

移动Ad hoc网络中改进的动态源路由算法研究

苗建松¹, 孙丹丹², 丁 炜¹

(1. 北京邮电大学继续教育学院 北京 海淀区 100876; 2. 北京邮电大学电子工程学院 北京 海淀区 100876)

【摘要】实时多媒体业务的普及使得提供QoS保证成为移动自组网研究的热点问题。然而移动节点的自由移动和拓扑动态变化,经常造成已经建立的路径断开而需重构路由,造成通信中断和较大的时延与抖动。该文提出了一种改进的动态源路由协议,采用链路状态探测的方法,找到一条最稳定的路径并在通信过程中实时监测路径状态变化,及时进行软切换,有效降低通信中断的概率,从而提供服务质量保证。

关键词 动态源路由; 移动自组网; 路径稳定性; 服务质量
中图分类号 TP393.1 **文献标识码** A

Improved Dynamic Source Routing Algorithm in Mobile Ad hoc Networks

MIAO Jian-song¹, SUN Dan-dan², DING Wei¹

(1. School of Continuing Education, Beijing University of Posts and Telecommunications Haidian Beijing 100876;
2. School of Electronic Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications Haidian Beijing 100876)

Abstract With the popularization of real time multimedia services, how to provide quality of service (QoS) support has become a hot point of mobile Ad hoc network (MANET) researches. However, the established path is often disconnected because of the mobility of nodes and dynamic topology. In this paper, an improved dynamic source routing protocol is proposed. This routing protocol tries to find a stable path between source and destination, and supervise the state of path by real time link detection to reduce the probability of communication discontinuity and provide QoS support by soft path switching.

Key words dynamic source routing; mobile Ad hoc network; path stability; quality of service

移动Ad hoc网络(mobile Ad hoc networks, MANET)^[1]是由一组移动节点组成的多跳临时性自治系统,具有组网灵活、费用低廉等优点,在军用无线通信领域及一些民用领域受到广泛关注。由于移动Ad hoc网络具有节点移动和拓扑动态变化等特点,路由问题一直是研究的热点。在实际应用中,经常会因为节点的移动使得正在通信的路径断裂而需要重构路由,造成通信中断等影响。本文引入了跨层设计的思想,结合物理层相关信息辅助路由发现,提出一种改进的动态源路由算法,从多条路径中选择稳定性最强的路由进行通信,从而减小路径断裂的概率,更好地保证服务质量。

1 算法原理

在有线网络中,路由协议总是致力于在源节点

和目的节点找到一条最短路径。因为最短路径可提供最小的端到端时延,但却很少考虑路径的稳定性问题。对于动态的移动Ad hoc网络,最短路径却不一定是最优路径。

图1所示,ABCDE是源节点A和宿节点E之间的最短路径,但是中间节点都趋于分布在节点传输范围的边缘,节点的少许移动便可导致链路断开,因此最短路径相当脆弱,这种现象称为边缘效应。链路断开后需要重新泛洪启动路由发现过程,造成较长时间的通信中断,给实时多媒体业务服务质量造成严重不良影响^[2-7]。

基于这一点,本文引入路径稳定性因子(path stability factor, PSF),在路由建立的过程中,从满足快速服务(quality of service, QoS)要求的多条路径中选择稳定性最强的路径,而不是最短路径,从而减小路径断裂的概率;同时在通信过程中,实时监

收稿日期: 2006-04-29; 修回日期: 2006-09-16

基金项目: 国家自然科学基金(60372101)

作者简介: 苗建松(1978-),男,博士,讲师,主要从事宽带通信网、移动自组织网络方面的研究;孙丹丹(1978-),女,博士,讲师,主要从事移动自组织网络方面的研究;丁 炜(1935-),男,教授,主要从事宽带通信网方面的研究。

控路径稳定性因子的变化,当路径在即将发生断裂的过程中,及时建立新的稳定路由,实现通信软切换。

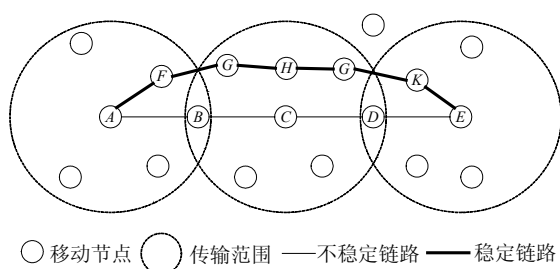


图1 边缘效应

在移动Ad hoc网络中,节点间通过无线信道通信,当发送节点向接收节点发送信息时,接收节点能否正确收到信息取决于其接收的信噪比: $SNR = P_r / P_n$ 。其中, P_r 为接收信号功率; P_n 为噪声功率。定义链路稳定性因子: $LSF = SNR / SNR_{thd}$,其中, SNR_{thd} 为信噪比阈值。当 $SNR > SNR_{thd}$ 时,能正确接收信息,链路正常;否则,链路断开。

对于一个源目节点对 $w=(s,d)$ 之间的一条路径 $p_{s,d} = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ 存在 n 条链路,则定义该路径的稳定性因子 $PSF_{s,d} = \min\{LSF_i\}$, $l_i \in p_{s,d}$ 。其中, LSF_i 为 l_i 上的链路稳定性因子,即路径稳定性因子PSF为路径上各链路稳定性因子(link stability factor, LSF)的最小值。同时,在移动Ad hoc网络中,随着跳数的增加,端到端吞吐率会明显下降^[8-9],尤其是对于面向连接的TCP业务。所以在保证稳定性的前提下选择跳数较少的路径,引入路由判据 $W=PSF/Hop_cont$,其中,PSF和Hop_cont分别为一条路径的稳定性因子和跳数。当返回多条路径信息时,根据 W 进行排序缓存,并选择 W 值最大的一条路径进行通信。

2 算法实现

2.1 路由发现

改进算法基于动态原路(dynamic source routing, DSR)按需路由协议^[1],当源节点 S 与目的节点 D 要进行通信时,先查询路由缓存,若没有找到满足QoS要求的路由,则启动路由发现过程,向网络泛洪一个QoS路由请求分组SRREQ,其中SRREQ分组内各个域信息为:

- Source_node//源节点;
- Destination_node//目的节点;
- Sequence_ID//序列号(唯一标识该请求分组);
- Packet_type//分组类型为SRREQ;

Node_list//路径中节点列表;

PSF//路径稳定性因子,逐跳改变为最小的LSF;

Hop_cont//跳数(每转发一次加1);

TTL//生存时间。

当某个节点收到一个SRREQ分组时,若满足:

- (1) 该节点不是目的节点;
- (2) 该节点不在Node_list中;
- (3) 该节点没收到过该分组,主机将自己的地址加入到路由请求消息的源路由序列中,同时将分组中的路径稳定性因子PSF与当前接收链路的LSF比较,并将较小的LSF写入分组中的PSF域。即保证分组中的PSF域是一条路径中所有链路稳定性因子的最小值,并将Hop_cont加1,将该QRREQ分组转发给邻近的节点。若不满足(2)、(3)任意一条,丢弃该请求分组。若不满足(1),即该节点为目的节点 D ,发送路由确认消息SRREP给源节点 S ,确认分组中包含该路径中的节点序列、路径稳定性因子PSF。

若在路由发现过程中,源节点 S 收到多条路径的路由确认消息SRREP,计算各条路径上的 w 值,并选择 w 最大的路径进行通信,同时把剩余路径按照 w 大小进行缓存,留作备用路由。

2.2 路由维护

在源节点 S 与目的节点 D 进行通信过程中,通过带内信令的方式传递路径稳定性信息。即在IP分组的可选项中加入一个稳定性因子PSF域,该域初始化为一个很大的值,每经过一跳便将该域与节点中保存的输入链路稳定性因子LSF进行比较,选择其中较小的值置于分组中的该域中,从而始终保证该域为路径上链路稳定性因子的最小值。

源节点收到数据分组后,可以根据分组中携带的路径稳定性因子PSF来判断该路径的稳定性状态,从而快速地跟踪节点移动造成的拓扑和链路状态变化。当路径稳定性因子逐渐减小接近1时,说明路径中存在即将断裂的链路,此时源节点及时从备用路由中选择一条较稳定的路径,通过软切换,将流量转移到新路径上,防止链路断裂引起通信中断造成的时延和抖动,提高通信质量。

在该协议中,每个移动节点维护一张与相邻节点的链路稳定性状态表(link stability state table, LSST),表中每个表项由三个字段构成: {Node_ID, LSF, Time}。其中,Node_ID为相邻节点的ID标识(IP或MAC地址);LSF为链路稳定性因子;Time为LSF产生时刻。通常情况下,LSF由两个节点通信数据或交换控制信息的信噪比SNR计算得到,当该链路上较长时间没有数据交换时,启动定时器TIMER

向周围邻近节点广播HELLO_LSF_REQ分组。邻近节点收到该分组后, 向该节点回应一个HELLO_LSF_REP分组, 从而计算得到与邻近节点链路的稳定性因子LSF。

对于通信源节点 S 缓存的多条路径信息, 选择稳定性较强的2~3条路径, 设计定时器, 定期发送PATH_STATE_REQ分组到目的节点 D 来刷新当前链路资源及稳定性信息, 目的节点收到该分组后回应PATH_STATE_REP确认分组。这样可以保证缓存中的路径信息不会过时, 当通信路径将要断裂时, 及时切换到备用路由。

3 性能分析

3.1 仿真环境

本文采用了NS2进行仿真, 50个移动节点随机分布在 $1\ 000\text{ m} \times 1\ 000\text{ m}$ 区域内的移动Ad hoc网络中, 节点的有效带宽为 2 Mb/s , 无线传输范围 250 m , 移动速度为 $1\sim 10\text{ m/s}$ 之间变化。通信中两个节点随机选取, 采用CBR(Constant Bits Rate)应用数据, 包长 512 B , 发包速率为 400 包/s , 每次仿真执行时间为 600 s , 每组实验重复20次, 取其平均进行比较。

3.2 仿真分析

该仿真将改进算法与DSR协议分别进行了分组传送成功率、时延抖动、路由协议开销性能参数的比较。

图2给出了分组传送成功率随节点移动速度加快的影响。随着节点移动速度的增加, 传输链路断裂的概率增加, 从而导致了分组传送成功率的下降。比较发现, 改进算法比DSR协议能获得更高的分组传送成功率。因为改进算法一方面考虑了路径稳定性, 所建立的路径比较稳定, 断裂的概率较小; 另一方面通过实时监测链路状态变化, 在链路完全断开之前, 已经将流量转移到备用路径上, 从而提高了分组传送成功率。

图3给出了时延抖动受节点移动速度的影响。当节点移动速度加快时, 由于路径断开而需要重构路由的概率增加, 从而导致时延抖动增加。从图中可以看出, 改进算法的时延抖动明显低于DSR协议。

图4给出了路由控制开销随节点速度变化的影响。当节点移动速度较慢, 即网络拓扑相对稳定时, 由于改进算法增加了一些链路稳定性监控信息, 其路由开销略大于DSR协议。但随节点移动速度增加, 其路由开销明显小于DSR协议, 主要是由于节点速度增大后链路频繁断裂, 路由由重构过程中泛洪产生

大量路由开销。

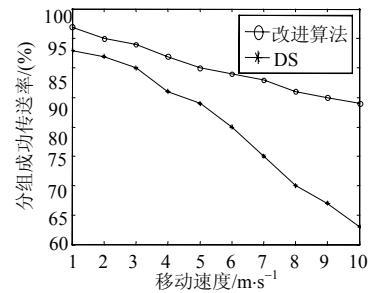


图2 分组成功传送率

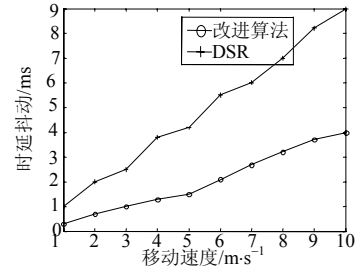


图3 时延抖动

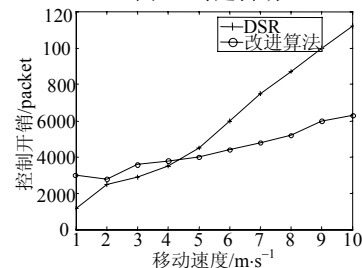


图4 控制开销

4 结束语

本文针对移动Ad hoc网络拓扑动态变化的特点, 引入跨层设计思想, 提出了改进的动态源路由算法。该算法在路由建立过程中找到一条较稳定的路由, 并在通信过程中实时监测链路状态变化, 在链路断开之前, 及时将流量切换到备用路由, 从而降低由于链路断裂造成通信中断的概率。仿真结果表明该协议能有效减少通信中断概率, 提高分组传送成功率、减小端到端时延抖动, 提高通信质量。

参考文献

- [1] WU Kui, HARMS J. QoS support in mobile Ad hoc networks[J]. Crossing Boundaries an Interdisciplinary Journal, 2001, 1(1): 92-106.
- [2] LIAO W H, TSENG Y C, SHEU J P, et al. A multi-path QoS routing protocol in a wireless mobile Ad hoc network[C]//Proc of IEEE ICN'01: Int'l Conf on Networking, Part II. Berlin: Springer, 2001.
- [3] LI Xin, XUE Xiao-ping. QoS routing optimal algorithm in Ad hoc networks based on link existent time[J]. Computer Application, 2005, 25(10): 2621-2263.

- [4] ZHU Chen-xi, CORSON M S. QoS routing for mobile ad hoc networks[J]. Infocom, 2002, 6(2): 958-967.
- [5] HU Y C, JOHNSON D B. Caching strategies in on-demand routing protocols for wireless ad hoc networks[C]//Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking (MOBICOM). New York: ACM Press, 2000.
- [6] GOMATHY C, SHANMUGAVEL S. Supporting QoS in MANET by a fuzzy priority scheduler and performance analysis with mixed traffic fuzzy systems[C]//FUZZ '05.

- The 14th IEEE International Conference. [S.l.]: IEEE, 2005.
- [7] 英 春, 史美林. 自组网环境下基于QoS的路由协议[J]. 计算机学报, 2001, 24(10): 1026-1033.
- [8] 沈 晖, 石冰心, 邹 玲, 等. 一个自组网中基于局部状态位置已知的分布式QoS路由算法[J]. 通信学报, 2004, 25(10): 58-66.
- [9] 陈瑞亮, 代春阳, 高传善. 基于行动预测的支持移动自组网QoS的路由方案[J]. 计算机工程, 2004, 30(2): 121-123.

编辑 税 红

(上接第85页)

$$T(\nabla) = \nabla * f_1 * f_2 * \dots$$

式中 * 代表矢量代数中允许的乘; f_1, f_2, \dots 代表标量函数或矢量函数。

(3) 在式(6)或式(12)中,只能含有一个 ∇ 符号。

最后,可以得到由式(12)来赋值的矢量符号表达式的直接定义如下:

含有至少一个矢量,在矢量代数中具有确定意义的积表达式中有一个且仅有一个矢量被矢量符号代替后所得到的结果,称为矢量符号表达式。

2.4 双矢量符号表达式的赋值问题

对于含有两个(或以上)矢量符号的表达式来说,无论是式(6)或式(8)都是不能直接应用的。

2.5 应用式(6)的另一种限制

式(6)的最佳应用范围是单符号单函数表达式,其应用延伸是由此推出的三个算符,则可以任意组合(符合矢量代数运算规律)导出各种复杂表达式结果。

2.6 三个基本算符的命名问题

利用式(6)三种可能单符号单函数积形式表达式,文献[8]推出了三个新的算符表达式(8)~(10)。第一个(梯度)算符与吉布斯原来的算符意义是不完全相同的,它可适用于一般曲线坐标系,可以用一个新的符号表示,如记作 ∇ ,只是在笛卡尔坐标系

情形下与吉布斯算子一致。三个基本算符表达式构成一个完整的体系,可以称为戴算符或吉布斯-戴算符。建议在Microsoft office 的公式编辑器中加入这三个符号。

参 考 文 献

- [1] 方能航. 矢量, 并矢分析与符号运算[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 宋文淼. 矢量偏微分算子, 现代电磁理论的数学基础[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] TAI C T. Another matter of history [J]. Antenna and Propagation Magazine, 1991, 33(1): 21-26.
- [4] TAI C T. Generalized vector and dyadic analysis[M]. New York: IEEE Press, 1992.
- [5] TAI C T. Dyadic green functions in electromagnetic theory[M]. 2nd. New York: IEEE press, 1993.
- [6] 戴振铎. 矢量分析新论[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2000, 40(2):1-4.
- [7] 徐鹏根. 电磁场理论中的符号矢量方法[J]. 武汉大学学报(自然科学版), 1997, 43(1): 99-106.
- [8] 戴振铎, 鲁 述. 电磁理论中的并矢格林函数[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [9] SHENG Ke-min, XUE Zheng-ting, TANG Jin-sheng, et al. Some problems and suggestions to symbolic vector method and some defenses for symbol[J]. Applied Mathematics and Mechanics, 2000, 21(5): 603-606.

编辑 税 红