

SMR 路由协议的改进与仿真分析

杨吟君, 汪学明

(贵州大学计算机科学与信息学院, 贵阳 550025)

摘 要: 在 Ad Hoc 网络中, 分裂多径路由 SMR 协议存在数据分割传输效率低与路由维护中路由发现条件不合理的问题。为此, 提出一种改进的路由协议 P-SMR。该协议采用以时延作为路径负载影响因子的数据分配方法来提高传输效率, 运用判断路径断开条数和路径生存时间的方法作为路由发现的条件。仿真结果表明, 与 SMR 和 DSR 协议相比, P-SMR 协议可降低平均端到端传输延时和路由开销, 并能提高分组投递率。

关键词: Ad Hoc 网络; SMR 协议; 网络仿真; 数据分割; 源路由

Improvement and Simulation Analysis of SMR Routing Protocol

YANG Yin-jun, WANG Xue-ming

(College of Computer Science and Information, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

【Abstract】 Split Multipath Routing(SMR) protocol can not transmit split data efficiently and the condition of route discovery during route maintenance process is unreasonable in Ad Hoc network. To solve the problem, this paper proposes a new routing protocol P-SMR, the protocol uses delay as influence factor of the data allocation methods to improve transmission efficiency, and takes the number of broken paths and survival time of paths as conditions to find route. Simulation result show that compared with SMR and DSR protocol, average end-to-end delay and route cost decrease, and packet delivery fraction improves.

【Key words】 Ad Hoc network; Split Multipath Routing(SMR) protocol; network simulation; data split; source routing

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.18.020

1 概述

Ad Hoc^[1]网络是发展极其迅速的无线网络, 因其便利、灵活、快捷的特点成为网络研究的热潮。但 Ad Hoc 网络复杂、多变, 各种针对 Ad Hoc 网络的路由协议层出不穷, 如表驱动路由协议、按需路由协议、单径和多径路由协议等。目前, 按需多径路由协议是 Ad Hoc 网络研究的热点, 2004 年, 史景伦等人提出了一种多径路由协议 IMR^[2], 比 SMR、DSR 路径协议建立的路径更稳定。另外, 该协议使用负载均衡的策略, 较合理地解决了网络负载问题。2008 年, 卢先领等人根据网络的跨层思想, 提出了网络流量自适应平衡的多径路由协议 LACLMRA^[3]。该协议比 SMR、AOMDV 路由协议提高了网络吞吐量、降低了网络延时、延长了网络寿命。2010 年, 童孟军等基于中国剩余定理, 对 SMR 路由协议进行研究, 并提出新的路由协议 CRT-SMR^[4]。该协议比 SMR 协议提高了网络带宽和分组投递率, 同时降低了丢包率。

本文基于多径路由协议 SMR, 分析了 SMR 路由协议的不足, 针对 SMR 的数据包传输负载和路由维护策略问题进行改进, 并采用仿真软件 NS2 进行仿真分析。

2 SMR 路由协议

2001 年, Lee Sung-Ju 等提出 SMR^[5]路由协议。SMR 因选择多条不相交路径及多路径同时传输分割数据包, 弥补了 DSR 的一些不足。但在 SMR 路由协议中, 源节点发送分割数据包时没有考虑各个路径的传输延时。另外, 路由维护规定当源节点到目的节点的路径全部无效时, 源节点重新路由发现。若源节点到目的节点的路径始终存在, 若长时未断开, 则源路径不能进行新的路径发现, 将可能失去新的延时短、可靠性高的路径^[6-7]。

3 SMR 的改进

3.1 数据传输负载策略的改进

将路径的传输延时作为路径负载能力的主要考虑因素。假设源节点 S 到目的节点 D (记为 $S \rightarrow D$) 的路径记为 $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$; 路径所对应的传输时间记为 $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$; 从源节点 S 发往目的节点 D 的分割数据包数记为 m , 即 $\{d_i | i=1, 2, \dots, m\}$ (d_i 表示分割数据包); 节点处理发送数据包的时间为 Δt , 分 2 类情况进行分析:

(1) 如图 1 所示, 当 $S \rightarrow D$ 路径只有 P_1 , 则 $x_1(x_1=m)$ 个分割数据包从路径 P_1 发送。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目([2011]61163049); 贵州省自然科学基金资助项目(黔科合 J 字[2011]2197)

作者简介: 杨吟君(1987—), 女, 硕士研究生、CCF 会员, 主研方向: 网络通信, 信息安全, Ad Hoc 网络; 汪学明, 教授、博士

收稿日期: 2011-11-03 **修回日期:** 2012-01-04 **E-mail:** yangyinjun1987@163.com

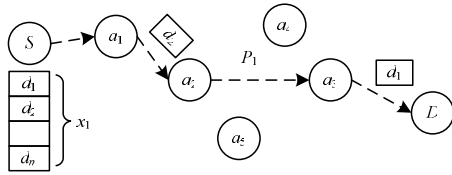


图1 单一路径的传输

(2)如图2所示。当网络中存在多条源端到目的端的路径,即 $S \rightarrow D$ 的路径数大于1时,若 $S \rightarrow D$ 的路径数 n 等于2,分别为 P_1 和 P_2 ,则选择 x_1 个分割数据包从路径 P_1 发送,选择 x_2 个分割数据包从路径 P_2 发送,且 $x_1+x_2=m$ 。因为路径 P_1 传输分组的时间是 t_1 ,且节点处理分割数据包发送的时间为 Δt ,所以从路径 P_1 发送 x_1 个分割数据包所花的时间为 $T_1=t_1+(x_1-1)\Delta t$ 。同理,从路径 P_2 发送 x_2 个分割数据包所花的时间为 $T_2=t_2+(x_2-1)\Delta t$ 。

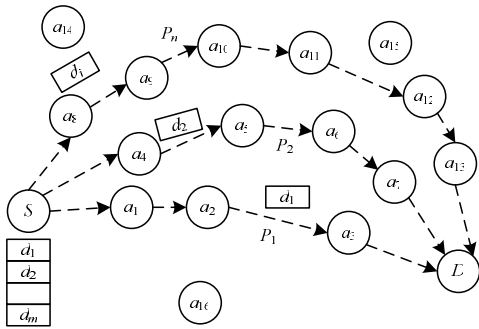


图2 多条路径的传输

由于2条路径同时使用,可知数据包全部传送到达目的节点 D 所花的时间为 $T_{\max}=\max(T_1, T_2)$ 。当传输时间最短,路径效率最高,因此当 $T_1=T_2$ 时, T_{\max} 取得最小值。为此建立下式:

$$\sum_{i=1}^n x_i = m \quad (1)$$

$$T_i = T_i + 1 \quad (i=1,2,\dots,n-1) \quad (2)$$

因为 n 为2,由式(2)计算可得: $x_2 = x_1 + \frac{t_1 - t_2}{\Delta t}$,所以

通过式(1)可知: $x_1 = \frac{m}{2} - \frac{t_1 - t_2}{2\Delta t}$,故 $x_2 = \frac{m}{2} - \frac{t_1 - t_2}{2\Delta t} + \frac{t_1 - t_2}{\Delta t}$ 。

若 $S \rightarrow D$ 的路径数 $n>2$,则同理根据前面计算可得:

$$x_i = \frac{m}{n} - \sum_{j=2}^n \frac{t_1 - t_j}{n \times \Delta t} + \frac{t_1 - t_i}{\Delta t} \quad (3)$$

经以上推断对SMR进行改进,在RREP包中添加时间变量REP_DATE。当目的节点按照RREP包中记录的路径 P_i 发送RREP包时,将时间写入RREP包中的变量REP_DATE,为此源节点接收到RREP包后可计算出由路径 P_i 传输数据到达目的节点所需要的时间 t_i 。通过式(3)求得的 x_i 作为源节点到目的节点的第 i 条路径负载权值,即并发使用多条路径时,为使数据尽快到达目的节点,每条路径所应传输的分割数据包数。所求权值若不为整数,对其向下取整,即 $\lfloor x_i \rfloor$,所得整数作为路径应传输的分割数据包数。对于剩下的分割数据包依次按照传输时间从小到大的路径次序循环分配。SMR在路由发现过程中动态形成路径,因此一旦路由更新,需重新计算分割数据包的

分配,由于计算过程只需通过简短的有限循环完成,计算量不大。当进行新的分割数据包分配计算时,此时 m 的值取为所剩分割数据包的个数。

3.2 路由维护策略改进

假设路径从创建到断开所经历的时间为 z_i ,其中, i 表示第 i 次断开。Link_Broken表示路径断开。Num_Routing表示源节点到目的节点的路径数。Broken_Num_Routing表示断开路径数,初始值为0。Con_Num表示连续发生 z_i 小于 z_{i-1} 的次数,若未能连续发生时,则其值赋为0。Con_Num的初始值为0,其所能接受的上限为MaxCN,其值设为路径总数的1/4,不能大于等于该值。Rou_Disc_P表示路径断开率,设其值为80%。改进的路由发现条件的伪代码如下:

```

IF Link_Broken
    Broken_Num_Routing++;
IF Broken_Num_Routing/Num_Routing ≥ Rou_Disc_P
    进行路由发现;
    返回;
ELSE
    IF  $z_{i-1} \leq z_i$       Con_Num=0;
    ELSE                Con_Num++;
    IF Con_Num ≥ MaxCN
        进行路由发现; 返回;

```

当路径断开时,Broken_Num_Routing增加1。继续进行判断,若Broken_Num_Routing/Num_Routing的值大于等于Rou_Disc_P,说明断开路径数所占比例达到上限,此时进行路由发现。若小于,则判断当前断开路径的 z_i 是否小于前一次断开路径的 z_{i-1} ,如果小于,则Con_Num增1,说明当前断开路径比前一次断开路径要迅速,网络拓扑正在发生变化,若这种情况发生达到MaxCN,说明网络拓扑的变化较大,此时进行路由发现;如果大于等于,则将Con_Num赋为0。

4 网络仿真分析

改进协议命名为P-SMR(Progressive SMR),使用NS2网络仿真软件仿真分析DSR、SMR和P-SMR。分别从平均端到端延时、分组投递率和路由开销3个方面进行评估。仿真模型的参数设置如下:仿真时间500s,仿真时的数据传输流量类型为cbr,节点相互连接的最大连接数为100,分组的大小为512Byte,节点每秒发送的分组数为4,仿真环境的随机种子数为1,节点数为50,仿真范围为1000m×1000m,节点停留时间范围为0~120s,节点最大移动速度的范围为3m/s~15m/s。

4.1 平均端到端延时

图3、图4显示随着网络拓扑变化逐渐变慢时,3种协议的平均端到端延时都在降低,说明在稳定的拓扑结构下传输的延时将变小。另外改进的协议P-SMR比SMR协议的平均端到端延时低,因为改进的协议采用更加合理的数据分割传输方法,使得数据的传输效率更高,延时降低。

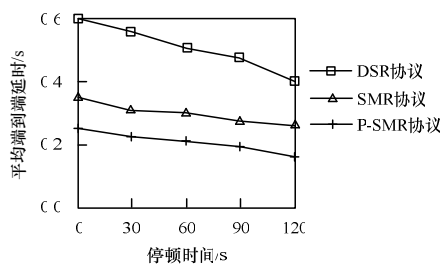


图3 节点停顿时间的延时仿真

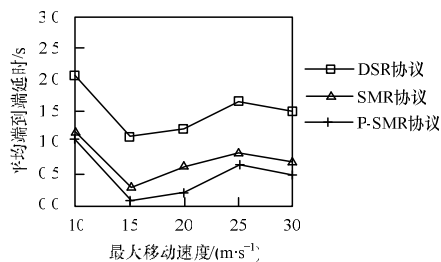


图4 移动速度变化的延时仿真

4.2 分组投递率

源节点发送数据到目的节点，需保证数据能成功传达。SMR 路由协议采用数据分割以多条路径同时进行传输，这使得数据传达到目的节点的成功率比 DSR 路由协议高，同时路径的利用率得到提高。但 SMR 路由协议只是单一将数据分割后交由路径传输，并没有考虑到路径自身的传输能力。而改进的 P-SMR 路由协议考虑每条路径的传输数据的快慢，并计算出每一条路径的负载权值，将数据分割后合理地分配给各路径进行传输，缩短了数据达到目的节点的时间，在同一时间将会有更多的数据成功传达到目的节点，从而使得数据的投递率得到提高。图 5、图 6 为在不同网络拓扑变化中 P-SMR 的分组投递率。

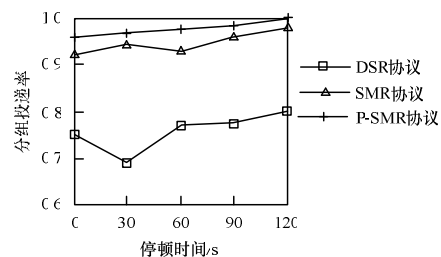


图5 节点停顿时间的分组投递率仿真

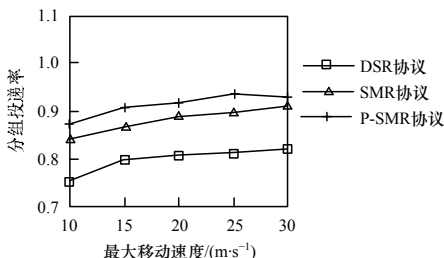


图6 移动速度变化的分组投递率仿真

4.3 路由开销

SMR 路由协议规定到达目的节点的路径均无效时进行路由发现。在这种条件下的某些路由的使用将会频繁，路由的消耗将增大。而改进的协议 P-SMR 并不采用该条

件进行路由发现，而是当网络拓扑发生大的变化时进行路由发现，此条件下得到的路径更能发应当前网络环境，路径可靠度提高，分散了过于集中的路由开销，如图 7、图 8 所示。

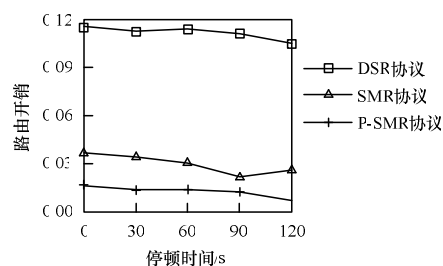


图7 节点停顿时间的路由开销仿真

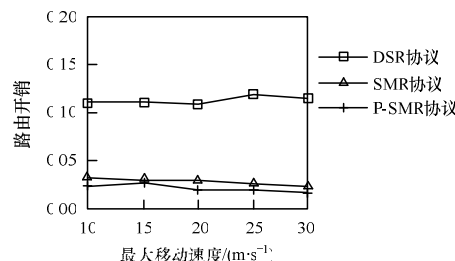


图8 移动速度变化的路由开销仿真

5 结束语

本文通过对按需多径路由协议 SMR 进行研究与分析，发现该协议的不足之处，即数据分割传输策略和路由维护策略中的路由发现条件不够合理。因此，针对其不足之处进行了改进，改进的协议 P-SMR 在一定程度上弥补 SMR 路由协议的不足。通过对 NS2 进行仿真对比分析得到体现，即平均端到端延时降低、分组投递率提高和路由开销减少。今后的工作应将节点能量和路由 QoS 考虑到 SMR 路由协议中，进而完善 SMR 路由协议的研究，使其更加符合实际需求。

参考文献

- [1] Macker C J. Mobile Ad Hoc Networking(MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations[S]. RFC 2501, 1999.
- [2] 史景伦, 张 凌, 刘伟平, 等. Ad Hoc 网络中的一种基于稳定的多路径路由算法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(36): 7-10.
- [3] 卢先领, 孙亚民, 陈 树. Ad hoc 无线网络负载自适应平衡跨层多路径算法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(32): 31-34.
- [4] 童孟军, 郑 拓. 基于中国剩余定理的 SMR 路由协议研究[J]. 杭州电子科技大学学报, 2010, 30(6): 21-24.
- [5] Lee Sung-Ju, Gerla M. Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks[C]//Proc. of IEEE Military Communication Conference. [S. l.]: IEEE Press, 2001.
- [6] 薛小平, 李 欣, 张思东. 基于路由生存时间的 Ad Hoc QoS 路由[J]. 北京交通大学学报, 2007, 31(2): 23-28.
- [7] Koucheryavy Y, Harju J, Iversen V B. Multi-path Routing Protocols in Wireless Mobile Ad Hoc Networks A Quantitative Comparison[C]//Proc. of 6th International Conference. Berlin Germany: Springer-Verlag, 2006: 313-326.

编辑 索书志