

Ad Hoc 网络多播路由协议研究进展分析

李 群

(IT 信息中心 东风悦达起亚汽车有限公司,江苏 盐城 224002)

摘 要:基于 Ad Hoc 网络的特殊性,固定网络中已有的多播路由协议已经难以有较好的适应度,怎样在移动无线自组织网络中实现效率较高的多播路由已成为一个极具挑战性的问题。分析了移动无线自组织网络中多播路由协议所具有的问题以及相应的设计要求;详细阐述了现有的移动无线自组织网络多播路由协议,并对该网络中不同多播路由的方法进行了分析和比较;对移动无线自组织网络中的多播路由协议的使用进行了总结。

关键词:移动自组织网络;多播;路由;协议

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)02-0186-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.02.046

Analysis for Progress of Multicast Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks

LI Qun

(Department of IT, Dongfengyueda-KIA Auto Company, Yancheng 224002, China)

Abstract:For the specificity of Ad Hoc network, multicast routing protocols in fixed network have been unable to use in Ad Hoc network. How to realize multicast routing protocols effectively in Ad Hoc networks becomes a challenging problem. Analyze the problems and corresponding requirements which are faced by the multicast routing protocols in Ad Hoc network. Expound the existing multicast routing protocols in Ad Hoc network, and analyze and compare the different methods of multicast routing. Make a summary for the use of multicast routing protocols in Ad Hoc networks.

Key words:Ad Hoc; multicast; routing; protocol

0 引 言

网络中路由的多播^[1]传输方式是一点(或多点)对多点的分组传输方式。多播传输方式与传统的点对点通信方式比较,它可以减轻网络和服务器的负载,具有较好的传输性能。基于 Ad Hoc 网络(无线自组网)的特殊性,固定网络中已有的多播协议已难以适应,怎样在 Ad Hoc 网络中实现效率较高的多播已成为一个挑战性的问题。目前一些典型的 Ad Hoc 多播路由协议已经被提出了,总体而言,这些协议要么是基于距离向量的,要么是基于链路状态的,其统一的目标都是最小化控制开销,最小化网络负载,最大化路由范围,维护动态拓扑和避免路由环路。文中在分析了 Ad Hoc 网络中多播路由协议所具有的问题之后,详细阐述和比较了现有的 Ad Hoc 网络中多播路由协议,为今后进一步的研究奠定了基础。

1 Ad Hoc 网络多播路由协议面临的问题

在无线自组网中,移动节点通常以组工作的方式来完成工作,多播传输是提高其工作效率的重要方式。由于无线自组网的独特特征,传统网络的多播路由不能有效在无线自组网中运行,主要包括以下几个方面:

(1) Ad Hoc 网络拓扑结构动态变化,组成员会频繁地发现、维护和更新路由,这增加了协议的额外开销。

(2) Ad Hoc 网络没有固定的基础设施,所有的节点都得进行路由信息的更新与存储。

如图 1 所示,Ad Hoc 网络多播路由协议该解决的问题有:新成员的加入、组成员的退出、组成员的移动、参与节点的移动等。

洪泛法是在 Ad Hoc 网络中提供多播路由的一个简单方式,所有收到数据包的节点会向它的一跳节点

邻居节点直接广播这个包,依此方式,数据包将被传送到整个网络。在高速移动的无线自组网中洪泛法是一个较可靠的多播路由协议,但是因为大量重复数据包被传输,进而引起 MAC 层较多的包冲突,会形成不少的额外开销^[2]。

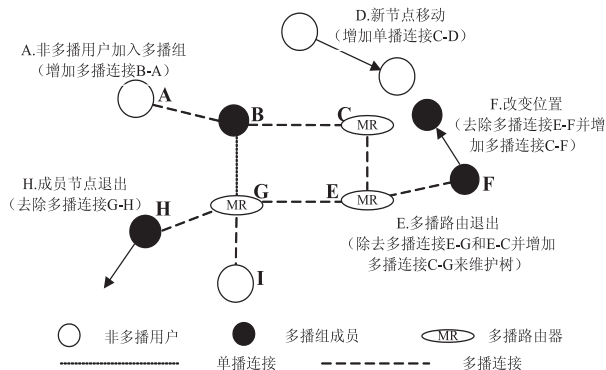


图1 Ad Hoc 网络多播路由问题

无线移动自组网的多播路由协议不仅需要减小控制开销与重复分组,还需要满足一些新的要求,如下所示:

(1) 健壮性要求:由于频繁变化的网络拓扑结构,必须能够快速应变以便减少路由环路的生产,给出方便简单的网络节点定位法。

(2) 功能性要求:由于网络中节点能够自由地加入或退出多播组,需要动态地维护多播组。

(3) QoS^[3] 要求:对于不同的业务需求,都能尽量提供教优的服务。

(4) 可扩展性要求:使用简单的层次形成方法,尽量避免全局的洪泛。

(5) 可靠性^[4] 要求:多播传输方式应具有较好的可靠性,以便避免丢失大量数据包。

2 Ad Hoc 网络多播路由协议分类与比较

为了比较和分析多播路由协议,合理的分类方法是必要的。一个好的分类方法可以让研究者和设计者很容易地理解不同协议所具有的不同特征和相互间的联系。

2.1 基于树、网格和混合的多播路由协议

从多播方式的拓扑结构来分类,主要分为基于网格的多播路由、基于树的多播路由和混合的多播路由协议。其中基于网格的多播路由协议,有 CAMP、ODMRP^[5]、CQMP 和 BODS 等。在 Ad Hoc 网络中有很多的多播路由协议。在 Ad Hoc 网络中的多播路由协议,多播组的成员节点间有冗余的路径,并形成网状结构。网状结构中的节点,一些是多播组的成员节点,一些只是转发多播数据包。

依据生成树方式的不同,基于树的多播路由可分

为两种:一种是多播组成员节点共享同一棵多播树,如 AMRIS、MAODV^[6]、AMRoute 等;一种是基于源节点的树,每个源节点都有一棵多播树,该多播树以自己为根,并连接多播组中所有的成员节点,如 ABAM^[7] 等。前者有较好的扩展性、较小的存储开销,但因为对源节点的改变反应较慢,所以其路径并非最优;后者优点是源节点到其他成员节点的路径都是最短的、通信量分散,缺点是难以扩展,具有较大的开销。

基于树的多播路由协议效率高,但由于无线自组网拓扑结构动态变化,树的结构较易被破坏,必须依据网络的变化不断地重建树,所以对树结构的维护有较大的开销,进而使得其健壮性不好。基于网格的多播路由具有较好的鲁棒性,不必因少数的链路失效而对多播网结构重新配置,但网状结构使得转发的控制消息开销和网络负载有所增加。

混合多播路由协议是在综合考虑了基于树和基于网的多播路由协议的优缺点的基础上提出来的,相对于以上两种协议,它具有更好的鲁棒性和有效性。使用混合的多播路由协议,多播数据可以通过不同的传输路径到达接收者,且不必太在意网络中节点的移动性。像 EHRMP^[8] 协议就是混合多播路由协议的典型实例。

2.2 先应式和反应式多播路由协议

根据节点路由信息的获取和维护方式不同,可以将多播路由分为先应式和反应式两种。在先应式多播路由协议中,每个节点周期性地广播路由分组,并交换路由信息,维护一张具有到达网络中任何节点路由信息的路由表。一旦节点有分组发送,在路由表中可以立即得到目的节点的路由。但是,每个节点都维护一张整个网络拓扑的路由表,会增加网络负载和控制开销。像 CAMP^[9]、LGT 和 AMRIS 是该种路由协议的典型代表。

反应式多播路由协议又叫做按需多播路由协议,如 ACMP^[10] 和 CQMP 等。倘若一个节点需要发送数据,却没有路由信息到达其目的节点,此时,路由协议发起路由发现过程用以实现一条到达目的节点的路由。和先应式路由协议相比,其具有更好的扩展性。但是,源节点可能会因为不能迅速找到一条数据转发路径而延迟较长的时间。

2.3 层次和基于位置的多播路由协议

大部分的多播路由协议为了研究和计算的方便,假定移动节点在物理层具有平面结构。但是这种平面的网络结构不能适应移动节点个性化的需求,当在一个网络环境中,各个移动节点扮演着不同的角色,具有不同的能力和完成不同的功能时,就要求路由协议能适应这种变化。因此,学者们提出了层次多播路由协

议,不同的层次完成不同的功能,且具有很好的扩展性,适合用于大规模 MANET 网络。例如,HQMRP^[11]在每一层建立一个多播结构,用于多播消息的有效传递;SOM 协议可以自动组织等级多播结构。

在基于位置的多播路由协议中,通过 GPS、蓝牙或其他的位置定位系统可以很容易得到想要的移动节点的位置信息。每个节点根据 GPS 或其他定位系统决定自己的位置。在每一个转发节点路由根据邻居信息和目的地址决定转发路径。这一类的多播路由协议有 LGF^[12]、LGT 和 SPBM 等。

2.4 基于 QoS 的多播路由协议

大部分传统的多播路由协议设计的目标是最小化网络负载或者最小化传输数据包的跳数。但是当考虑到 QoS 时,有些协议可能会因为资源匮乏,严重的计算负载或不能得到当前全局的网络状态等而带来不便。QoS 多播路由协议不仅要寻找一条源到目的的路由,还要满足端到端的 QoS 保障,像带宽或延迟等。和其他的网络环境相比,由于移动节点的移动,在 MANET 中提供 QoS 保障要相对困难得多。QMRP^[13]是一个基于 QoS 的多播路由协议。

2.5 基于能效的多播路由协议

因为 MANET 网络是由一组节点自组织,无基础设施的网络环境,且节点自身都是靠自身有限的电源来供电,当一个节点因为能量耗尽可能会给整个网络的性能带来巨大的影响。因此,为 MANET 网络设计一个能量限制的多播路由协议,尽可能地延长节点的生存时间和网络的生存时间是很有必要的。其中,基于能效的多播路由协议有 MWIA^[14]和 D-MIDP 等。

2.6 可靠的多播路由协议

在 Ad Hoc 的网络环境中,由于采用无线链路传输和节点的移动,数据传送过程中会很容易丢失,这就降低了多播路由的可靠性和有效性。因此,对于 MANET 网络可靠多播路由协议是一种新的挑战。可靠的多播路由协议取决于三点:

- (1)检测到节点错误;
- (2)通告错误消息;
- (3)重传出错分组。

在发送方初始化方案中,发送方负责检测出错节点。接收方发送 ACK 消息通告出错信息,当发送方收到 ACK 消息时,就通过单播的方式向接收方重传丢失掉的数据分组。当多个接收方均未收到数据分组时,发送方会使用多播的方式重传丢失分组。在接收方初始化方案中,每一个数据接收者负责检测出错信息,为了确保每个数据包都能传送到目的地,接收方一旦检测到错误,就会发送一个 NACK 消息。如果多播数据报用序列号作为时间戳,丢失的数据报可被很容易地

检测出来。当使用发送方初始化方案,仅仅是数据发送者负责丢失数据的重传,该方法叫做面向发送的重传机制。值得注意的一点是,当发送方收到所有接收者的 ACK 消息时,相关的数据可以从历史数据库中移除。可靠的多播路由协议有 EraMobile、BEMA 和 ReM-Hoc 等。

2.7 覆盖多播路由协议

基于覆盖网络的多播路由协议和其他路由协议具有明显的不同之处,即在用户的端系统的应用程序中实现具有多播功能的模块,其控制信息和用户信息传送数据是通过使用隧道机制实现。使用覆盖多播的好处是,由于其将多播功能从核心路由器转移到端系统(网络层转移到应用层)中,无需改变现有的 IP 网络基础设施,易于部署和实现。

在 PAST-DM 协议中,它通过周期性地更新网络层的链路状态来维护虚拟的网格结构,并使用基于源的 Steiner 树算法来建立上层的基于源的树结构。这两个特点在某种程度上可以让它避免冗余链路。其虚拟多播网的构造和 AMRoute 相似,所有的节点周期性地交换各自的 GroupReq 消息来保证到邻居节点链路的有效性。在 OBAMP 协议中,在网络层,通过使用 Steiner 树算法来建立树结构,在虚拟的网络层,即在多播成员节点间,引入了 boruvka 算法来生成最小生成树,用于多播数据分发树。使用这两种手段,大大提高了 OBAMP 协议的有效性并降低了网络负载及延迟。由于覆盖多播不关心网络层的物理链路,在带来方便的同时也存在着一些问题,即有效性。

3 结束语

Ad Hoc 网络最具挑战性、最主要的工作就是设计高效的、自组织的路由协议。在典型的无线自组网应用中,移动节点完成给定任务通常以组工作方式进行,多播传输方式是提高其工作效率的主要途径。然而,基于无线自组网的特殊性,传统网络中现有的多播协议的适应性都不好,怎样在无线自组网中实现多播已经成了一个挑战性很强的问题。文中就目前的无线自组网多播路由协议进行综述,给出了多播路由协议所具有的问题以及相应的设计要求,对现有的无线自组网多播路由协议进行了分析和对比,为进一步研究 Ad Hoc 网络多播路由协议奠定了基础。

参考文献:

- [1] 郭引娣. MANET 节能多播路由协议的研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2011.
- [2] 倪云竹,李志蜀,刘一静. 基于蚁群遗传算法的 QoS 多播路

私保护进程,明确界定隐私保护范围,最大限度地保护用户隐私,同时重视对用户权利保护的细化规定,实行用户权利告知和投诉制度。此外,应加大对侵害用户隐私权的惩罚力度,促进相关机构重视对用户信息隐私权的保护。

5 结束语

文中关于隐私保护的讨论并不是法律意见,而是总结了当前相关机构关于智能电网隐私保护问题的探讨,并提出了自己的见解和解决这些问题的相关建议。

智能电网是一个不断发展新技术、服务与传统的解决方案和组织相结合的实体结构。随着智能电网的发展,必将有新的隐私威胁、脆弱性和相关的风险^[13]出现。随着智能电网的扩大和成熟,隐私的冲击和影响将发生改变,关于智能电网隐私的探讨将会进一步加深。

参考文献:

[1] Xiao Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of electric power systems, 2009,32(9):1-4.

[2] Li Xinyuan, Wei Wei, Wang Yuhong, et al. Study on the de-

velopment and technology of strong smart grid[J]. Power system protection and control, 2009,37(17):1-7.

[3] 梅绍组. 网络与隐私[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

[4] 周汉华. 个人信息保护前言问题研究[M]. 北京:法律出版社,2006.

[5] 马 特. 英美法中的个人隐私保护[J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2010,24(10):92-97.

[6] Warren S D, Brandeis L D. The right to privacy[J]. Harvard law review, 1890,4(5):193-220.

[7] Westin A F. The right to privacy[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1967:25-37.

[8] Schoeman F D. Philosophical dimensions of privacy[M]. Cambridge: Cambridge Univ Press, 1984:33-35.

[9] Rezgui A, Bouguettaya A, Eltoweissy M Y. Privacy on the Web: Facts, challenges, and solutions[J]. IEEE security & privacy, 2003,1(6):40-49.

[10] NIST. Guidelines for smart grid cyber security: Vol. 2, privacy and the smart grid[R/OL]. 2010. http://csrc.nist.gov/publications/nistir/ir7628/nistir-7628_vol2.pdf.

[11] 刘振亚. 智能电网知识读本[M]. 北京:中国电力出版社, 2010.

[12] 刘振亚. 智能电网技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2010.

[13] 高培明, 侯新华. 智能化发展给电网带来的风险与防控对策[J]. 能源技术经济, 2011,23(7):60-66.

由研究[J]. 计算机应用研究, 2011,28(10):3865-3868.

[3] 向 阳, 李腊元, 杨利平, 等. 基于 Ad Hoc 的 QoS 多播路由协议研究[J]. 计算机工程与应用, 2006,27(10):147-150.

[4] 高中山, 张晓洁. 多播协议中拥塞控制的可靠性研究[J]. 华北电力大学学报, 2006,33(4):88-92.

[5] 张文斌, 潘广贞, 黄玉飞, 等. 基于 ODMRP 的稳定路由协议 LB-ODMRP[J]. 微电子学与计算机, 2013,30(4):111-114.

[6] 陆小三, 周 颢, 赵保华. 基于 MAODV 无线 Mesh 网多播路由协议的优化[J]. 电子技术, 2011,38(4):7-9.

[7] Chai-Keong T, Guillermo G, Santithorn B. On-demand associativity-based multicast routing for ad hoc mobile networks (ABAM)[C]//Proc of 52th IEEE VTS vehicular technology conference. [s. l.]:[s. n.], 2000:987-993.

[8] Biswas J, Barai M, Nandy S K. Efficient hybrid multicast routing protocol for ad-hoc wireless networks[C]//Proc of 29th annual IEEE international conference on local computer networks. [s. l.]:[s. n.], 2004:180-187.

[9] 王婷婷. 基于发布订阅的多播路由协议关键技术研究

[D]. 北京:北京邮电大学, 2009.

[10] Kaliaperumal B, Ebenezer A, Jeyakumar. Adaptive core based scalable multicasting networks[C]//Proc of INDICON. [s. l.]:[s. n.], 2005:198-202.

[11] Li L, Li C. A hierarchical QoS multicast routing protocol for mobile ad-hoc networks[J]. Chinese journal of electronics, 2006,15(4):573-577.

[12] Latiff L, Aliand A, Ooi C. Location-based geocasting and forwarding (LGF) routing protocol in mobile ad-hoc network[C]//Proc of advanced industrial conference on telecommunications/service assurance with partial intermittent resources. [s. l.]:[s. n.], 2005:536-541.

[13] Sun B L, Li L Y. A QoS-based multicast routing protocol in ad-hoc networks[J]. Chinese journal of computers, 2004(10):1402-1407.

[14] Lau K S, Pao D. Tree-based versus gossip-based reliable multicast in wireless ad-hoc networks[C]//Proc of 3rd IEEE consumer communications and networking conference. [s. l.]:[s. n.], 2006:421-425.

(上接第 188 页)

Ad Hoc网络多播路由协议研究进展分析

作者：[李群, LI Qun](#)

作者单位：[IT信息中心 东风悦达起亚汽车有限公司, 江苏 盐城, 224002](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

ISTIC

年, 卷(期):[2014\(2\)](#)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201402047.aspx