

MANET 节点不相关的多路路由算法

苏凡军, 陈贤光, 邬春学

(上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 针对不相关路由路径之间可能存在特定关键节点问题, 提出一种特定节点不相关多路路由算法, 通过寻找关键节点, 使数据报文经单路径到达关键节点的上一跳节点后, 向多条不相关路径的节点进行转发, 使数据报文可以同时多条节点不相关的路径上路由到达目的节点。仿真实验结果表明, 如果存在关键节点, 该算法能够提高分组投递率、降低端到端延迟; 如果不存在关键节点, 该算法的性能与节点不相关算法相当。

关键词: AODV 协议; NDMR 算法; 多路径; SNNDMR 算法

Node-disjoint Multipath Routing Algorithm in MANET

SU Fan-jun, CHEN Xian-guang, WU Chun-xue

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093)

【Abstract】 A new algorithm called Special Node Node-Disjoint Multipath Routing(SNNDMR) is proposed to calculate the key node that may exist among the node-disjoint routing paths. The algorithm makes the data packets via a unipath to reach at the former node of the key node. The data packets are routed to multiple node-disjoint paths. In this way, data packets can be routed to the destination node by node-disjoint multipath at the same time. Simulation experimental results show that, compared with the existed Node-Disjoint Multipath Routing(NDMR) algorithm, the new algorithm improves the packet delivery ratio and reduces end-to-end delay time. If there are no key nodes, the performance of this algorithm is almost as same as NDMR's.

【Keywords】 AODV protocol; NDMR algorithm; multipath; SNNDMR algorithm

1 概述

移动 Ad Hoc 网络是由一组移动节点形成的多跳的、临时性的自治系统。由于拓扑的动态变化和节点的能量有限等特点, 使得无线 Ad Hoc 网络的路由协议设计极具挑战性。研究者提出许多路由协议。按发送端到接收端路径个数, 可以将这些路由协议分为单路径路由协议和多路径路由协议。典型的单路径协议有 DSRP^[1]和 AODV^[2]等。但是单路径协议存在许多缺点, 如在链路拥塞或中断时, 通过该链路的路由必须重建, 造成网络的不稳定, 增加了路由时间。多路径路由协议则可以提高网络路由的可靠性和容错性, 还具有平衡网络负载等作用。

文献[3-5]提出许多多路径路由协议。根据路径之间的关系, 多路径路由协议可以分为 3 种: (1)相交多路径路由算法。指各条路径间既有共用的节点, 又有共用的链路。但共用的链路和节点容易成为性能瓶颈。(2)链路不相关(link-disjoint)多路径路由算法。指各条路径间没有任何共用的链路, 但可能有共用的节点。这类算法有基于源路由的 SMR^[3]和基于距离向量的 AOMDV^[5]等。(3)节点不相关(node-disjoint)多路径路由算法, 也称为完全不相关多路径, 指各条路径中除源节点和目的节点之外没有其他任何共用节点。如文献[4]提出的 NDMR(Node-Disjoint Multipath Routing)算法, 这类算法也可以通称为 NDMR 算法。

显然, 节点不相关多路径算法最能充分利用网络资源, 如 NDMR 算法, 但 NDMR 算法并没有充分利用节点不相关路径之间的位置关系, 因此, 本文根据路径之间的位置关系

提出一种改进的 NDMR 算法——SNNDMR。这种算法在节点密度高的网络中具有更好的性能。

2 SNNDMR 路由算法

2.1 不相关路径的获取

路由发现过程如图 1 所示。

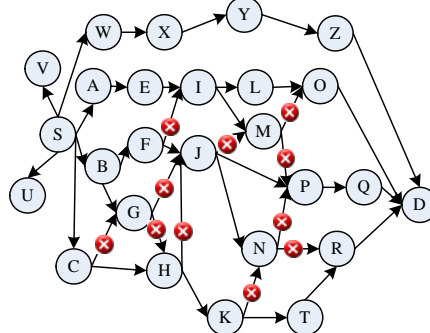


图 1 路由发现

假设源节点 S 在某个时刻要向目的节点 D 发送报文, 它向邻节点广播 RREQ 消息, 某一段时间内目的节点接收到从源节点泛洪过来的多个不同的路由请求报文, 目的节点根据

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60874002); 科学研究计划技术创新基金资助项目(J200512001)

作者简介: 苏凡军(1976—), 男, 讲师、博士, 主研方向: 无线网络; 陈贤光, 硕士; 邬春学, 教授、博士

收稿日期: 2009-10-10 **E-mail:** postmessage@126.com

这些 RREQ 消息提供的信息来构建网络,在源节点和目的节点之间建立多条节点不相关路径 R0(SWXYZD), R1(SAEILOD), R2(SBFJPQD), R3(SCHKTRD)等,共同邻节点 M 和 G 以及 N, 打叉的为丢弃的报文。

2.2 SNNDMR 算法的路由发现机制

SNNDMR 算法所涉及的一些定义如关键节点、源路由列表等如下:

(1)关键节点的定义为 2 条节点不相关路径的共同邻节点。如图 1 的节点 M 为 R1(SAEILOD)和 R2(SBFJPQD)的共同邻节点;节点 G 和 N 为 R2(SBFJPQD)和 R3(SCHKTRD)的共同邻节点。

(2)源路由列表的定义为源节点路由到当前节点所经过的节点列表。例如, RREQ 从 S 经 AEI 到达 M 时 RREQ 的源路由列表里所记录的是 SAEIM。同时, M 也得到反向路由信息,即 MIEAS。

(3)源路由的邻节点列表的定义为源路由列表中的每个节点的邻节点。该信息可以通过 HELLO 消息机制得到,并定期在网络中更新以解决由节点移动等因素带来的拓扑变化。表 1 是图 1 中 R1 路径源路由的邻节点列表。

表 1 源路由邻节点列表

S	U,W,A,B,C,V(排序不分先后)
A	S,E
E	A,I
I	E,F,L,M
L	I,O
O	L,M,D
D	O,Q,R,Z

路由发现机制如下:

(1)在 AODV 中,如果一个需要进行通信的源节点没有一条到目的节点的有效路由,它便会广播 RREQ 消息,启动一次路由发现过程。如图 2 所示, RREQ 报文中包括的主要域有广播 ID、源序列号、源地址、目的序列号、目的地址、跳数、源路由列表、源路由的邻节点列表(记录源节点到当前节点所经过的每个节点的邻节点地址)。其中,广播 ID 和源地址唯一标识一个 RREQ 请求。

广播 ID
源序列号
源地址
目的序列号
目的地址
跳数
源路由列表
源路由的邻节点列表

图 2 路由请求

(2)如果当前节点为目的节点或者该节点有到目的节点的路由表,则在 RREQ 源路由中记录下此节点的地址,转入目的节点处理过程;否则转(3)。

(3)若当前节点转发过该 RREQ,则将其删除;否则转(4)。

(4)如果 RREQ 源路由表中包含当前节点地址,则将其删除;否则转(5)。

(5)记录相应的信息,以形成反向路由。记录的信息包括:上游节点地址(即向本节点发送路由请求消息的节点),目的地址,源地址,广播 ID,反向路由超时时长和源序列号等。同时跳数计数器加 1,向邻节点转发该路由请求报文。

以上第(3)步主要是避免转发重复的 RREQ 从而减小控制

报文在网络中的泛洪,第(4)步是避免路由中产生环路。目的节点处理过程:目的节点接收到第 1 个到达的 RREQ 后并不马上向源节点回复 RREP(图 3),而是将其缓存一段时间继续收集其他 RREQ 来进行多路径的构建。

源地址
目的地址
目的序列号
跳数
Lifetime
源路由列表
关键节点与其上一邻节点对。 若是 R1 的 RREP 为<I,M>;若是 R2 的 RREP 则为<J,M>和<J,N>;若是 R3 的 RREP 则为<K,N>
关键节点与其下一邻节点对。 若是 R1 的 RREP 为<M,O>;若是 R2 的 RREP 则为<M,P>和<N,P>;若是 R3 的 RREP 则为<N,R>

图 3 目的节点 D 给源节点 S 的路由回复

目的节点根据规定时间内接收到的 RREQ 报文提取出拓扑信息,根据这些信息可构建多路路由。处理步骤如下:

(1)设置多路径的最大路径数 N 以及路径包含的跳数上限 H 。

(2)把所收到的所有 RREQ 按跳数升序排列,将第 1 条 RREQ 放入目的节点的回复缓冲区。

(3)在剩下的路径列表中选择首条与回复缓冲区中所有列表都节点不相关的那条,如果此路径列表跳数不大于 H ,且当前路径数不大于 N ,则把该路由列表对应的 RREQ 放入回复缓冲区,当前路径数加 1。

(4)如果路由列表已遍历完或当前路径数大于 N ,则退出程序,否则转(3)。执行完不相关节点选择算法后,目的节点便选出了节点不相关的多条路径。

2.3 SNNDMR 与 NDMR 算法的区别

通过把已经找到的多条节点不相关路径结合源路由的邻节点列表计算出是否存在关键节点,并结合关键节点和上一邻节点对以及下一邻节点对计算出源路由列表(NDMR 算法并不需要寻找关键节点,也没有上一邻节点对和下一邻节点对的设置,这里增加这 2 个字段是为了计算出是否需要在关键节点进行多播以及多播的方向),再对回复缓冲区中的各个 RREQ,建立对应的反向路由表。根据源路由列表和关键节点产生相应的 RREP 消息并开始向源节点转发,该消息中包含了整条路径的节点列表,并且通过单播方式沿反向路由路径发送给产生 RREQ 消息的源节点。一旦源节点正确收到 RREP,表示多路路由成功建立,此时便可按 RREP 中记录的路由转发数据分组(数据报文)了。当中间节点收到一个 RREP 消息,它便利用 RREP 消息中的整条路径节点列表,来建立或更新其正向路由表条目和它的反向路由表条目。源节点通过路由发现建立到达目的节点的实际路径有别于 NDMR 算法以及其他多路路由算法的路径,中间节点的路由表里是否组播字段的值表示该节点路由到某一个目的节点时是否要多播。

如图 4 所示,节点 S 发送到节点 D 的实际路径 R11 与图 1 的 R1 的差别在于节点 I 同时向 L 和 M 转发报文,而节点 M 又向其邻节点 O 和 P 转发报文,使得如果因为移动等原因导致节点 L 不能向节点 O 转发报文,报文还可以通过其他路径路由到达目的节点,提高了报文的转发成功率。

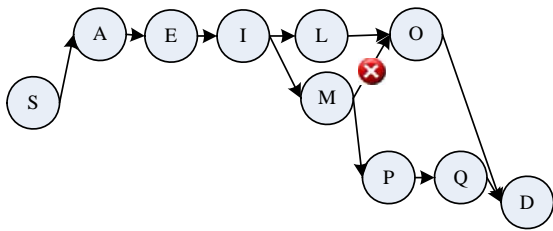


图4 源节点S发送到目的节点D的实际路径R11

2.4 SNNDMR算法的路由维护

SNNDMR 路由协议中的路由表主要包括目的节点、下一跳节点、距离目的节点的最短跳数、邻节点、是否多播、超期时长等,见表2~表5。

表2 节点I的路由表中的一部分

目的	下一跳	最短距离	邻节点	是否多播	其他
D	L	3	EFLM	是	-
D	M	4	EFLM	是	-

表3 节点M的路由表中的一部分

目的	下一跳	最短距离	邻节点	是否多播	其他
D	O	2	IJOP	是	-
D	P	3	IJOP	是	-

表4 节点J的路由表中的一部分

目的	下一跳	最短距离	邻节点	是否多播	其他
D	M	3	FGHMPN	是	-
D	P	3	FGHMPN	是	-
D	N	3	FGHMPN	是	-

表5 节点N的路由表中的一部分

目的	下一跳	最短距离	邻节点	是否多播	其他
D	P	3	JKPR	是	-
D	R	2	JKPR	是	-

同时,在SNNDMR协议中,节点还存储如下一些与路由表相关的信息。

路由请求超时定时器:和反向路由相关的定时器,当定时器超期后,节点仍未收到路由响应报文时,节点则认为该反向路由无效,删除该反向路由。

活跃超时时长:和前向路由相关的时长。当超过活跃超长时间后,节点仍然无数据利用该路由发送时,删除该路由(即使该路由可能有效)。

在开始发送数据报文后,路径有可能因为移动等原因失效,根据节点的不同,SNNDMR路由协议的处理方法不同。

(1)当由于源节点移动而造成路由失效时,此时只能由源节点再次发起路由请求过程。

(2)当由于中间节点或目的节点的移动而造成路由失效时,改进后的SNNDMR路由表允许节点记录多条源节点和目标节点的路径,当某条路径失效后,可以选择另外路径继续传输数据,而不进行重新选路。

(3)如果进行数据传输的路径上存在关键节点,路由失效又是发生在关键节点后的某条分支路径,此时如果数据仍然可以沿着另一条分支路径路由到达目的节点,算法认为该路径还是有效路径,只有直到该路径路由的数据无法到达目的节点时,才放弃该路径而选择其他路径进行路由。

3 仿真实验

通过仿真对NDMR和SNNDMR路由算法进行比较。采用的Random Way-point移动模型,移动节点数量为50个,数据发送方式为CBR,多路径最大数目为6,路由最大跳数为8,仿真区域为2 km×2 km,无线传输距离为250 m,MAC层协议使用IEEE802.11协议,带宽为2 Mb/s,实验模拟时间为300 s。

实验结果见图5、图6。

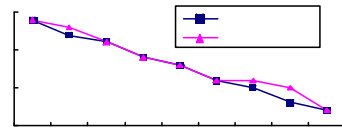


图5 分组投递率

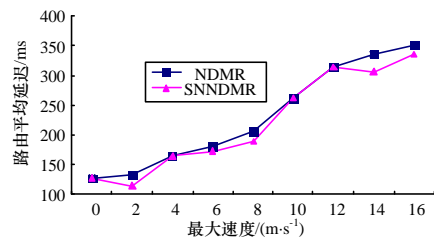


图6 路由平均延迟

从图5、图6可以看出,如果存在关键节点,在数据发送时,即使关键节点后的某一条分支路径出现故障无法路由,数据仍然可以由其他路径路由到达目的节点,使得SNNDMR的分组投递率略高于NDMR以及路由平均延迟小于NDMR,如果不存在关键节点,则其性能与NDMR相当。

4 结束语

本文在研究大量移动Ad Hoc网络中多路路由协议的基础上,提出特定节点不相关多路路由算法SNNDMR,这种多路路由算法在节点密度高的网络中具有更好的路由可靠性。

参考文献

- [1] Broch J. The Dynamic Source Protocol for Mobile Ad Hoc Networks[Z]. (1999-10-15). <http://www.ietf.org/mail-archive/web-old/ietf-announce-old/current/msg05928.html>.
- [2] Charles E. Ad Hoc On-demand Distance Vector(AODV) Routing[Z]. (2003-02-23). <http://tools.ietf.org/id/draft-ietf-manet-aodv-13.txt>.
- [3] Lee S J. Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks[C]//Proc. of IEEE International Conference on Communications. [S. l.]: IEEE Press, 2001.
- [4] Li Xuefei. On-demand Node-disjoint Multipath Routing in Wireless Ad Hoc Networks[C]//Proc. of the 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks. Tampa, FL, USA: [s. n.], 2004.
- [5] Marina M K. On-demand Multipath Distance Vector Routing for Ad Hoc Networks[C]//Proc. of the 9th International Conference on Network Protocols. [S. l.]: IEEE Press, 2001.

编辑 陈文