

移动自组网与 Internet 互连的动态网关策略

赵金华¹, 刘宏伟¹, 宋远骏², 杨孝宗¹

(1. 哈尔滨工业大学计算机学院, 黑龙江哈尔滨 150001; 2. 总参通信部, 北京 100840)

摘要: 移动自组网 (MANET) 是自治的无基础设施的网络, 它通过 IP 路由支持多跳无线通信。它与 Internet 相比存在着许多差异, 不仅有网络拓扑结构的不同, 还存在通信方式的不同。因此, MANET 与 Internet 组合成混杂网络 (hybrid network) 是一个具有挑战性的课题。移动自组网 (MANET) 的结点要进行 Internet 连接, 就必须寻找 Internet 网关。如何寻找和维持与 Internet 网关的连接是这个问题的关键, 再者, 就是如何切换到一个更合适的相邻网关。在这篇文章中, 首次提出动态网关的概念, 动态网关作为 MANET 和 Internet 之间的接口起桥梁作用。通过模型分析, 证明动态网关体系结构适合于自组网与 Internet 互联。仿真结果显示, 利用动态网关的网络性能优于单一固定网关的体系结构的网络性能。

关键词: 自组网; internet 混杂网; 动态网关

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2006) 01-0005-06

The Dynamic Gateway Strategy for Internet Connectivity of MANET

ZHAO Jin-hua¹, LIU Hong-wei¹, SONG Yuan-jun², YANG Xiao-zong¹

(1. School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001 China;
2. Department of signal of headquarters PLA, Beijing 100840 China)

Abstract Mobile ad hoc networks (MANET) are autonomous infrastructureless networks that support multi-hop communication through IP routing. MANET and the Internet have many differences. These differences are not only the structure and topology of networks, but also communication patterns of nodes in both networks. Integrating MANET and the Internet into a hybrid network is a challenging problem due to these differences. In order to MANET node to possess Internet connectivity, it must be able to find an Internet gateway. This issue consists of how to find and maintain contact with Internet by gateway. Additionally, how to handover to a more suitable neighboring gateway is also related to this issue. In this paper, we propose the dynamic gateway concept that it acts as an interface between MANET and the Internet. With model analysis, it is proved that the dynamic gateway architecture is appropriate for ad hoc Internet connectivity. Our simulation results show that the performance of networks with dynamic gateways is superior to that of fixed gateway architecture.

Key words mobile ad hoc networks (MANET); internet hybrid networks; dynamic gateway

1 引言

自组网 (Ad hoc networking) 概念最初由 Perkins^[1] 提出, 即移动计算机 (或移动结点) 使用无线通信设备与其他移动计算机通信的网络。移动自组网 (Mobile Ad hoc Network - MANET) 是一种没有固定路由器的网络, 它是一群移动结点的集合, 形成自然、临时而没有任何基础设施和集中管理的网络, 每个结点既做主机又做路由器, 通过无线介质把数据包转发到其他结点。

现在, 大多数关于自组网方面的研究主要集中在自组网本身上, 而很少关注自组网与互联网 (Internet) 之间的互联。自组网与 Internet 互联后, 不能直接访问 Internet 资源的 MANET 结点可以共享 Internet 连接。

当前, MANET 与 Internet 连接的方案大多集中在附加网关上, 不同之处在于网关的设计、功能、数量和 MANET 中运行的路由协议。现存的方法只使用固定附加网关连接 MANET 结点到有线 Internet。本文提出一种全新的方法, 使用 MANET 中的运动结点作网关, 取消附加的

固定网关. 按距离、注册结点数、通信量的加权算法, 进行网关的动态优化选取.

移动自组网 (MANET) 与 Internet 结合形成一种混杂的网络环境, 使原本不能直接访问互连网的 MANET 结点共享 Internet 资源. MANET 与 Internet 主要在拓扑结构和通信协议上不相匹配. 我们所面对的问题是克服差异, 利用优点, 合二为一. 本文首次提出动态网关策略, 动态网关使用 Mobile IP^[2,3] 协议与 Internet 通信, 同时使用 Dynamic destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) 路由协议^[4] 在移动自组网内与 MANET 结点交互.

2 动态网关策略

2.1 动态网关

我们所选择的网关既是运动的, 网关的数量又是变化的, 且根据优选算法时而作为网关, 时而又变成普通 MANET 结点, 因此, 我们定义为动态网关. 动态网关具有以下优点. 第一, 取消附加网关, 减少系统的复杂度, 提高系统可靠性, 降低网络成本. 第二, 由于网关的运动使路由更新频繁, 新路由不断产生, 旧路由不断丢弃. 有利于数据交换, 提高网络性能. 第三, 网关数量的动态变化, 网关数量是系统根据访问 Internet 的 MANET 结点数量、位置、网关负载等网络环境动态变化, 消除拥塞, 数据畅通. 第四, 动态切换 (Handover) 网关和外部代理. MANET 结点根据网络环境变化自动切换到最优的网关上注册, 同样, 动态网关也能自动切换到最优外部代理上进行网络通信. 第五, 解决了多网关负载均衡的问题, 参考作者已发表的文献 [5, 6]. 第六, 动态网关是对等的 (peer to peer), 既无任何中心网关, 也无任何集中算法. 因此, 能适应自组网结点数量的变化. 第七, 任何 MANET 结点的 Internet 连接只能通过动态网关提供.

动态网关是能力较强的自组网 (MANET) 结点, 它比普通的 MANET 结点有更强功能且与外部代理只有一跳距离. 当网关与 Internet 通信时使用 Mobile IP 协议, 而在自组网内交互时又使用 DSDV 协议. 尽管有多个外部代理为 MANET 结点提供 Internet 连接, 但是没有一个是 MANET 结点知道它们, 这即所谓透明^[7,8]. 第一, 访问透明. MANET 结点不可能意识到哪一个外部代理向它们提供间接的 Internet 连接. 选择合适的外部代理并以透明方式为 MANET 结点请求提供服务是动态网关的主要任务. 第二, 位置透明. MANET 结点只关心与 Internet 的连接, 而不关心与哪一个动态网关交互. 第三, 移动透明. 动态网关能以透明方式从一个外部代理移动到另一个外部代理, 而不影响 MANET 结点. 例如, 当动态网关决定切换到一个更好的外部代理或者长时间不能连通当前外部代理时, 这种移动就发生了. 然而, 这种移动不会影响网关与 MANET 结点之间的交互.

为实现两网融合, 在任一时刻都至少应有一个网关存在. 首先考虑让每个 MANET 结点都作网关, 这种选择将提

供更多的 Internet 连接, 但是, 由于每个 MANET 结点不得不安装额外的网关程序, 使 MANET 结点更趋复杂. 其次考虑只有一个 MANET 结点作网关, 这种选择会出现单点故障, 由于 MANET 结点的运动是随机的, 因此, 让一个网关管理全体 MANET 结点的 Internet 访问是不可能的. 而全体 MANET 结点在这个网关上的负载将造成瓶颈效应. 假设一个网关正在运动, 由于所有 MANET 结点的位置频繁改变, 所以, 对此网关而言一部分 MANET 结点可达, 而另一部分不可达. 上述两种方案各有利弊, 因此, 我们采取一种折中方案, 让 MANET 中一部分结点作网关, 这些作网关的结点除保持原 MANET 中的作用外又增加了网关功能. 显然, 作网关的这些结点应选择离外部代理只有一跳的 MANET 结点, 使得 MANET 结点通过外部代理与 Internet 连接. 由于这些网关也在运动, 因此, 动态网关的运动应被限制在外部代理的覆盖区内. 当动态网关离外部代理超过一跳时, 此动态网关就自动变成普通的 MANET 结点, 不能再做网关.

2.2 动态网关及外部代理的选择

通过动态网关向 MANET 结点提供 Internet 连接, 这些动态网关必须向 Internet 上的外部代理注册. 同样, 要访问 Internet 的 MANET 结点向动态网关注册.

定义 1 结点数量 NN 外部代理和动态网关服务的结点数量被分别定义为它们的负载 NN (Node Number), 即向外部代理注册的动态网关有效数量和向动态网关注册的 MANET 结点有效数量.

定义 2 队列长度 QL 在外部代理和动态网关上待转发数据包队列长度定义为 QL (Queue Length).

定义 3 结点距离 DS

两点之间的几何距离被定义为 DS , 它是选择的一项参数.

一个动态网关将选择一个负载最小、距离最短的外部代理, 同样, 一个 MANET 结点也会选择负载最小、距离最短的网关. 考虑距离和负载对网络通信的影响不同, 我们定义如下的加权公式来选择动态网关和外部代理. 距离占有很大的权值, 其次是注册的结点数, 最后是待转发数据包队列的长度. 可根据混杂网络环境的具体情况 & 网络性能指标的变化改变权值.

动态网关优选算法:

$$GWExp = DS \times n + NN \times m + QL \times k \quad (1)$$

$$GW = \text{Min}\{GWExp_1, GWExp_2, \dots, GWExp_j\} \\ = \text{Min}\{GWExp_i\}_{i=1}^j \quad (2)$$

$$n + m + k = 1 \quad (3)$$

其中: $GWExp$ 是网关的权值; j 是 MANET 结点收到的网关广告总数.

外部代理优选算法:

$$FAExp = DS \times n + NN \times m + QL \times k \quad (4)$$

$$FA = \text{Min}\{FAExp_1, FAExp_2, \dots, FAExp_j\}$$

$$= M \ln \{FAExp_j, j_{i=1}^{n+m+k=1}\} \quad (5)$$

$$n+m+k=1 \quad (6)$$

其中: $FAExp_j$ 是外部代理权值; j 是网关收到的外部代理广告总数.

另外, n, m, k 可根据 MANET 网络规模、地理环境、外部代理数量、信道好坏等因素动态调节, 使网络性能指标最优, 本文分别选择为 0.74 0.20 0.06

2.3 MANET 结点连接 Internet 过程

假设每个 MANET 结点, 包括动态网关都拥有一个有效可路由的本地 IP 地址 (home IP address). 设 MANET 结点为 M , 要与全球互连网上的结点 N (即所谓的 correspondent node) 进行连接. 过程如下:

第一步, 动态网关向外部代理注册. 外部代理 (FA) 定期广播代理广告 (跳数 $TTL = 1 \text{ Time To Live}$), 动态网关收到多个外部代理的广告后, 按前面提出的外部代理优选算法确定为自己服务的 FA, 向 FA 单播注册请求. 当该动态网关没有向此 FA 注册或注册已失效时, FA 受理动态网关的注册.

第二步, 结点 M 选取最优动态网关. 结点 M 初始化网关请求 (Gateway Solicitation GW Sol) 信息, 然后, 该 GW Sol 信息在 MANET 中广播, 传遍 MANET 其余结点, 直到现存网关收到后停止 (TTL 机制). 收到结点 M 发出网关请求包的动态网关将发回一个网关广告 (Gateway Advertisement GWA dv) 给结点 M . 只有向外部代理注册的网关才能发回一个 GWA dv 数据包, 01234567890123456789012345678901

128-bit Gateway IP Address		
GWA dv's lifetime		
NN	QL	DS
32-bit sequence number		

而仍未向外部代理注册的网关将忽略这个 GW Sol 请求. GWA dv 数据包中含有 Gateway IP 地址; GWA dv 的有效期 (GWA dv's lifetime) 即结点 M 在此时间间隔内向该网关注册有效; 在该网关注册的 MANET 结点数量 NN; 在该网关上待转发数据包队列长度 QL; 网关距该 MANET 结点的距离 DS (hop count); 识别该代理广告唯一性的顺序号. 数据结构如图 1.

图 1 Gateway Advertisement 的数据结构

结点 M 收到多个 GWA dv 数据包后, 根据前面定义的优化算法选取一个最优的网关 GW 为其服务.

第三步, 结点 M 向动态网关 GW 注册. 结点 M 将向选定的网关 GW 发回一个网关注册请求 (Gateway registration request GW Req) 数据包, 并等待一个网关注册应答 (Gateway registration reply GW Rep). 注册应答数据包中含有结点 M 在网关 GW 注册有效期, 即结点 M 只能在有效期内通过该动态网关访问 Internet 网关 GW 的 IP 地址, 即为结点 M 的转交地址 (Care-of address). 至此, MANET 结点 M 向动态网关 GW 注册成功.

当注册有效期过期时, 相应的 MANET 结点必须重新向它的网关注册. 此外, MANET 结点熟知现存的网关和它们的 IP 地址, 因此, MANET 结点会向它要注册的网关单播

(Unicast) 网关注册请求 GW Req 只要网关可达且最优, 则 MANET 结点也可以向同一网关注册.

第四步, 结点 M 进行 Internet 连接. MANET 结点 M 向 Internet 结点 N 发送数据包, 任何从 M 到 N 的数据包都必须使用 DSDV 路由协议到达网关 GW. 然后, 外部代理向网关提供服务, 使用 Mobile IP 协议把数据包转发到最终结点 N .

在 Internet 上的外部代理广播 (broadcast) 代理广告 (agent advertisements), 动态网关接收此广告, 对接收的多个代理广告进行比较, 选出最优的一个. 尔后, 向发出该广告的外部代理单播 (unicast) 外部代理注册请求 (foreign agent registration request). 如果动态网关没有向此外部代理注册或前面的注册已到期, 则注册生效. 由于有这些代理广告, 动态网关才能发现这些外部代理. 同样, 只有当动态网关向外部代理注册后, 动态网关才成为真正的网关向 MANET 结点广播 (broadcast) 它们的代理广告. 正在寻找 Internet 连接的 MANET 结点将处理收到的广告, 按照动态网关优选算法进行优化, 选取一个最优的网关为其访问 Internet 服务. 而另外一些不需 Internet 连接的 MANET 结点, 简单的把收到的广告废弃处理.

只有动态网关才能向 Internet 上的外部代理发出代理请求 (agent solicitation). 当网络重新启动或前面的注册已经失效时, 代理请求才会发生. 由于网关已经知道现存外部代理的 IP 地址, 所以网关能选择最优外部代理向其单播 (unicast) 代理请求. 另一方面, 寻求 Internet 访问的 MANET 结点向动态网关发出代理请求. 同样, 当 MANET 结点要 Internet 连接或它前面的注册失效时, 代理请求才会发生.

3 模型分析

在我们定义的模型中, 假设有 N 个结点均匀分布在一个矩形方格内, 且每个结点只能占据方格的一个顶点^[9-10] 如图 2 所示.

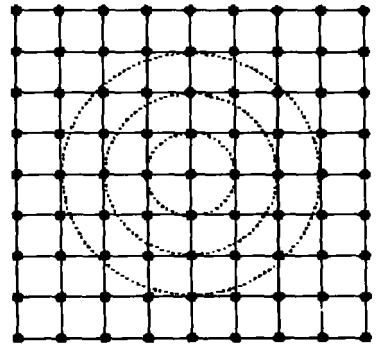


图 2 矩形方格图

定理 1 设方格内任意结点 M , 在距 M 结点 k 跳距离上有 $4k$ 个结点, 它们均位于以结点 M 为圆心的第 k 个同心圆上. 则, 以结点 M 为圆心 k 跳距离为半径的圆内所有结点总数 $N_r(k)$ 为:

$$N_r(k) = 1 + 2k(k+1) \quad (7)$$

证明 由矩形方格图可知, 以结点 M 为中心第 k 跳距离上的结点数为 $4k$ 所以, 第 k 跳距离内所有结点总和为 $1 +$

$\sum_{i=1}^k 4i$ 即:

$$N_r(k) = 1 + \sum_{i=1}^k 4i = 1 + \frac{(4+4k)k}{2} = 1 + 2k(k+1)$$

推论 1 若 N 个移动结点均匀分布在矩形方格内, 则跳数 k 与 N 的关系为:

$$N = 1 + K(K+1) = 2K^2 + K + 1 = \frac{(2K+1)^2 + 1}{2}$$
$$K = \lceil (\sqrt{2N-1} - 1) / 2 \rceil \quad (8)$$

在式(8)中, $\lceil x \rceil$ 是标准的上限函数, 因为, 最后的同心圆可能没完成, 所以它被用在计算跳数 k 的表达式中. 当 TTL = k 跳进行信息广播时, 转发该信息的结点总数 $N_r(k)$ 计算公式如下:

$$N_r(k) = \begin{cases} 1 + 2k(k+1), & k \leq (2\sqrt{2N-1} - 1) / 2 \\ N, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

利用此模型对动态网关策略的网络开销进行分析, 网关使用先应式 (proactive) 方法来发现外部代理; 而 MANET 中移动结点利用后应式 (reactive) 方法来寻找网关.

3.1 动态网关过程的开销

3.1.1 动态网关选择外部代理过程的开销 外部代理 (FA) 定期广播代理广告且 TTL = 1 (Time To Live), 即以外部代理为中心的 1 跳为半径的圆内泛洪广播. 动态网关收到多个外部代理的广告后, 按外部代理优选算法确定为自己服务的 FA, 向 FA 单播注册请求. 此过程的开销计算如下:

$$\Omega_{p-fa} = \sum_{i=1}^m (N_{CW} + N'_{CW})$$
$$= m \cdot N_{CW} + N_{CW} = (m+1) \cdot N_{CW} \quad (10)$$

其中: m 为外部代理个数; N_{CW} 为收到外部代理广告的网关个数; N'_{CW} 为向某外部代理注册的网关数.

3.1.2 发现最佳网关的开销 移动结点 M 首先初始化网关请求 (Gateway Solicitation GW Sol) 信息, 然后, 将该 GW Sol 信息在 MANET 中广播, 传遍 MANET 其余结点, GW Sol 信息包传播的总数为 N . 由于动态网关距外部代理只有一跳远, 所以, 网关均位于矩形方格的边缘, 很容易证明 MANET 中所有结点到动态网关的平均路径长度为 $\sqrt{N} - 1$ 跳. 故提供服务的网关向 M 发回一个网关广告 (Gateway Advertisement GW Adv) 的转发次数为 $\sqrt{N} - 1$, 加之网关本身发出 1 个信息包, 所以, 向结点 M 发回网关广告 (GW Adv) 的每个动态网关的开销为 \sqrt{N} . 结点 M 向选定的网关发出注册请求 (GW Req) 及等待网关注册应答 (GW Rep), 此过程中信息包总数为 $2 \times (\sqrt{N} - 1)$. 另定义 N_{CW} 表示动态网关个数, 所以, 一个移动结点发现最佳网关并向其成功注册的开销为:

$$\Omega_{r-gw} = N + N_{CW} \times \sqrt{N} + 2 \times (\sqrt{N} - 1) \quad (11)$$

3.1.3 动态网关方式下的总开销 设路由的持续时间为 R_{dur} (10秒), R_{dur} 符合带有参数 λ_{dur} (0.1) 的随机指数分布.

令 N_{exp} 表示在仿真时间 t 内到期的路由总数, 则 N_{exp} 服从到达率等于 λ_{dur} 的泊松分布, 即 $P[N_{exp} = k] = \frac{e^{-\lambda_{dur}} \times \lambda_{dur}^k}{k!}$. 那

么, 每个源结点到期路由的平均数为 $E[N_{exp}] = \lambda_{dur} \cdot t$ 所以, 对于有 S 个源结点访问 Internet 的总开销为:

$$\Omega_{d-gw} = \Omega_{p-fa} + (\Omega_{r-gw} \cdot \lambda_{dur} \cdot t) \cdot S$$
$$= (m+1) \cdot N_{CW} + \{ [N + N_{CW} \cdot \sqrt{N} + 2(\sqrt{N} - 1)] \cdot \lambda_{dur} \cdot t \} \cdot S \quad (12)$$

3.2 固定网关过程的开销

目前, 现存访问 Internet 的方法都是利用固定网关 (或代理) 的方法, 这些固定网关 (或代理) 既是 Internet 上的结点又在 MANET 结点通信范围之内.

3.2.1 发现固定结点的开销 源结点利用“环型搜索 (Ring Search)”方法检测目的结点, 每次泛洪不是全网所有结点, 而是以源结点为中心, 以 TTL 值为半径的圆内泛洪. 这样可消除不必要的泛洪, 减少网络开销, 提高网络性能. 当搜索完整个 MANET 网络后, 源结点仍未收到应答, 则目的结点是一个 MANET 之外的固定结点. 算法如图 3 所示.

```
Procedure RingSearch
Var
  TTL: integer
  Const TTL_STAR = 1, TTL_NCR = 2, TTL_THR = 7, TTL_DIAM = 30
MA = 30
Begin
  TTL = TTL_STAR
WHILE (TTL <= TTL_THR) DO
Begin
  Flooding RREQ (message) TO nodes (Hop <= TTL)
  IF Source Received RREP (message)
  Then Exit
  Else TTL = TTL + TTL_NCR
End
TTL = TTL_DIAM
Flooding RREQ (message) TO nodes (Hop <= TTL)
End RingSearch
```

图 3 环型搜索算法 Procedure RingSearch

对自组网中每个源结点知道他的目的结点是一个固定结点所需的信息包总数为:

$$\Omega_{jn} = \sum_{k \in \{1, 3, 5, 7, 30\}} N_r(k) = \sum_{k \in \{1, 3, 5, 7, 30\}} 1 + 2k(k+1) \quad (13)$$

3.2.2 先应式方法发现网关的开销 在先应式过程中, 网关发出 GW Adv 的频率为 λ_{dir} , 仿真时间为 t 秒. 由于 GW Adv 信息要转发到 MANET 上的每一个结点, 故应有 $N + 1$ 个信息包被传送. 设有 S 个源结点要与固定结点通信并知道目的结点为固定结点的网络开销为:

$$\begin{aligned} \Omega_{p-fgw} &= S \cdot \Omega_n + \lambda_{dr} \cdot t \cdot (N + 1) \cdot N_{CW} \\ &= \left[S \cdot \sum_{k \in \{1, 3, 5, 7, 30\}} 1 + 2K(K + 1) \right] \\ &\quad + \lambda_{dr} \cdot t \cdot (N + 1) \cdot N_{CW} \end{aligned} \quad (14)$$

3.2.3 后应式方法发现网关的开销

$$\begin{aligned} \Omega_{p-fgw} &= S \cdot \Omega_n + (\Omega_{r-gw} \cdot \lambda_{ur} \cdot t) \cdot S \\ &= \left[S \cdot \sum_{k \in \{1, 3, 5, 7, 30\}} 1 + 2K(K + 1) \right] \\ &\quad + \left\{ [N + N_{CW} \cdot \sqrt{N} + 2(\sqrt{N} - 1)] \cdot \lambda_{ur} \cdot t \right\} \cdot S \end{aligned} \quad (15)$$

参数定义参见 3.1.3

3.3 网络开销比较

比较式 (12)、(14)和 (15), 不难看出, Ω_{r-fgw} 和 Ω_{p-fgw} 要远远大于 Ω_{l-gw} . 且随着网络半径的增加 (k 增加) Ω_{r-fgw} 和 Ω_{p-fgw} 将随 k^2 指数增加. 因此, 从模型上看, 动态网关策略非常明显地降低网络开销, 提高网络性能.

4 性能评价与仿真

4.1 性能指标与仿真

我们将对以下四个性能指标进行研究.

• 吞吐量 (Aggregated throughput) (bits/s): 最终目的结点收到数据量与所用时间之比.

• 可达率 (Percentage of data delivered to destination): 最终目的结点所收到数据包数量占发出数据包数量的百分比.

• 平均延迟 (Average delay) (ms): 数据包到达终点所需时间.

• 开销 (Overhead) (packets): 在网络中运行 DSDV 和 Mobile IP协议而加入的控制帧数量.

仿真环境设置如图 4所示. 设置 20个 MANET 结点分布在 $670m \times 670m$ 的正方形仿真区域内, 结点的初始位置是随机的, 结点运动按 random way-point^[11]模型移动, 不用区分运动方向^[12], 它的传输范围是 200m. 有线 Internet具有 2个外部代理 (FA) 和 2个对端结点 (correspondent nodes), 这两个外部代理 (FA) 被分别放在仿真区左右两侧. 我们采用 0, 1, 5和 10m/s的结点速度, 暂停时间 (pause time)为 30秒进行仿真. MANET 结点与 Internet中对端结点 (CN)以 constant bit rate (CBR)通信. 一个 MANET 结点每 0.2秒向结点 CN 发送一个 512 bytes的数据包, 即 1秒发送 5个数据包. 在仿真开始 10秒后, MANET 结点才开始向 Internet上的 CN 结点发送数据包. 这样, 避免由于在移动结点间仍未建立路由而使数据包交换下降, 同时, 也可以让动态网关和 MANET 结点完成向外部代理和动态网关注册. 在仿真结束前 2秒, MANET 结点停止发送数据包, 以至于最后发送的数据包有足够的时间到达目的结点. 对于外部代理 (FA)和动态网关 (GW)的参数设置如表 1所示:

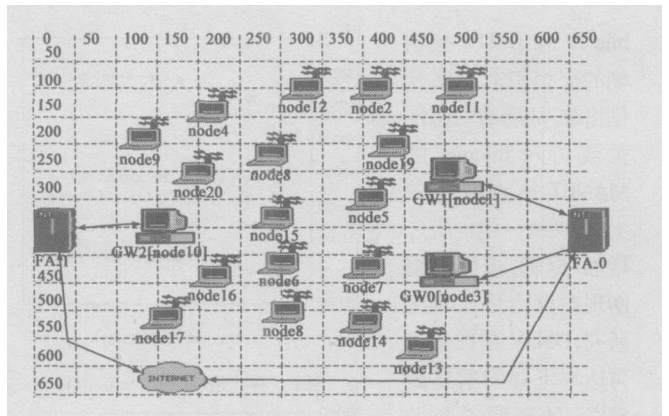


图 4 仿真环境

表 1 试验参数

	GW	FA
Gateway's registration lifetime	—	20 s
MANET nodes registration lifetime	20 s	—
Advertisement lifetime	20 s	20 s
Beacon times	10 s	10 s
Time between two solicitation	5 s	5 s

动态网关只能向外部代理注册, MANET 结点只能向动态网关注册. 按照文献 [13], 信号周期 (Beacon time)选择为 [10, 15]时, 能保证网络高连通低开销, 使用 OPNET^[14]仿真器. 试验, 假设分别有 4个和 6个 MANET 结点要进行 Internet访问, 在 900秒仿真时间内, MANET 结点在相应的仿真区随机运动.

4.2 仿真结果与分析

图 5至图 8显示了动态网关数量对网络性能的影响, 同时, 它们也描述了访问 Internet资源的 MANET 结点数与性能指标的关系. 随着动态网关数量的增加, 网络的可达率, 吞吐量及由 Mobile IP 和 DSDV 引起的开销都将上升, 而延迟下降. 原因在于动态网关有效地把数据包转发到它们的最终目的结点. 这也使 MANET 结点之间路由可用, 至此, 为了发

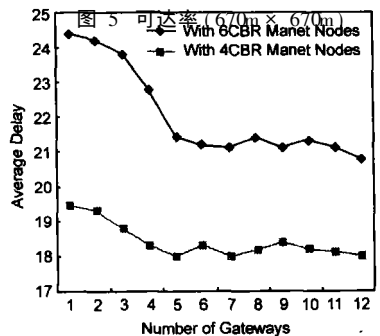
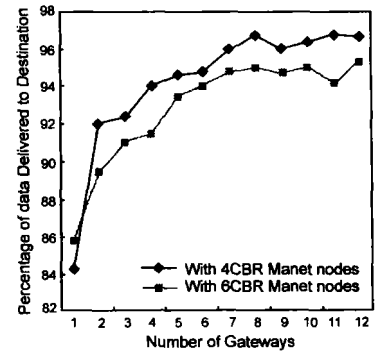


图 6 平均延迟 (670m x 670m)

现最终目的结点路由,而保留数据包的时间减少.所以,动态网关的出现使数据包交换增加且到达目的地的时间减少.然而,由于 Mobile IP 和 DSDV 控制帧的交换引起网络开销增加.故随着动态网关或访问 Internet 的 MANET 结点数量的上升,网络开销也随之增加.尽管,按照自组网现存路由协议对比研究, DSDV 是数据包可达率下降的明显因素^[15].动态网关帮助克服了这种问题,提高了可达率,如图 5 所示.

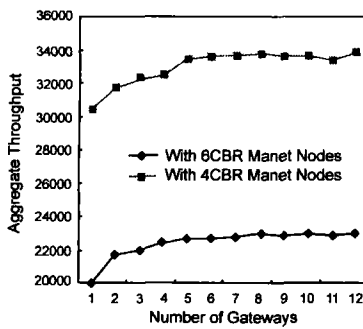


图 7 吞吐量 (670m × 670m)

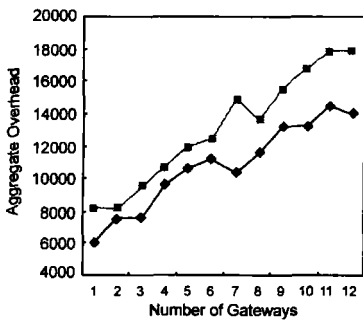


图 8 开销 (670m × 670m)

5 总结

本文提出了一种

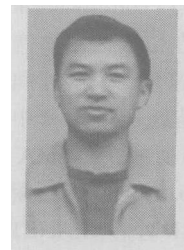
全新动态网关策略来解决 MANET 结点的 Internet 连接.网关本身是 MANET 结点,因此,网关是运动的;网关数量是变化的;根据网络环境网关时而作为网关,时而又变成 MANET 结点,因此称为动态网关.由于动态网关的运动使路由更新频繁,新路由不断产生,旧路由不断丢弃.有利于数据交换,提高网络性能.网关数量的动态变化,网关数量是系统根据访问 Internet 的 MANET 结点数量、位置、负载等网络环境动态变化.这样,可使网关负载平衡,数据畅通. MANET 结点根据网络环境变化自动切换到最优的网关上注册,同样,动态网关也能自动切换到最优外部代理上进行网络通信.动态网关也解决了多网关负载平衡的问题.能动态的调节网关及外部代理“拥挤与空闲”的矛盾.由仿真结果和模型分析可以看到动态网关策略使网络的整体性能有效提高.

参考文献:

- [1] H Leij C Perkins Ad hoc networking with mobile IP[A]. Proceedings of the Second European Personal Mobile Communications Conference (EPMCC'97) [C]. Bonn, Germany September 30-October 2 1997. 197-202
- [2] C Perkins Mobile IP: Design Principles and Practices[M]. Addison Wesley Wireless Communications Series. 1998. 5-5.
- [3] J Brody, D A Maltz, D B Johnson Supporting hierarchy and heterogeneous interfaces in multihop wireless ad hoc networks[A]. Proceedings of the Workshop on Mobile Computing [C]. Perth Australia, June 1999. 370-375.

- [4] C Perkins, P Bhagvat Highly dynamic destination sequenced distance vector (DSDV) routing for mobile computers[A]. ACM SIGCOMM Symposium on Communications Architectures and Protocols [C]. September 1994. 234-375.
- [5] Jinhua Zhao, Xiaozong Yang, Hongwei Liu Load-balancing strategy of multi-gateway for ad hoc internet connectivity[A]. International Conference on Information Technology Coding and Computing (ITCC 2005) Vol 2 [C]. Las Vegas, Nevada, USA. 04-04 2005. 592-596.
- [6] Jinhua Zhao, Ling Wang, Yoonwan Kim, et al Secure dynamic gateway to internet connectivity for ad hoc networks[J]. International Journal of Information Technology. Aug 2005. 11(2): 136-152.
- [7] U Jonsson, F Arlsson, T Larsson, P Johansson, G Q Maguire Jr. MPMANET - mobile IP for mobile ad hoc networks[A]. The First IEEE/ACM Annual Workshop on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOHOC 2000) [C]. Boston, Massachusetts, USA, August 11, 2000. 75-85.
- [8] Habib Ammar, Hesham El-Rewini Integration of mobile ad hoc networks and the internet using mobile gateways[A]. Proceedings of the 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium [C]. Santa Fe, New Mexico, USA, 2004. 218-225.
- [9] Pedro M Ruiz, Antonio F Gomez-Skarmeta Enhanced internet connectivity for hybrid ad hoc networks through adaptive gateway discovery[A]. in proc. of the 29th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN-2004) [C]. Tampa, FL, November 2004. 370-377.
- [10] Y Sun, E Belding Royer, C Perkins Internet connectivity for ad hoc mobile networks[J]. International Journal of Wireless Information Networks 9(2), Special Issue on Mobile Ad Hoc Networks (MANETs): Standards, Research, Applications April 2002. 75-88.

作者简介:



赵金华 男, 1964 年生于黑龙江省哈尔滨, 博士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为移动计算技术、可穿戴计算技术.

E-mail: zhaojinhua@hit.edu.cn

刘宏伟 男, 1971 年出生于黑龙江大庆, 博士, 讲师, 主要研究方向为软件可靠性技术、容错计算技术、可穿戴计算技术等.

E-mail: liw@fict.hit.edu.cn

宋远骏 男, 1965 年出生于山东, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为移动计算技术、系统可靠性、指挥自动化系统工程.

杨孝宗 男, 1939 年出生于辽宁北票, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为可穿戴计算技术、容错计算技术、故障注入技术等.

(下转第 18 页)

- [10] Datasheet for ORINOCO 11Mbit/s Network Interface Cards[OL]. 2001. Ftr //ftp. orinocowireless.com/pub/docs/ORINOCO.
- [11] E-S Jung, N H Vaidya. An power control MAC protocol for ad hoc networks[A]. In Proc ACM Mobicom 02[C]. Atlanta, 2002: 36-47.
- [12] Christian Bettstetter, Christian Wagner. The spatial node distribution of the random waypoint mobility model[A]. In Proc 1st German Workshop on Mobile Ad Hoc Networks (WMAN) [C]. Germany, 2002: 41-58.
- [13] C L Fulmer, J J Garcia-Luna-Aceves. Solutions to hidden terminal problems in wireless networks[A]. In Proc ACM SIGCOMM '97[C]. Cannes, 1997: 39-49.
- [14] T Rappaport. Wireless Communications: Principles and Practice[M]. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996: 205-210.
- [15] D Johnson, D Maltz, Y-C Hu, J Jetcheva. The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks (DSR) [S]. Internet Draft: draft-ietfmanet-dsr-07.txt, Feb 2002.
- [16] C Perkins, E Royer, S Das. Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing[S]. Internet Draft: draft-ietfmanet-aodv-12.txt, November 2002.
- [17] Fouad A T, Leonard K. Packet switching in radio channels Part II-the hidden terminal problem in carrier sense multiple access and the busy-tone solution [J]. IEEE Transactions on Communications, 1975, 23(12): 1417-1433.

作者简介:

邹仕洪 男, 1978年10月生于江西抚州, 博士, 北京邮电大学讲师, 主要研究方向: 移动无线网络, 服务质量, 服务管理等。

E-mail: zous@bupt.edu.cn

王文东 男, 1963年11月生于北京, 北京邮电大学教授, 主要研究方向: 网络和业务的服务质量管理, 高速网络等。

E-mail: wdwang@bupt.edu.cn

李波 男, 1966年生于四川成都, 博士, 香港科技大学副教授, 主要研究方向: 移动无线网络, 多媒体等。

张黔 女, 1973年生于湖北武汉, 博士, 香港科技大学副教授, 主要研究方向: 移动无线网络, 多媒体等。

程时端 女, 1940年生于上海, 北京邮电大学教授, 博士生导师, 主要研究方向: 互联网性能分析与服务质量控制、传感器网络等。

(上接第10页)

- [11] C Bettstetter, G Resta, P Santi. The node distribution of the random waypoint mobility model for wireless ad hoc networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2(3), July-September 2003: 257-269.
- [12] P Johansson, T Larsson, N Hedman, B Mielczarek, M Degermark. Scenario-based performance analysis of routing protocols for mobile ad-hoc networks[A]. Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom '99) [C]. Seattle, Washington, USA, August 15-19, 1999: 195-206.
- [13] P Ratanachandani, R Kravets. A hybrid approach to internet connectivity for mobile ad hoc networks[A]. Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC) [C]. New Orleans, Louisiana, USA, 16-20 March, 2003: 1522-1527.
- [14] X-j Chang. Network simulations with OPNET[A]. Simulation Conference Proceedings Vol. 1 [C]. Phoenix, Arizona, USA, 5-8 Dec, 1999: 307-314.
- [15] J Broch, D Maltz, D Johnson, Y Hu, J Jetcheva. A performance comparison of multihop wireless ad hoc network routing protocols[A]. Proceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking [C]. Dallas, Texas, USA, October 25-30, 1998: 85-97.