

基于链路故障的 MANET 本地修复技术

张 鹏, 赵季红, 曲 桦

(西安邮电学院通信工程系, 西安 710061)

摘要: 针对已有移动自组网本地修复技术的不足, 以 AODV 路由协议的本地修复技术为基础, 考虑网络节点状态的变化, 提出一种基于链路故障的本地修复技术, 对链路故障进行分类, 对不同类型的故障采取不同的修复方法。仿真结果表明, 改进的本地修复技术可以有效减少路由建立时间并控制分组开销, 提高了网络性能。

关键词: 移动自组网; 路由协议; 链路故障; 本地修复

Local Repair Technology for MANET Based on Link Failure

ZHANG Peng, ZHAO Ji-hong, QU Hua

(Department of Communication Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061)

【Abstract】 Aiming at the deficiency of the existing local repair technology, this paper proposes a new local repair scheme based on link failure. It is on the basis of AODV local repair and concerns about status of nodes. Link failures are classified and different methods are adopted for different link failures. Simulation result indicates that the improved technology can promote network performance by reducing route setup time and control packets.

【Key words】 Mobile Ad hoc Network(MANET); routing protocol; link failure; local repair

1 概述

移动自组网(Mobile Ad hoc Network, MANET)是一种由具有路由和转发能力的移动节点组成的多跳无线分布式网络, 它具有无需基础设施、动态拓扑、有限带宽、有限节点能量等^[1]特点。MANET 的动态拓扑会造成路由中断。路由协议需要迅速适应拓扑变化, 完成路由建立和维护工作, 同时尽量减少控制开销以提高网络吞吐量。典型的路由协议有 AODV, DSR, DSDV, OLSR 等^[2]。AODV^[3]是反应式路由协议的代表, 它使用 2 种方法修复路由:

(1) 由源节点发起路由建立过程。

(2) 由修复节点发起本地修复, 即修复节点广播 RREQ, 搜索到达数据分组目的节点路由, 若修复节点成功接收 RREP, 则路由修复成功; 若接收 RREP 失败, 则路由修复失败, 将广播 RERR 通告链路断开。

2 研究现状

AODV 本地修复避免由源节点发起路由建立过程, 修复节点通常更接近目的节点, 因此, 可以降低路由建立时间和控制开销。文献[4]提出在本地修复时, 由断开链路处的下游节点广播一条链路修复分组给上游节点, 省略了上游节点广播 RREQ 的过程, 达到减少路由建立时间和控制开销的目的。文献[5]提出基于保存下两跳节点的本地修复, 当链路断开时, 修复节点建立到达下两跳节点的路由, 在一定程度上减少了路由建立时间和控制开销。

目前本地修复的研究存在 2 个问题:

(1) 未考虑节点状态。实际网络的节点可以自由加入或退出网络, 可能人为关闭或能耗殆尽关闭, 也可能出现软硬件故障, 这些节点状态的改变是造成链路断开的重要原因。但是目前的研究和仿真都简单认为所有节点都至始至终无故障

地工作。文献[4]方法的缺点是, 若链路断开的原因是下游节点的故障或退网, 则上游节点不能收到链路修复分组, 本地修复效率会更低, 产生更长的路由建立时间和数据分组时延。

(2) 静态的修复方法。传统的本地修复是以单节点地址作为路由建立的目的地址。AODV 本地修复尝试建立修复节点到达数据分组目的节点的路由, 这仍会造成较大范围的 RREQ 广播。文献[5]方法的缺点是, 仅以下两跳节点作为路由建立的目的地址, 忽视了小范围 RREQ 广播也可以建立到目的节点路由的可能性。

3 基于链路故障的本地修复技术

针对已有本地修复的不足, 本文提出一种新的本地修复技术, 设计思想如下:

(1) 关心节点状态, 修复节点将下游节点的状态变化作为本地修复的依据。

(2) 在本地修复时, 修复节点分析链路断开的原因, 根据不同的原因选择不同的节点地址作为 RREQ 的目的地址, 可以分别建立到下一跳节点、下两跳节点或目的节点的路由, 称之为基于链路故障的本地修复技术。

基于以上 2 点, 改进技术在以下 3 方面进行创新。

3.1 链路故障的分类

链路故障分类是为改进的本地修复提供依据: 链路断开后, 修复节点分析原因, 根据链路故障的类型选择对应的修

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2007AA01Z254); 国家自然科学基金资助项目(60572134, 60872058)

作者简介: 张 鹏(1979—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 通信网, 无线自组网; 赵季红、曲 桦, 教授、博士

收稿日期: 2009-05-20 **E-mail:** windcofa@gmail.com

复方法。根据节点状态的改变对链路状态的影响, 本文将链路断开的原因归纳为 3 类, 对应 3 种链路故障:

- (1) 节点之间的相对移动, 造成节点间链路中断;
- (2) 节点自身的故障, 包括硬件和软件的故障, 使故障节点的上游和下游的链路中断;
- (3) 节点的主动关闭, 包括人为关闭或能耗殆尽关闭, 使得节点的上游和下游链路中断。

3.2 下两跳节点信息的保存

改进的本地修复要求在路由表项中不仅保存节点的下一跳节点, 也保存下两跳节点。改进的目的是, 在本地修复时, 若修复节点认为断开链路属于第 3 种故障, 可以选择建立到达下两跳节点的路由。

3.3 改进的RREQ分组

传统 RREQ 是单目的地址的, 即修复节点以它的下游节点或数据分组的目的节点作为路由建立的目的地址。新的本地修复技术采用改进的 RREQ, 分组中不仅包括下游节点(下一跳或下两跳节点)地址, 而且包括数据分组的目的地址。修复节点在小范围内广播 RREQ, 既可以尝试建立到达下游节点的路由, 也可以搜索到达数据分组目的节点的路由。

4 实施方案

假设节点 D 即将主动关闭, D 在一跳范围内广播 RERR, 其中的不可达节点地址设为 D 的 IP 地址, 本文把这种 RERR 称为故障通知分组。邻居节点 C 收到故障通知分组, 设置链路 CD 为第 3 种故障; 若 CD 断开时 C 未收到故障通知分组, 则认为链路发生第 1 种或第 2 种故障。基于链路故障的本地修复技术的实施方案如下:

(1) 改进的本地修复包括 2 次本地修复过程: 修复节点发起第 1 次本地修复过程, 对于第 3 种链路故障, 以下两跳节点和数据分组的目的节点作为路由建立的目的地址, 对于另外 2 种链路故障, 以下一跳节点和目的节点作为路由建立的目的地址。第 1 次本地修复采用小范围 RREQ 广播。

(2) 如果第 1 次本地修复成功, 修复节点更新路由表并转发缓存的分组; 如果失败, 修复节点发起第 2 次本地修复过程, 这个过程和 AODV 本地修复相同, 即以数据分组的目的节点作为路由建立的目的地址, 采用大范围 RREQ 广播。

(3) 如果第 2 次本地修复成功, 修复节点更新路由表并转发缓存的分组; 如果失败, 修复节点广播 RERR 通告链路断开。

5 典型实例

基于链路故障的本地修复过程如图 1 所示。

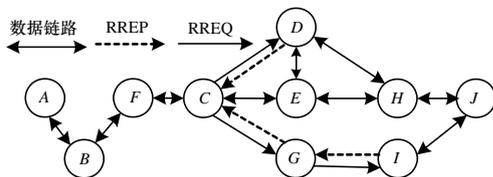


图 1 基于链路故障的本地修复过程

网络中有一条路由 $(ABFCEHJ)$, 假设分别出现 3 种链路故障:

- (1) 节点 C 和节点 E 的相对移动造成链路 CE 断开;
- (2) 节点 E 发生异常故障造成链路 CE, EH, DE 断开;
- (3) 节点 E 主动关闭, E 广播故障通知分组, C 收到后设置链路 CE 的故障类型。

基于链路故障的本地修复过程如下:

(1) 在一段时间内(下游节点信息在故障发生后的一段时间内有效), C 收到目的地址为 J 的数据分组, 相应路由已失效, 因为 C 到 J 的距离小于或等于 C 到 A 的距离, 满足 AODV 本地修复条件, C 进行本地路由修复。

(2) C 发起第 1 次本地修复过程, 在小范围内广播 RREQ, 若下游链路 CE 属于第 1 种或第 2 种故障, C 以下一跳节点 E 和数据分组的目的节点 J 作为路由建立的目的地址; 若 CE 属于第 3 种故障, C 以下 2 跳节点 H 和数据分组的目的节点 J 作为路由建立的目的地址。

(3) 节点 J 或有到达 J 路由的 I 收到 RREQ, 将返回 RREP; D 收到 RREQ, 若它有到达 J 的路由, D 返回 RREP, 否则, 执行步骤(4)。

(4) 若 CE 属于第 1 种故障, 如果 D 有到达 E 的有效链路, D 返回 RREP, 且 D 在路由表中新建一条路由, 以 J 为目的节点, E 为下一跳节点; 若 CE 属于第 2 种故障, 则 D 到 E 的链路也已断开, D 不能返回 RREP; 若 CE 属于第 3 种故障, 如果 D 有到达 H 的有效链路, D 返回 RREP, 且 D 在路由表中新建一条路由, 以 J 为目的节点, H 为下一跳节点。

(5) C 收到 RREP 后更新路由表并转发缓存的数据分组, 本地修复过程结束。

(6) 若第 1 次本地修复失败, C 发起第 2 次本地修复过程, 在大范围内广播 RREQ, C 以目的节点 J 作为路由建立的目的地址, 对 3 种链路故障的第 2 次本地修复过程是相同的。

(7) 若第 2 次本地修复失败, C 广播 RERR, 通知其他节点链路 CE 已断开。

6 仿真分析

本文采用 NS2 仿真软件评估基于链路故障的本地修复技术。网络中随机分布 50 个节点, 分布区域为 $1500\text{ m} \times 300\text{ m}$, 采用 Random Waypoint 移动模型, 节点在区域内随机选择一个目的地, 以最大 10 m/s 的速度移动至该地, 停留一段时间后, 随机选择下一个目的地移动。网络最大会话数为 20, 采用 CBR 流量模型, 按每秒 4 个数据分组, 每个分组 512 Byte, 无线传输采用 IEEE 802.11b 协议, 传输速率 2 Mb/s , 传输半径 250 m 。每次仿真生成 5 个不同的场景模型, 统计性能参数的平均值, 每次仿真时间为 600 s 。

为了模拟实际网络中节点状态的变化, 仿真中的节点在一定的概率下随机发生状态变化, 包括节点的启动、关闭和异常故障, 节点异常故障产生第 2 种链路故障, 节点关闭产生第 3 种链路故障, 节点间的相对移动产生第 1 种链路故障。节点故障率为仿真中发生异常故障和正常关闭的节点占总节点数的比例。

对采用改进本地修复技术的 AODV 和传统 AODV 分别进行仿真, 统计路由建立时间和控制分组开销。路由建立时间为所有成功的路由建立所用的平均时间; 控制开销比为累计的控制分组开销与成功发送的数据分组的比值。

6.1 节点移动性对性能的影响

仿真 1 设定节点故障率为 20%, 其中异常故障节点占 20%, 正常关闭节点占 80%, 通过调整节点最大停留时间来反映网络拓扑的变化程度, 如图 2、图 3 所示。

改进的本地修复在不同的网络拓扑变化环境下的性能均优于 AODV 的本地修复, 路由建立时间平均减少了约 7%, 控制开销比平均降低了约 20%。

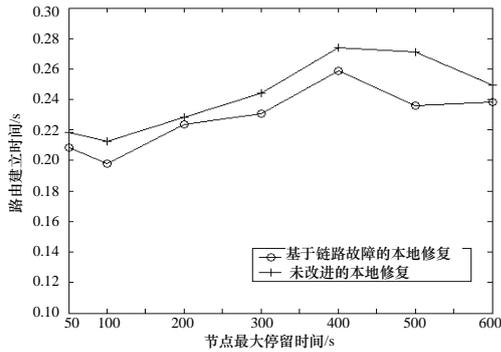


图2 仿真1的路由建立时间曲线

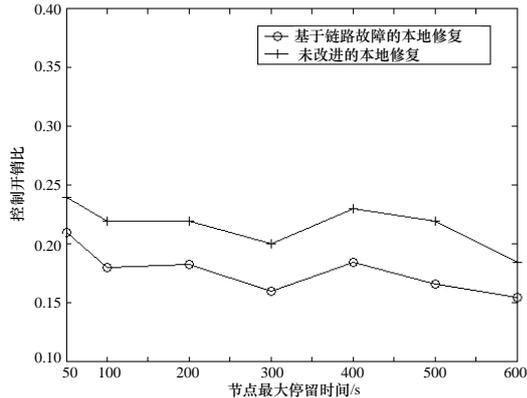


图3 仿真1的控制开销比曲线

6.2 节点故障率对性能的影响

仿真2 设定节点最大停留时间为 50 s, 通过调整节点故障率来反映网络内链路故障的发生情况, 如图 4、图 5 所示。

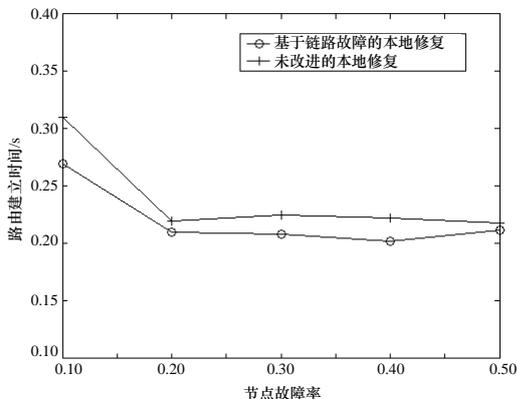


图4 仿真2的路由建立时间曲线

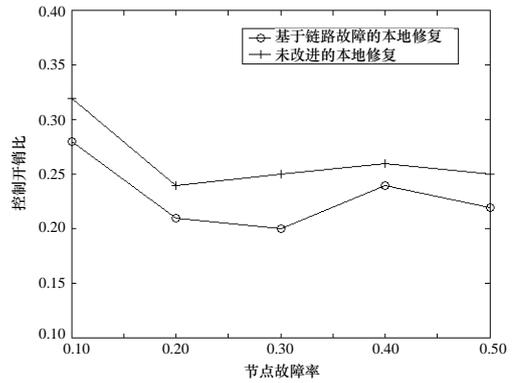


图5 仿真2的控制开销比曲线

改进的本地修复在不同的故障环境下的表现优于 AODV 的本地修复, 路由建立时间平均减少了约 11%, 控制开销比平均降低了约 16%。

7 结束语

为有效降低路由建立时间和控制开销, 本文提出一种基于链路故障的本地修复技术, 与已有技术不同的是, 它关注节点状态, 在本地修复时对不同的链路故障采用不同的修复方法。仿真结果表明, 改进的本地修复能有效地提高网络性能, 更适应实际网络的需要。未来的研究主要是在现有基础上考虑更多的路由协议性能指标, 包括端到端时延、时延抖动等, 同时简化路由算法, 提供更完整的路由修复技术。

参考文献

- [1] Corson S, Macker J. Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations[S]. RFC 2501, 1999.
- [2] 洪锡军, 车克南, 张 激. 无线自组网路由协议研究[J]. 计算机工程, 2005, 31(8): 105-107.
- [3] Perkins C, Royer E, Das S. Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing[S]. RFC 3561, 2003.
- [4] 郑相全, 郭 伟, 李 帆. 自组网 AODV 路由协议中断链修复的改进[J]. 电子科技大学学报, 2003, 32(5): 569-573.
- [5] 卢 昊, 郭 伟. 保存下两跳节点策略在 AODV 路由算法中的应用[J]. 计算机科学, 2005, 32(4): 110-112.

编辑 顾姣健

(上接第 93 页)

参考文献

- [1] Vahdat K, Becker D. Epidemic Routing for Partially Connected Ad hoc Networks[R]. Durham NC, USA: Duke University, Tech. Rep.: CS-200006, 2000.
- [2] Li Qun, Rus D. Sending Messages to Mobile Users in Disconnected Ad-hoc Wireless Networks[C]//Proc. of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. Boston, MA, USA: 2000: [s. n.], 44-55.
- [3] Shah R, Roy S, Jain S, et al. Data Mules: Modeling a Three-tier Architecture for Sparse Sensor Networks[C]//Proc. of the 1st IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications. Anchorage, AK, USA: [s. n.], 2003.

- [4] Somasundara A, Ramamoorthy A, Srivastava M. Mobile Element Scheduling for Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks with Dynamic Deadlines[C]//Proc. of the 25th IEEE International Real-time Systems Symposium. Lisbon, Hidalgo County, New Mexico, USA: [s. n.], 2004.
- [5] Bektas T. The Multiple Traveling Salesman Problem: An Overview of Formulations and Solution Procedures[J]. Omega, 2006, 34(3): 209-219.
- [6] Toth P, Vigo E. The Vehicle Routing Problem[M]. Philadelphia, PA, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2001.

编辑 金胡考

