

# MANET 中基于代理的 Internet 网关发现机制

杨盛波, 卢汉成, 洪佩琳, 张浩

(中国科学技术大学电子工程与信息科学系, 合肥 230027)

**摘要:** 针对大规模、高动态的移动 Ad Hoc 网络环境, 提出一种基于代理的 Internet 网关发现机制(PGDIS)。PGDIS 从移动节点中自动选举出代理网关, 由 Internet 网关周期性地向代理网关发送网关公告消息。移动节点可以通过最近的代理网关建立通往 Internet 网关的路由。仿真结果表明, PGDIS 在保持较高数据包投递率的前提下降低了传输延时。

**关键词:** 移动 Ad Hoc 网络; Internet 网关; 网关发现

## Proxy-based Internet Gateway Discovery Mechanism in MANET

YANG Sheng-bo, LU Han-cheng, HONG Pei-lin, ZHANG Hao

(Dept. of Electrical Engineering and Information Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

**【Abstract】** Aiming at the environment of large-scale and high dynamic Mobile Ad Hoc Networks(MANET), this paper proposes a Proxy-based Internet Gateway Discovery mechanism(PGDIS). In PGDIS, proxy gateways are elected from mobile nodes automatically, and receive advertisement messages from the Internet gateway periodically. Each mobile node is able to establish the route to the Internet gateway through its nearest proxy gateway. Simulation results show that PGDIS can reduce packet transmission delay while keeping relatively high packet delivery ratio.

**【Key words】** Mobile Ad Hoc Networks(MANET); Internet gateway; gateway discovery

### 1 概述

由于移动 Ad Hoc 网络(Mobile Ad Hoc Networks, MANET)<sup>[1]</sup>具有自组织、不依赖网络基础设施、能快速组网等优点, 因此受到越来越多的重视。随着研究与应用的深入, 人们试图将 MANET 接入 Internet。在未来 4G 无线通信体系结构中, 各种接入系统都将连接到基于 IP 的 Internet, 形成一个公共、灵活、可扩展的网络平台, 从而为用户提供广泛的网络服务。MANET 作为新兴网络技术, 将成为上述平台的重要组成部分。因此, 有必要使其具备接入 Internet 的能力。

MANET 是一个无线多跳网络, 与传统 Internet 存在很大差异, 包括地址结构、路由算法和策略等。为克服上述差异给两者互连带来的不利影响, 需要引入一个中间实体, 即 Internet 网关, 从而在 Internet 和 MANET 之间提供透明的数据转发服务。使 MANET 中的网络节点快速可靠地发现网关是将 MANET 接入到 Internet 的关键<sup>[2-3]</sup>。

### 2 Internet 网关发现机制

现有 Internet 网关发现机制<sup>[4]</sup>按网关信息公告区域的大小分为先验式(proactive)、反应式(reactive)和混合式(hybrid), 其运行机制如图 1 所示。

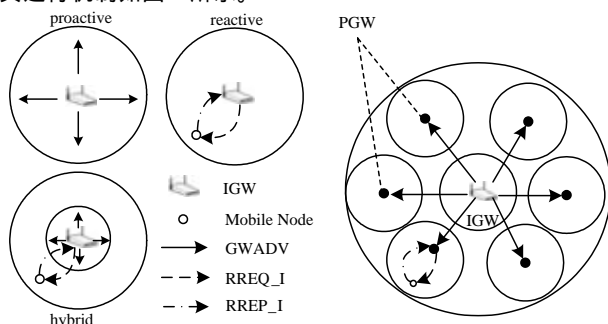


图 1 3 种现有网关发现机制和 PGDIS 的运行机制

在先验式网关发现机制中, Internet 网关(Internet Gateway, IGW)周期性地在整个 MANET 中泛洪网关公告消息(Gateway Advertisement, GWADV), 因此, 每个节点都掌握了网关信息, 且通往网关的路由得到实时更新。先验式网关发现机制的延时小, 但由于要周期性地广播网关公告, 因此其开销较大。

在反应式网关发现机制中, 当移动节点有接入到 Internet 的需求时, 广播网关请求消息(RREQ\_I), Internet 网关收到该消息后向移动节点单播一个包含自己信息的应答消息(RREP\_I), 并沿途建立通往移动节点的路由。反应式网关发现机制的开销小, 但存在较大接入延时。

混合式网关发现机制结合了以上 2 种机制的优点。在该机制中, 网关只在选定区域内广播网关公告消息, 区域外的节点使用反应式网关发现机制。

在保证数据包投递率的情况下, 如何尽可能地降低网关发现延时并维持一定路由开销是各种网关发现机制的关键问题。混合式在先验式和反应式两者之间进行折中, 当网络规模不大时, 能获得较高性能。但随着网络规模的增大, 若网关公告区域随之扩大, 则该机制将失去在路由开销方面的优势。若网关公告区域保持不变, 则很多位于公告区域外的节点将使用反应式网关发现, 将导致较大 Internet 接入延时。随着节点移动性的增加, 上述 3 种网关发现机制的性能会出现较大幅度的下降。因此, 有必要开发适用于大规模、高动态网络环境的 Internet 网关发现机制。

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60602018); 安徽省自然科学基金资助项目(070412048); 国家大学生创新性实验计划基金资助项目(USTC2007-38)

**作者简介:** 杨盛波(1985 -), 男, 学士, 主研方向: 计算机网络; 卢汉成, 讲师、博士; 洪佩琳, 教授、博士生导师; 张浩, 学士

**收稿日期:** 2009-04-16 **E-mail:** hclu@ustc.edu.cn

### 3 基于代理的 Internet 网关发现机制

由于要接入到 Internet 的移动节点随机分布于整个 MANET 中, 因此若能减少其到网关的相对距离, 就能有效提高网关发现的性能。在混合式网关发现机制中, 距离网关一定跳数范围的所有节点都将周期性地接收到网关公告消息, 并更新通往网关的路由。如果能将此类节点散布到整个 MANET 中, 就会形成一个以网关为中心“大岛”、周边分布若干“小岛”的结构。“海洋”中的移动节点只要就近到达一个“岛屿”, 就能获得网关信息, 通往网关路由随之建立。基于上述思想, 本文提出基于代理的 Internet 网关发现机制 (Proxy-based Internet Gateway Discovery mechanism, PGDIS)。

图 1 给出了 PGDIS 的网络结构。在其中引入了代理网关 (Proxy Gateway, PGW) 的概念, Internet 网关周期性地向 PGW 发送网关公告消息, 相当于把混合式网关发现机制中的网关公告区域内的节点分散到了整个网络。若移动节点需要接入 Internet, 则反应式地发起网关发现过程。与传统方式不同, 代理网关成为网关发现的目标, 因此, 极大地缩小了发现范围, 降低了网关发现带来的 Internet 接入延时。

在 PGDIS 中, 关键是如何确定代理网关。最简单的方法是指定 MANET 中的某些节点为代理网关, 但此方法缺乏灵活性, 不能适应网络环境的动态变化。因此, 本文提出一种动态分布式的代理网关选举算法。若将移动节点视为顶点, 将节点间的链路视为边, 则整个 MANET 构成一张图, 代理网关即图中在其局部区域内拥有最大度的顶点。当出现多个相邻顶点均拥有最大度的情况时, 引入额外的参数 (如节点移动速度、节点标识 (ID) 等) 作进一步比较与选择。

代理网关选举算法使用了 3 个选举定时器 (编号分别为 1, 2, 3), 定时器的超时时间间隔根据具体网络环境设置, 其处理流程如下:

(1) 选举定时器 1 超时后 (或节点初始化时), 每个移动节点在一跳范围内广播自身信息, 包括节点 ID、IP 地址、移动速度等, 并接收邻居节点信息。经此过程, 每个节点都掌握了邻居节点的数量及其相应的 ID、IP 地址和移动速度等信息。

(2) 选举定时器 2 超时后 (超时时间应保证完成第 1 轮一跳范围内的信息交换), 每个节点广播自己的邻居节点数目。通过第 2 轮信息交换, 每个节点掌握了各自邻居的邻居节点数目信息, 得到如表 1 所示的邻居信息表。

表 1 邻居信息表

	自身	邻居 1	...	邻居 n
邻居节点数	$N_0$	$N_1$	...	$N_n$
移动速度	$V_0$	$V_1$	...	$V_n$

(3) 选举定时器 3 超时后 (超时时间应保证完成第 2 轮一跳范围内的信息交换), 每个节点发起代理网关选举过程, 分为以下 3 种情况: 1) 如果  $N_0$  不是其中的最大值, 则该节点失去当选资格, 不再进行其他比较与操作, 否则执行 2)。2) 如果  $N_0$  是其中唯一的最大值, 则该节点当选为代理网关, 否则执行 3)。3) 如果  $N_0$  和  $N_x, N_y, \dots$  均为相同的最大值, 则比较移动速度。如果  $V_0$  最小, 则该节点当选为代理网关, 如果  $V_0$  和其他多个邻居的移动速度具有相同的最小值, 则比较它们的 ID。若该节点 ID 最小, 则当选为代理网关。在其他情况下, 该节点失去当选资格。

### 4 性能评估

性能评估利用网络仿真工具 NS2<sup>[5]</sup> 进行, 在 MANET 中

采用 AODV 路由协议<sup>[6]</sup>, 并对其进行修改, 以支持移动节点到 Internet 的接入。实现并比较先验式、反应式、混合式和 PGDIS 4 种网关发现机制的性能。

#### 4.1 仿真场景设置

仿真网络分为固定网络和 MANET 2 个部分, 它们之间通过一个网关 (位于仿真区域中心) 相连, 如图 2 所示。在固定网络中设置 6 个固定节点, 分别为 1 个路由器及其连接的 5 台固定主机。有线链路带宽均为 100 Mb/s, 延时为 1.80 ms。在 MANET 中, 无线链路使用 802.11, 带宽为 2 Mb/s, 移动节点的运动模式设置为随机漫游, 暂停时间设置为 5 s。仿真使用恒定比特速率的业务, 数据传输速率为 8 Kb/s。

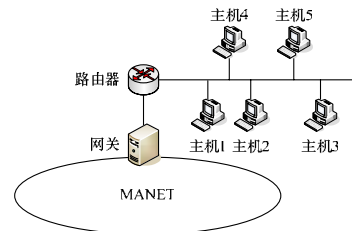


图 2 仿真网络拓扑图

通过设置不同仿真区域大小、移动节点数量、最大移动速度以及发起到固定网络连接的移动节点数量, 产生如表 2 所示的 3 种仿真场景。每次仿真时间为 600 s, 混合式网关发现机制的公告区域设置为 3 跳。

表 2 仿真场景参数

参数	场景 1	场景 2	场景 3
仿真区域大小/ $\text{m}^2$	$800 \times 800$	$800 \times 800$	$1\ 600 \times 1\ 600$
移动节点数	15	60	60
最大速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	10	10	20
连接数	5	20	20

在仿真过程中, 使用数据包投递率、数据包平均延时和控制消息开销来衡量网关发现机制在不同场景下的性能。其中, 数据包投递率定义为接收数据包和发送数据包的比值; 数据包延时定义为数据包接收时间和发送时间的差值, 单位为 s。

#### 4.2 仿真结果和分析

由图 3 可以看出, 在各种仿真场景下, MANET 中的移动节点在与固定网络进行通信时的数据包投递率随着网络规模和移动性的增加而降低。PGDIS 的数据包投递率在高移动性环境下逐渐接近其他机制, 当最大移动速度为 20 m/s 时, 其投递率超过反应式网关发现机制。

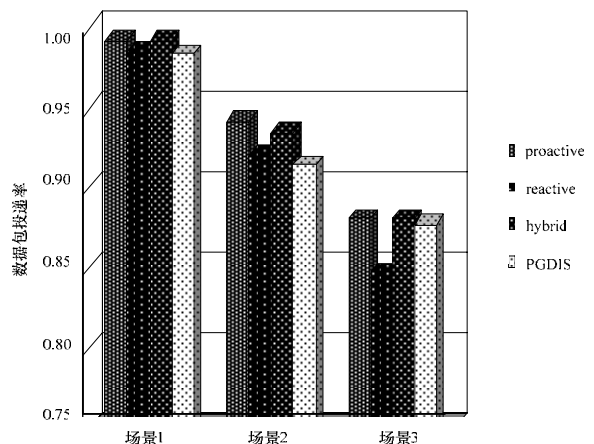


图 3 4 种发现机制的数据包投递率

由图 4 可以看出,当网络规模扩大、移动性增加时,PGDIS 的数据包平均延时较低。在场景 2 中,PGDIS 保持了与先验式和混合式网关发现机制几乎相同的数据包投递率,且数据包平均延时最小。

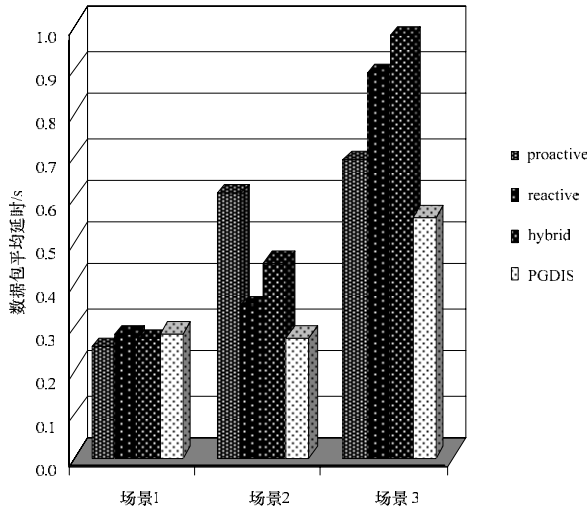


图 4 4 种发现机制的数据包平均延时

由于 PGDIS 将代理网关散布在 MANET 网络中,因此延时性能优于反应式和混合式。与先验式网关发现机制相比,PGDIS 的延时性能仍然具有较大优势,尤其在移动性增加时,其原因如下:代理网关邻居数较多、移动性较低,较低的移动性使其到网关的路由更可靠。而在先验式网关发现机制中,节点选择到网关的路由时,未考虑移动性因素,一般选择跳数最小的路由,该策略导致当网络移动性增加时,路由变得很不稳定,需要频繁重建,因此,引入了更大延时。

当网络规模扩大、移动性增加时,控制报文开销显著增加。PGDIS 引入了比其他网关发现机制更大的控制报文开销,如图 5 所示。

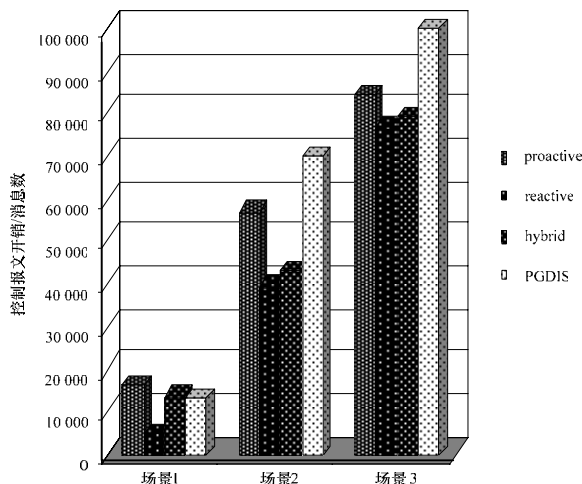


图 5 4 种发现机制的控制消息开销

图 6 给出了 PGDIS 控制报文的组成。其中,(1)表示路由请求消息(RREQ\_1);(2)表示路由应答消息;(3)表示网关公告消息;(4)表示自身信息广播消息;(5)表示邻居信息广播消息;(6)表示代理注册消息。消息(1)和消息(4)~消息(5)占有很大比例,消息(2)和消息(3)由于使用单播发送,因此只占总开销的很小部分。

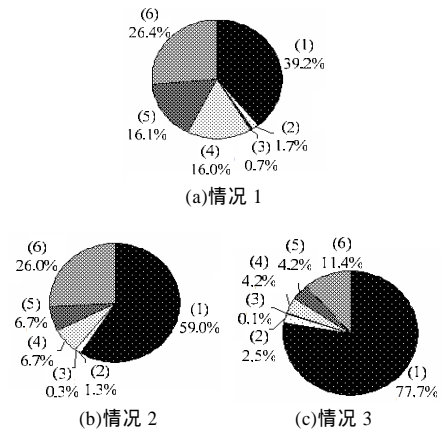


图 6 控制报文的组成

与其他网关发现机制相比,PGDIS 增加开销主要来自动态代理网关选举过程。在此过程中,每个节点需要广播自身和邻居节点的信息,导致网络中出现大量广播消息(虽然被限制在一跳范围内)。

综上所述,当网络规模扩大、移动性增加时,PGDIS 在所有网关发现机制中具有最好的数据传输延时性能,且保证了较高的数据包投递率,但带来了较大的控制消息开销。如何尽可能多地减少开销是 PGDIS 面临的重大问题。从代理网关选举的过程来看,代理注册消息占了很大比例,因此,可以考虑加强代理网关当选的条件,例如:提高最低邻居数,使低于该阈值的节点在局部区域内满足最大覆盖的要求时,仍然不能当选;提高移动性要求,规定当选的代理网关的移动速度必须小于某个阈值等,从而在一定程度上减少候选代理网关的数量,在不影响其他性能的前提下尽可能减少控制消息开销。

## 5 结束语

在 PGDIS 中,代理网关的选举引入了额外开销,当网络规模变大时,节点之间的信息交互和代理网关的注册将占用一定无线资源。因此,下一步工作将重点研究如何减少 PGDIS 的控制开销。

## 参考文献

- [1] Basagni S, Conti M, Giordano S, et al. Mobile Ad Hoc Networking[M]. [S. l.]: Wiley-IEEE Press, 2004.
- [2] Ammari H M. A Survey of Current Architectures for Connecting Wireless Mobile Ad Hoc Networks to the Internet[J]. International Journal of Communication Systems, 2007, 20(8): 943-968.
- [3] Park B, Lee Wonjun, Lee Choonhwa, et al. LAID: Load-adaptive Internet Gateway Discovery for Ubiquitous Wireless Internet Access Networks[C]//Proceedings of the International Conference on Information Networking. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2006: 349-358.
- [4] Ruiz P, Gomez-Skarmeta A. Adaptive Gateway Discovery Mechanisms to Enhance Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks[J]. Ad Hoc and Sensor Wireless Networks, 2005, 1(1): 159-177.
- [5] NS Workgroup. The Networks Simulator NS-2[Z]. [2009-01-05]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [6] Perkins C E, Belding-Royer E M, Das S. Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing[S]. IETF, RFC 3561, 2003.

编辑 陈 晖