR (Improved Node-Disjoint Multipath Routing) 协议。

NDMR协议是在AODV^[4]和DSR^[5]协议基础上提出的一种按需路由协议,可以有效降低通信负荷并形成多条备份通信路径。跟现有的路由协议^[4-8]相比,它可以建立多条不重叠的路径,并降低网络通信负荷;它使用最短路径优先原则进行通信,同时也因此造成网络中心区域或核心链路上流量过高形成的瓶颈。

针对该问题,本文通过降低共享链路概率和控

制链路负载均衡来减少网络数据阻塞、冲突,平衡网络负载,降低数据在节点缓冲区中的等待时间并取得通信时延。本文提出的I-NDMR协议可以令数据源节点选择负荷最低的路径来传输数据,通过为NDMR协议增加负载评估和负载更新两个步骤,来为每条传输路径标记和更新负载信息。

1 NDMR模型

自组网路由协议主要可以分为主动式和按需路由两种^[9]。NDMR协议是一种采用最短路径优先原则的按需路由协议。它在AODV协议的基础上引入了DSR协议路径积累功能,通过有多路路径发现过程中修改RREQ和RREP报文,使其记录路径跳数,在建立多条不重叠路径的同时,还能降低路由开销。图1描述了NDMR协议的原理:

该网络中从节点1到节点9之间有3条不重叠的

路径: 1-5-9、1-2-3-6-9、1-4-7-8-9, 除了起点和终点外, 它们没有共享的节点。因此如果其中1条路径断掉后, 节点1和9可以启用其他备用路径, NDMR协议默认选择最短路径进行数据传输, 直到这条路径不可用。

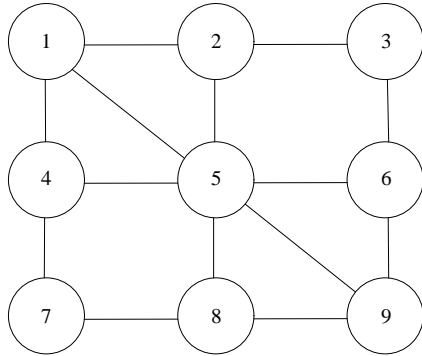


图1 NDMR协议

NDMR协议主要包含三个功能: 路径积累、降低路由开销和不重叠路径生成。首先由源节点发出路由请求报文RREQ, 在该报文传输到达目标节点的过程中记录其所经过的节点IP列表。中间节点收到RREQ报文后, 对比其所经过路径的跳数是否小于当前自己到该源节点的路径的跳数, 来确定是否继续向它的邻接节点转发RREQ报文。当目标节点接收到该报文后, 它将得到一条传输路径的完整链表。因为在非结构化网络中该报文可能经过不同的路径到达目标节点, 此时目标节点上将会记录多条传输路径。目标节点可以通过判断各条传输路径所经过的节点IP来判断路径是否相交, 以消除重叠的路径, 从而得到多条不相交的传输路径, 然后生成应答报文RREP沿着路径的反方向传输回源节点。RREP报文中存储了完整的路径信息, 供源节点和中间节点来更新路由表, 从而在源节点和目标节点之间判断得到最短传输路径。这样在NDMR协议中, 源节点和目标节点间拥有多条备份路径, 即便当前路径由于节点移动等原因失效, 仍可以选择其他路径传输数据。

2 I-NDMR模型

为了解决由于最短路径优先造成的部分链路共享频率过高问题, 本文提出了I-NDMR协议, 而在原有协议的基础上, 增加了Load_Update和Load_Eval两个状态, 来周期性地更新链路负载信息。为实现负载记录功能, 本文对原NDMR协议报文进行了相应修改, 在RREP报文中增加了负载记录字段。新的RREP报文格式如下:

RREP: Type| Src| Dest| SrcSeqNb| DestSeqNb| PathList| LoadInformation

Src、Dest、SrcSeqNb、DestSeqNb分别是源节点和目标节点的IP和序列号; Type字段定义了消息类型; PathList记录该报文经过的节点IP地址; LoadInformation记录了该条路径的负载信息。当中间节点收到RREP报文后, 首先加入自己的链路负载信息, 然后在自己的链路当中选择一条负载最低的作为下一跳报文传递路径。当源节点收到RREP报文后, 会将该条链路的负载与当前链路进行对比, 然后选择一条负载最低的链路来传递数据。除此之外, 目标节点还会定期发布Load_Update报文来更新链路负载信息。图2描述了I-NDMR协议的有限状态机模型, 共包含了9个状态。

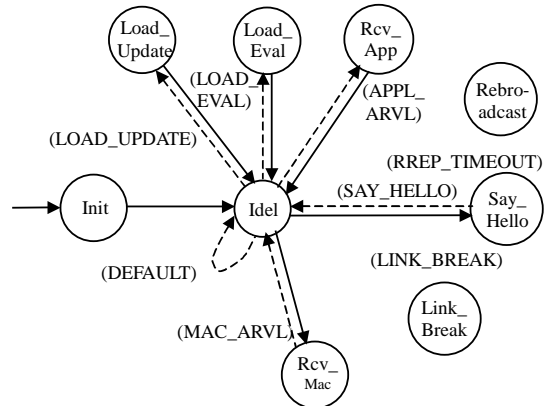


图2 I-NDMR协议模型

(1) 初始状态(Init state): 节点在初始状态设置相关属性、变量和参数, 初始化路由表。设置中断周期来触发Load_Update、Load_Eval和Say_Hello状态。

(2) 空闲状态(Idel state): 节点在该状态维持和等待网络处理。

(3) 负载评估状态(Load_Eval state): 节点周期性地中断进入该状态, 来计算自己的数据流量。

(4) 负载更新状态(Load_Update state): 节点周期性地进入该状态来向源节点发送Load_Update报文。中间节点收到该报文后, 在其LoadInformation字段添加当前的负载信息, 最终更新源和目的节点间的链路负载。

(5) 发送状态(Rcv_App state): 当有数据准备传输时, 路由协议将进入该状态。首先检查路由表中是否有到达目标节点可用的路径, 然后选择一条负载最小的路径将下一跳节点IP加入数据报文。

(6) 重广播状态(Rebroadcast state): 当节点在广播RREQ报文, 未收到RREP报文且等待超时后进入

该状态,重新广播RREQ报文进行连接呼叫。如果达到最大重试次数后仍未建立连接,则放弃发送数据。

(7) 呼叫状态(Say_Hello state):每个节点都会周期性地进入该状态来告知邻居节点自己的存在。

(8) 链路中断状态(Link_Break state):当节点检测到链路中断后,进入该状态并生成RERR报文来通知上游节点。

(9) 接收状态(Rcv_Mac state):当节点收到报文后,进入该状态。首先检测报文Type字段判断报文类型,然后调用相关函数进行处理。

3 仿真与分析

本文选择OPNET(Modeler 10.0)来测试I-NDMR协议^[10]。实验中50个移动节点被随机均匀铺撒到1 000m×1 000m的二维平面中。

3.1 测试环境

为了评估模型性能,本文从三个方面对改进前的NDMR协议和改进后的I-NDMR协议进行了对比测试,仿真参数如表1所示。

表1 测试参数

参数	设置
监控面积/m ²	1 000×1 000
节点总数	10~50
目标最大移动速度/m/s	0~20
通信传输距离/m	200

3.2 测试结果

(1) 通信延迟

本文用报文从源节点到达目标节点所用的平均周期来表示通信延迟。图3描述了NDMR协议改进前后在不同节点密度和不同节点速度情况下通信延迟的情况。图3a描述了在节点最大移动速度为固定值10 m/s时,网络中不同节点数量对通信延迟的影响。I-NDMR协议延迟普遍低于改进前,证明尽管I-NDMR协议选择的传输路径不是最近的,但是由于数据在缓冲区中等待时间较少,仍可以有效降低通信延迟。

图3b中网络节点数固定为20个。通信延迟在节点移动速度从0~5 m/s之间迅速提高,是因为节点从固定到移动状态转变过程中链路中断概率较高,之

后逐步进入稳定状态。

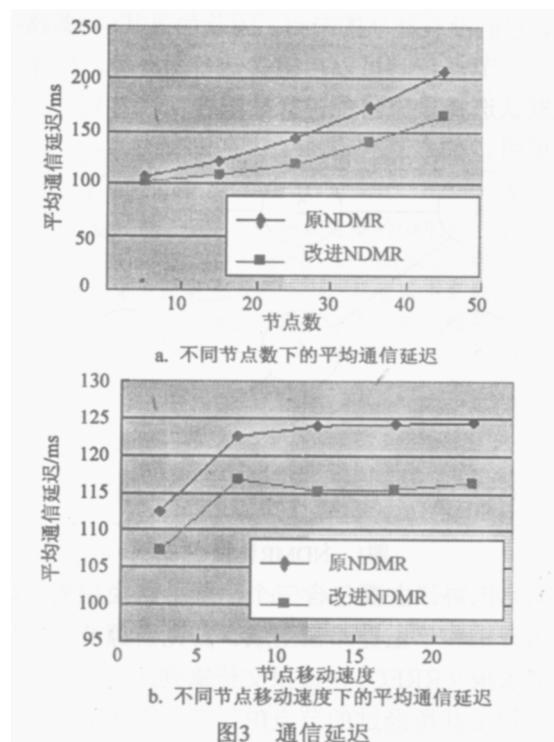
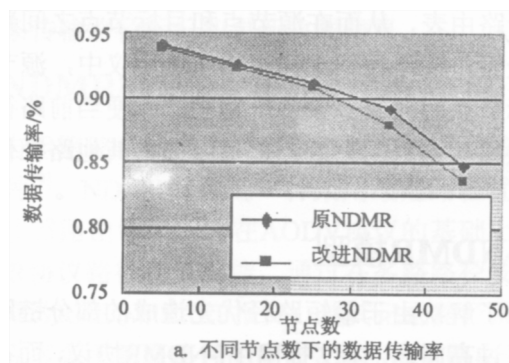


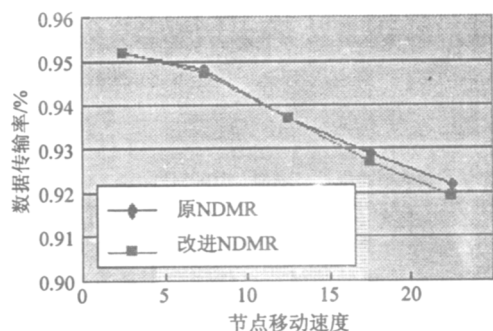
图3 通信延迟

(2) 数据传输率

数据传输率是指源节点生成的数据包成功到达目标节点的概率。图4a描述了不同网络密度对数据传输率的影响。在节点数量从10增加到30这一过程,改进前后协议的效果比较相近。当网络中节点数量较多时,原NDMR协议因为选择最近路径,因此数据报文丢失的概率较低,表现较好。然而改进后的I-NDMR协议也仍然使数据传输率保持在80%以上。同理,在图4b中当节点移动速度较快时,改进后的I-NDMR协议数据传输率稍逊于改进前,而当节点移动速度在0~20 m/s之间时其差异较小。



a. 不同节点数下的数据传输率

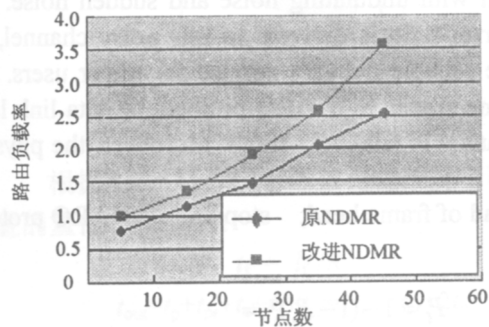


b. 不同节点移动速度下的数据传输

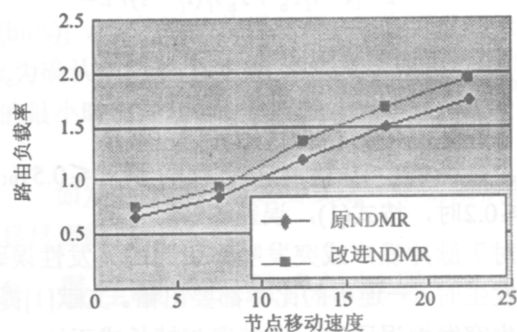
图4 数据传输率

(3) 路由负载率

本文用路由控制报文流量和数据报文流量的比率来表示协议所造成的路由负载率。路由控制报文越多,占用的网络带宽和资源越多,因此希望降低该比率来提高协议效率。图5描述了不同网络密度和节点移动速度对该比率的影响。由于改进后协议中增加了Load_Update报文,因此I-NDMR协议的控制开销较修改前略有提高。



a. 不同节点数下的路由负载率



b. 不同节点移动速度下的路由负载率

图5 路由负载率

4 总 结

本文在NDMR协议的基础上,通过选择负载最低的链路作为首选通信链路传递数据,来降低网络中的冲突和碰撞,提出了一种改进型的I-NDMR协

议。尽管改进后的I-NDMR协议会增加部分控制开销和对数据传输率造成轻微影响,但它可以有效减少网络通信延迟,提高网络吞吐率,从而更好的提高网络服务质量,有效解决了NDMR协议中存在的瓶颈问题。

参 考 文 献

- [1] 于宏毅. 无线移动自组织网[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [2] LI Xue-fei, LAURIE C. On-demand node-disjoint multipath routing in wireless ad hoc networks[C]//In 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks. Tampa, USA: [s.n.], 2004: 419-420.
- [3] LI Xue-fei, LAURIE C. A reliable node-disjoint multipath routing with low overhead in wireless ad hoc networks[C]// In Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems MSWiM '04. Italy: ACM Press, 2004: 230-233.
- [4] CHARLES E P, ELIZABETH M B, SAMIR R D. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing[J/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-13.txt>, IETF Internet draft, 2007-05-08.
- [5] BROCH J, JOHNSON D, MALTZ D. The dynamic source protocol for mobile Ad hoc networks[J/OL]. <http://www.ietf.org/internetdrafts/draft-ietf-manet-dsr-03.txt>, IETF Internet draft (work in progress), 2007-06-10.
- [6] LEE S J, GERLA M. Split multipath routing with maximally disjoint paths in Ad hoc networks[C]//In Proceedings of the IEEE ICC. Washington: IEEE Compute Society, 2001: 3201-3205.
- [7] MAHESH K M, SAMIR R D. On-demand multipath distance vector routing in Ad hoc Networks[C]//In Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP). NY, USA: ACM Press, 2001: 14-23.
- [8] YE Zhen-qiang, SRIKANTH V K, SATISH K T. A framework for reliable routing in mobile Ad Hoc networks[C]//In IEEE INFOCOM (2003), Proceedings of the 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks (LCN'04). San Francisco California, USA: [s.n.], 2003: 270-280.
- [9] LEE Sung-Ju, CHAI Keong-Toh, MARIO G. Performance evaluation of table-driven and on-demand Ad hoc routing protocols[C]//In Proceedings of the IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication (PIMRC). Kyoto, Japan:[s.n.], 1999: 297-301.
- [10] 王文博, 张全文. OPNET Modeler与网络仿真[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.

编辑 张 俊