

无线移动 Ad Hoc 网络的路由技术研究

Research of the Routing Techniques in Wireless Mobile Ad Hoc Networks

桂 超 (武汉湖北经济学院计算机与电子科学系 430205)

孙宝林 (武汉理工大学计算机学院 430070)

王 虹 (武汉湖北经济学院计算机与电子科学系 430205)

摘要:无线移动 Ad Hoc 网络(MANET)作为可移动分布式多跳无线网络,没有预先确定的网络拓扑或网络基础设施以及集中控制。为了在如此的网络中促进通信,路由技术主要用于在节点之间发现路径。Ad Hoc 网络路由协议的主要目的是在网络拓扑的动态变化下任意两个节点之间建立一个使得通信总费用和带宽耗费最少的正确和有效的通信路径。在这篇论文中,论述了无线 Ad Hoc 网络的特性、问题和技术,并通过不同的标准对存在的一些路由协议进行分类和比较。

关键词:路由协议 无线通信 Ad Hoc 网络

1 概述

无线移动 Ad Hoc 网络(MANET)是指一组带有无线收发装置的移动节点组成的一个多跳的临时性的自治系统。整个网络没有固定的基础设施,也没有固定的路由器,所有节点都是移动的,动态变化的网络拓扑结构,并且都可以以任何方式动态地保持与其他节点的联系。使得无线移动 Ad Hoc 网络可以广泛应用于军事领域、自然灾害、科学考察、探险、交互式演讲、共享信息的商业会议、紧急通信等等领域。在这种环境中,每一个节点都具有终端和路由的功能,它们要完成发现和维持到其他节点路由的功能,如此,路由就成为网络中从一个节点传输数据到另一个节点的核心问题。然而,无线网络有其特殊的局限性和属性,如有限的带宽、高动态的拓扑结构、链路干扰、链路的有限范围以及广播等特性。

2 Ad Hoc 网络的特点

Ad Hoc 无线网络是一种移动通信和计算机网络相结合的网络,一方面,网络的信息交换采用了计算机网络中的分组交换机制;另一方面,用户终端是可以移动的终端。在 Ad Hoc 无线网中每个用户终端都兼有路由器和主机两种功能。因此,无线网络的路由协议不能直接利用有线网络的路由协议来设计和实现。

动态拓扑结构:在 Ad Hoc 无线网中,网络的拓扑结构可能随时发生变化,而且这种变化的方式和速度难以预测。



图 1 无线移动 ad hoc 网络

有限的传输带宽:Ad Hoc 无线网采用无线传输技术作为通信手段,其相对于有线信道具有较低的容量。

移动终端的局限性:Ad Hoc 无线网中的用户终端(如笔记本和手持终端,车载计算机等)虽然具有灵巧、便携的特点,尤其是每个主机都兼作路由器的作用,所以对路由选择协议的要求就很高。

分布式控制:Ad Hoc 无线网中不存在中心控制点,用户终端的地位平等,网络路由协议通常采用分布式控制方式,因而要求比中心结构网络具有更强的鲁棒性和抗毁性。

多跳通信:由于无线收发机的信号传输范围的限制,Ad Hoc 网络要求支持多跳通信。这种多跳通信也

带来了隐藏终端、暴露终端和公平性等问题。

安全性:移动无线网络由于采用无线信道、有限电源、分布式控制等原因,容易受到安全性的威胁,如窃听、电子欺骗和拒绝服务等攻击手段。

3 路由协议的分类

移动无线 Ad Hoc 网络的路由协议可以根据不同的分类原则,从多个角度加以分类:

3.1 表驱动路由与需求路由

目前国际上根据路由发现策略的角度将无线移动 Ad Hoc 网路由选择协议分为两大类:表驱动路由选择协议和按需路由选择协议。

表驱动路由选择协议也称为主动路由协议或预计算路由协议。在表驱动路由选择协议中,由于每个节点在本地都必须保留反映这个网络最新变化的路由表,因此当网络拓扑变化时,必须将包含路由变化的报文传播给各节点,以便获得一致的最新网络路由。这类的路由选择协议通常是通过修改现有的有线路由选择协议来适应 Ad Hoc 无线网的要求。它的优点是当节点需要发送数据分组时,只要去往目的节点的路由存在,所需的延时很小。缺点是表驱动路由需要花费较大的开销,尽可能使得路由更新能够紧随当前拓扑结构的变化。然而,动态变化的拓扑结构可能使得这些路由更新变成过时信息,路由协议始终处于不收敛状态。表驱动路由选择协议有:目的地序列距离向量协议(DSDV)、无线路由协议(WRP)、群首网关交换路由协议(CGSR)等等。

按需路由选择协议也称需求路由协议,按需路由选择协议与表驱动路由协议相反,按需路由选择协议认为在动态变化的 Ad Hoc 网络中,没有必要维护去其他所有节点的路由。按需路由协议通常由路由发现和维持两个过程组成。其过程为:当一个源节点发送一个分组到目的节点,它首先发现一个或多个路径到目的节点,发现路径后,源节点开始沿这条路径向目的节点传输分组。在传输分组期间,路径可能会发生断开的情况(如有的节点离开了或下线了),断开的路径需要重新建立,这就是通常所说的路由维护。它的优点是采用按需发起路由请求的机制而不用周期性地广播路由信息分组,只有节点需要路由时才建立路由,通信过程中维持路由,通信完毕就不再维持路由,从而有

效地节约了网络资源。缺点是发送数据分组时,如果没有去往目的节点的路由,数据分组需要等待因路由发现引起的延时。如:基于需求的 Ad Hoc 距离向量路由协议(AODV)、临时预定路由算法(TORA)、联合路由协议(ABR)、动态源路由协议(DSR)等等。

3.2 周期更新与事件驱动更新

路由信息需要传输到网络节点以便保证链路状态和网络拓扑的更新。当路由信息被传输时,协议可以用周期更新和事件更新来更新路由信息。

周期更新协议周期性地传输路由信息。周期更新将简化协议和维持网络稳定性,更重要的建立节点掌握网络拓扑和网络的状态。然而,如果更新周期比较大,周期更新协议不能保持信息更新。另一方面,如果更新周期比较小,太多的路由信息分组将传输,从而将耗费无线网络的宝贵带宽。周期更新的协议有:DS-DV、WRP、CGSR 等等。

在一个事件驱动更新协议中,当事件发生时(例如当链路失败或新链路出现时),一更新路由信息分组将立即在网络中被广播并且对链路状态进行更新。问题可能是如果网络拓扑变化迅速,大量的更新路由信息分组将产生并且在网络中传输,从而占用无线 Ad Hoc 网络中宝贵的带宽,此外,还可以引起路径的波动。一个较好的解决办法是使用一些阈值。事件驱动更新的协议有:TORA、DSR 等等。

3.3 平面结构与层次结构

路由协议的设计思想和网络逻辑结构密切相关,从网络逻辑结构的角度,路由协议又可以分为平面结构和层次结构。

在平面结构中,在网络中的所有节点都在同一水平位置并且节点的地位是平等的。优点是不存在特殊节点,路由协议的鲁棒性好,交通流量平均地分散在网络中,路由协议没有移动性管理任务,此类协议主要用在小型网络中,平面结构路由是简单而且是有效的。问题是当网络变得很大时,路由信息的卷将是很大的并且路由信息到达边缘节点时将花费很长的时间。这些结构有:TORA、AODV、DSDV、ABR、DSR、WRP 等等。

对于大的网络,层次结构(基于簇)路由可以被用来解决上面的问题。在层次结构的网络中,簇成员的功能比较简单,不需要维护复杂的路由信息,这大大减少了网络中路由控制信息的数量,因此具有很好的可

扩充性。由于簇头节点可以随时选择产生,层次结构也具有很强的抗毁性。层次结构的缺点是:维护分级结构需要节点执行簇头选择算法,簇头节点可能会成为网络的瓶颈。这些结构有:CGSR 等。

3.4 分散计算与分布计算

基于路由是如何计算的,可以将路由协议分为:分散计算和分布计算。

在一个分散的基于计算协议中,网络中的每个节点需要维持网络拓扑的全部和完全的信息,这时,当节点需要发送分组到目的节点时就能计算所需要的路径。

在一个分布的基于计算协议中,在网络中的每个节点仅仅维持网络拓扑的局部和本地的信息。当一条路径需计算时,许多节点合作进行路径计算,在 DVR 的路径计算和按需路由的路径发现就属这种类型。

3.5 单路径与多路径

一些路由协议从源节点到目的节点之间将发现和维护一条路径,这种协议称为单路径协议。另一些路由协议则可以从源节点到目的节点之间将发现和维护多条路径,这种协议称为多路径协议。多路径协议对

于路径失败、路径断开等将容易发现多种路径来恢复分组的传输,从而使多路径协议具有更高的可靠性和鲁棒性,而且,多路径协议还能从多个路径中选择一条最好的路径进行分组的传输,多路径协议只有当所有路由都失败时,才按需发起路由请求过程,从而降低了路由请求频率、分组等待延时和协议开销。它本质上是用高的内存复杂度换取低的通信复杂度。

4 一些无线移动 Ad Hoc 路由协议的比较

上面从不同的角度讨论了无线移动 Ad Hoc 网络路由协议的分类原则的各类协议的特征。表 1 用不同的参数对目前存在的部分无线移动 Ad Hoc 网络路由协议进行比较,这些协议是:

- (1) 目的节点序列距离向量协议(DSDV);
- (2) 群首网关交换路由协议(CGSR);
- (3) 无线路由协议(WRP);
- (4) Ad hoc 按需距离向量路由协议(AODV);
- (5) 动态源路由协议(DSR);
- (6) 临时预定路由算法(TORA);
- (7) 联合路由(ABR)。

表 1 一些路由协议的比较

参数	DSDV	CGSR	WRP	AODV	DSR	TORA	ABR
存储复杂性	$O(N)$	$O(2N)$	$O(N \times A)$	$O(Dd)$	$O(D)$	$O(Dd \times A)$	$O(D + A)$
时间复杂性	$O(D)$	$O(D)$	$O(D)$	$O(2D)$	$O(2D)$	$O(2D)$	$O(D + Z)$
控制分组大小	$O(N)$	$O(N)$	$O(N + A)$	$O(Dd)$	$O(D)$	$O(1)$	$O(D)$
通信复杂性	$O(N)$	$O(N)$	$O(N)$	$O(2N)$	$O(2N)$	$O(2N)$	$O(N + Y)$
多播能力	否	否	否	Yes	否	否	否
路由计算	主动/分布式	主动/分布式	主动/分布式	被动/广播请求	被动/广播请求	被动/广播请求	被动/广播请求
结构	平面	分层	平面	平面	平面	平面	平面
路径	单路径	单路径	单路径	多路径	多路径	多路径(有向无环图)	单路径
路径重新配置方法	N/A	N/A	N/A	删除路由,通知源节点	删除路由,通知源节点	链路返回,路径维护	局部广播请求
更新周期	混合的	周期的	混合的	事件驱动路由维护	事件驱动路由维护	事件驱动	周期/事件驱动路径重构
更新信息	距离向量	簇的成员表,距离向量	距离向量,需求列表	路由误差	路由误差	节点的调度值	节点响应/路由误差
方法	广播	广播	广播	单播	单播	广播	广播/单播
路由度量选择	最短路径	最短路径	最短路径	最近 & 最短路径	最短路径	最短路径	联合 & 最短路径 & 其他
安全机制	否	否	否	否	否	否	否

注:表 1 中一些符号的意义为:

N: 一个网络的总节点数	A: 调整节点(邻居)的平均数
D: 网络直径(节点之间的最大距离)	Y: 通过 REPLY 分组的有向路径的节点数
Z: 通过 REPLY 分组的有向路径的直径	Dd: 最大需求目的数

5 MANET 的发展趋势

MANET 是一种新颖的移动计算机网络的类型,它既可以作为一种独立的网络运行,也可以作为当前具有固定设施网络的一种补充形式。其自身的独特性,将赋予其具有巨大的发展前景。

IETF 的 MANET 小组一直致力于 MANET 路由算法的研究和标准化工作,但该项工作非常艰巨,首先要制定路由协议的评价标准,然后对每一个路由协议进行基于模拟或实验平台的分析测试,最后找出最优路由协议。由于 MANET 应用环境的多样性,导致了不同的应用环境追求不同的性能。在军事应用中,就比较关心系统的抗毁性、隐蔽性和保密性;而在无线会议系统中,则更注重端到端的时延和吞吐量。从上面对路由协议的分类研究中可以看到,不同类型的路由协议具有其自身的优缺点,从而适应不同的网络环境。所以那种希望有一种路由算法可以比较好地解决所有 MANET 路由问题,成为 MANET 的标准路由协议是不现实的。一个理想的 MANET 的路由协议应当从以下几个方面进行考虑:分布式运行、提供 QoS 保证、支持组播功能、提供无环路由、按需进行协议操作、对单向信道的支持、提供节能策略、可扩展性、安全性。

参考文献

- 1 Sun Baolin, Chen Hua, Li Layuan. A Reliable Multicast Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks [C]. Proceedings of 16th International Conference on Computer Communication: (ICCC2004), September 15 - 17, Beijing, China, 2004, 1123 ~ 1129.
- 2 Sun Baolin, Li Layuan, Ma Jun. A Multicast Routing Optimization Algorithms With Bandwidth and Delay Constraints Based on GA [C]. 2004 International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science (DCABES 2004), September 13 - 16, Wuhan, China, 2004, 186 ~ 191.
- 3 孙宝林、李腊元、徐巍, 基于 QoS 多播路由技术研究 [J], 计算机工程与应用, 2004, 40(17): 164 ~ 167.
- 4 孙宝林, 无线移动 Ad Hoc 网络的路由技术研究 [J], 武汉科技学院学报, 2003, 16(4): 35 ~ 39.
- 5 Elizabeth M. Royer and C. K. Toh, A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks [J], IEEE Personal Communications Magazine, 1999, (4): 46 ~ 55.
- 6 C. -C. Chiang, H. K. Wu, W. Liu, and M. Gerla, Routing in Clustered Multihop Mobile Wireless Networks with Fading Channel [C], Proceedings of IEEE SICON'97, 1997, (4): 197 ~ 211.
- 7 S. Murthy and J. J. Garcia - Luna - Aceves, An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks [J], ACM Mobile Networks and Applications Journal, Special Issue on Routing in Mobile Communication Networks, 1996, (10): 183 ~ 197.
- 8 Josh Broch, David A. Maltz, David B. Johnson, Yih - Chun Hu and Jorjeta Jetcheva, A Performance Comparison of Multi - Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols [C], Proceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Dallas - Texas, 1998, (10): 25 ~ 30.