

# 基于 802.11s 的多网关 WMN 中的网关选择

郭晓雷, 杨寿保, 胡云

(中国科学技术大学计算机科学与技术系, 合肥 230027)

**摘要:** 在多网关的无线 Mesh 网络(WMN)中, 网关选择影响了 WMN 的性能。从网关负载的角度进行考虑, 提出负载均衡的网关选择策略。通过在 Mesh 管理帧中增加网关负载信息位, 将网关的负载信息传递给需要做网关选择的节点。在网关选择时综合考虑网关 Metrics 和负载信息, 并做出合适的选择。将该方法在 NS2 仿真软件中进行了仿真实验, 并对结果进行分析。

**关键词:** 无线 Mesh 网络; 网关选择; 802.11s 标准

## Gateway Selection in Multiple Gateway Wireless Mesh Network Based on 802.11s

GUO Xiao-lei, YANG Shou-bao, HU Yun

(Department of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

**【Abstract】** Gateway selection problem is brought in multi gateway Wireless Mesh Network(WMN). Gateway selection influences network performance in various aspects. This paper proposes a gateway selection strategy in a way of gateway load balancing. It tries to add information to 802.11s management frames in order to pass the gateway's load information to the related nodes. When selecting gateway, gateway's load and metrics are considered both. This paper also emulates the method in NS2 and analyses the result.

**【Key words】** Wireless Mesh Network(WMN); gateway selection; 802.11s standard

### 1 概述

无线 Mesh 网络(Wireless Mesh Network, WMN)<sup>[1-2]</sup>作为下一代宽带接入技术, 具有自组织、自配置、自我恢复等优点。它由 Mesh 路由器和 Mesh 客户端组成, Mesh 路由器通过无线连接构成 Mesh 主干, Mesh 客户端通过 Mesh 路由器接入 Internet, 具有以太网口 Mesh 路由器称 Mesh 网关。目前多家标准组织正进行对 Mesh 标准的制定, 其中, 802.11s<sup>[3]</sup>标准就是 IEEE 组织在 802.11 标准上对 Mesh 的扩展。

WMN 中用户的服务大都是对于 Mesh 网外服务的访问, 因此, 绝大部分数据流都是通过 Mesh 网关节点转发给外部网络。为了提高 WMN 网络的容量, 通常在一个 WMN 中配备多个 Mesh 网关。对一个数据流来说, 首先确定选择某个网关转发, 然后选择到该网关的路径。数据流在对网关进行选择时, 需要综合评判各个网关的性能, 同时应确保各个网关节点间的负载平衡, 从而提高整体网络的容量。

本文在 802.11s 管理帧中增加网关负载信息, 从而提高网关选择依据网关选择判据(Metric)信息和负载(Load)信息的实时性。利用现有管理帧传递网络负载信息, 并没有给网络带来开销。同时提出了一个在 MAP 端进行网关选择的算法, 综合考虑到达该网关的路径 Metrics 以及网关自身负载信息, 做出相应网关选择。

### 2 相关工作

文献[4]提出了一种 Mesh 网络网关选取策略, 网关通过网关通告消息的 TTL 控制网关通告的传输范围和调整网关所服务的 Mesh 节点的范围, 对于没有在任何网关服务范围内的 Mesh 节点, 传送数据之初要主动发起网关搜索帧。该方法着重于如何把终端分配到各个网关, 并没有考虑该终端到

网关的性能拓扑。另外, 该方法只适用于网关节点比较分散的 Mesh 场景。

本文所设计的网关选择方法遵循了 802.11s 标准, 工作组基于 802.11s D1.07 版本进行了仿真开发, 实现了 NS2 中对于 802.11s 的支持, 在该平台上对该网络选择方法进行了模拟测试。

### 3 802.11s 网络模型

图 1(a)为 802.11s 的网络拓扑示意图。其中, Mesh Portal 既是一个 Mesh 节点(MP), 也是一个 Portal, 称为 MPP, 是 Mesh 网络和有线网络连接的网关。Mesh AP 既是一个 Mesh 节点, 也集合了传统的 AP 功能, 简称 MAP, 为无线终端提供无线接入服务。当有目的地址为 Internet 的数据流从无线终端到达 MAP 时, MAP 将数据转发到 MPP 上。

为了保持无线 Mesh 网络可扩放性特点以及提高网络吞吐量, 引入多网关机制。如图 1(b)所示, 网络中具有多个 MPP。此时, 网关选择的问题摆在面前, 在考虑跳数、路径 Metrics、网关负载等多种因素的情况下, 如何做出能提高网络性能的网关选择, 是目前面临的主要问题。当终端用户发起一个向外网的数据流时, 怎样选择一个合适的网关, 才能优化 Mesh 网络吞吐量、改善网络性能, 是网关选择的一个重要目标。负载均衡的网关选择同时也意味着整个 Mesh 网络的负载均衡, 因为在一般的网络场景里, 选择不同的网关, 在一定程度上会使得数据流分散到不同的网络路径上, 从而增大了 Mesh 网络中节点资源与链路资源的利用率。本文主

**作者简介:** 郭晓雷(1983 - ), 男, 硕士研究生, 主研方向: 无线 Mesh 网络; 杨寿保, 教授、博士生导师; 胡云, 博士研究生

**收稿日期:** 2009-05-20 **E-mail:** guoxiaol@mail.ustc.edu.cn

要研究负载均衡的网关选择,旨在提高网络整体吞吐量与减小终端用户的延迟。

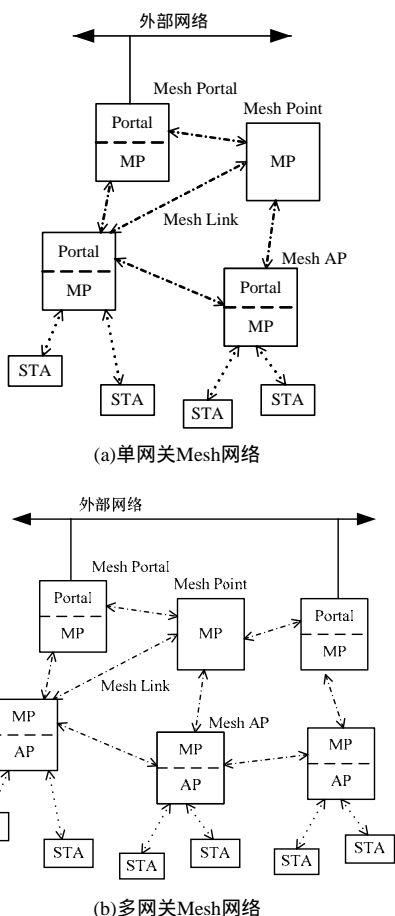


图1 802.11s 无线 Mesh 网络与 802.11s 多网关无线 Mesh 网络

## 4 负载均衡的网关选取策略

### 4.1 问题描述

在多网关的无线 Mesh 网络中,由于网络环境的多变以及不同群体使用网络的不平均,可能一部分网关的负载非常大,达到它们本身性能的上限,使得它们的服务质量下降,而另一部分负载较小的网关,它们的资源则被浪费。

负载均衡的网关选择要解决的一个重要的问题是如何实时、迅速地将网关的负载信息传递给 MAP 节点,使得 MAP 在选择网关时的依据能具有较高的实时性。如果 MPP 和 MAP 之间的消息过多,势必会使得 Mesh 网络的服务率下降。因此,要想做到高实时性的负载均衡网关选取,就必须解决这个矛盾。

### 4.2 方法概述

在 802.11s 定义的无线 Mesh 网络中, MPP 通过发送广播的 PANN(Portal Announcement)来把自己的存在通告给网络中其他节点。而 MAP(Mesh Access Point)在接收到 PANN 以后,维护一个整个网络网关的列表,MAP 也周期性的或者当 MAP 维护的无线终端有变化的时候发送单播的 Mesh Proxy Update(PU)给网关列表中网关,告诉网关本 MAP 的存在及本 MAP 下所挂载的无线终端的 MAC 地址。

在本文方法中,网关通告消息增加了描述网关负载的信息位,将网关的信息提供给 MAP。为了增加网关负载信息的实时性,要求网关通告时间周期尽量得小。而网关通告是广播帧,在 Mesh 网络中传输是按照一种 flooding 的方式传输的,如果频繁地发送网关通告,则会消耗大量的网络性能,

从而降低网络整体的吞吐量。本方法不但在网关通告中添加表征网关负载的信息位,在网关与 MAP 通信的第 2 种方式: PU 与 PUC(Proxy Update Confirm)中也携带网关的信息,利用 Mesh 固有功能增加了网关负载信息传递的实时性。

### 4.3 802.11s 管理帧结构

PANN: 在 802.11s 协议中, PANN 消息是为了通知其他节点一个 MPP 的存在。普通的 Mesh 节点(MP)收到 PANN 消息后,将 TTL 减 1,更新路径 Metrics 信息,再将其广播出去,并不做其他处理。而 MAP 节点收到 PANN 后读取 PANN 帧的内容,判断 PANN 中的网关是否已经存在于自己的网关列表中,如果不存在,则在列表中新增加该网关的条目;如果存在,则依据 PANN 中的信息,更新相应条目的信息。当节点被配置为 MPP 时,它会定时广播 PANN 消息。PANN 的消息格式如图 2 实线部分所示。

ID	Length	TTL	Address	Sequence Number	Metrics	Load
----	--------	-----	---------	-----------------	---------	------

图2 PANN 帧结构

PU 与 PUC: 一个 MAP 节点也被称为一个代理(proxy),是无线终端(STA)接入 Mesh 网络进而接入 Internet 的桥梁。PU 中包含了本 MAP 所挂载的无线终端信息,PU 消息详细格式如图 3 所示。802.11s 标准指明,MAP 节点定时地向网关列表中的每一个 MPP 发送 PU 消息,或者当 MAP 感应到本 MAP 所服务的 STA 发生变化时也需要发送 PU 消息。MPP 节点在收到 PU 消息后需要回复 PUC 帧给 MAP 节点。

ID	Length	Flags	Sequence Number	Destination Address	Load
----	--------	-------	-----------------	---------------------	------

图3 PUC 帧结构

### 4.4 方法详述

当有一条流从无线终端到达 MAP 时,MAP 从网关列表中选择合适的网关,并将选择结果记录,对于这条流后续的包,也被转发到这个网关。网关选择的粒度是基于每条数据流。对不同的终端而言,其所对应的网关数大于等于 1,这样选择更利于平衡当前网络的负载。选择网关的依据主要有网关的路径 Metrics 信息以及网关的负载信息(Load)。其中,路径 Metrics 信息为路径跳数,网关负载信息 Load 为网关当前数据流量负担大小信息。

在 PANN 消息中增加表征网关负载的 Load 字段,如图 2 虚线部分所示,从而周期性地网关负载信息传递给 MAP。同时注意到,PUC 消息也是从 MPP 节点传递给 MAP 节点的,因此,在 PUC 消息中增加网关负载信息 Load,如图 3 虚线部分所示。且 PUC 消息是以单播方式传递的,它相比 PANN 消息节省很多网络资源。在 MAP 节点收到 PUC 消息后,判断 PUC 消息的源地址,将该地址对应的 MPP 节点在网关列表中的 Load 信息更新。

MAP 获取网关负载信息的手段有 2 种:PANN 和 PUC,它们都是周期发送的。为了使 MAP 在获得网关负载信息的时间点在时间线上尽量均匀,MAP 端可以有目的地调整 PU 发送定时器的时间,使得对于每一个 MPP,PUC 的发送与 PANN 的发送能在最大程度上将网关负载信息均匀的表现出来。在图 4 中,假设 PANN 发送时间周期与 PU 发送时间周期相等,将 PU 的发送时间点放置在 PANN 发送时间周期的中间部位,这样就能在 2 次接收 PANN 的中间点获得 PUC 消息中的网关信息。当然,这只是为了帮助理解本方法的思想,在现实中,PANN 发送周期与 PU 发送周期不一定相同。

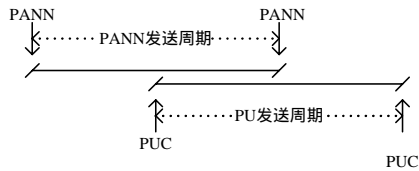


图4 PANN 发送周期与 PU 发送周期的交错

图5 给出网关列表存储的数据结构, 其中, MPP MAC 为该网关的 MAC 地址, Metrics 为到网关的 Metrics, 网关的负载信息为 Load, 后面的 3 个时间点分别为: Update Time 网关列表条目更新时间, 网关过期时间 Expire Time 以及上次发送 PU 给该网关的发送时间。其中, ID 和 list\_next 是为了在编写代码时方便而增加的信息。

ID	MPP MAC	Metric	Load	Update Time	Expire Time	PU Send Time	list_next
----	---------	--------	------	-------------	-------------	--------------	-----------

图5 网关列表信息

当有一条流从无线终端到达 MAP 的时候, MAP 从网关列表中选择合适的网关, 设网关列表中的网关集合  $M = \{MPP_i | i \text{ 为网关列表中的 ID}\}$ ,  $Load_i$  为 MPP<sub>i</sub> 的负载 Load,  $L_{avg}$  为网关列表中所有网关 Load 的平均值。为了兼顾用户对延迟的要求, 选择网关的时候, 判断所选的 Path Metric 最小的网关 Load 是否超出所有网关平均 Load 的很大比例, 这里定义 Load 阈值  $L_{threshold}$ 。算法流程如图6所示。

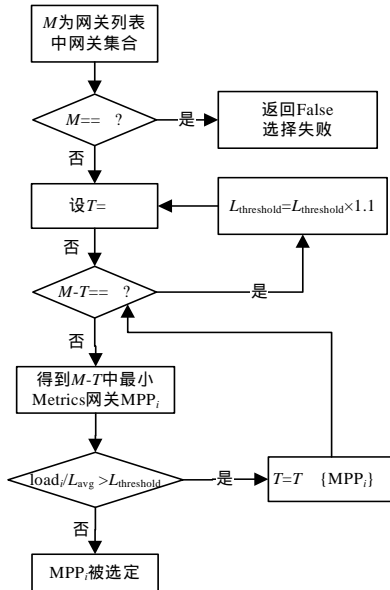


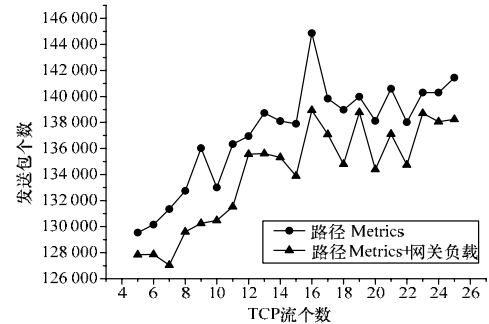
图6 网关选择流程

## 5 实验

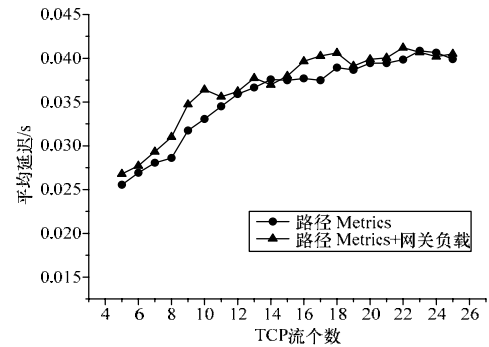
为了测试本方法是否能提高网络的吞吐量与端到端延迟, 在 NS2 网络模拟器上构建了遵循 802.11s 的无线 Mesh 网络仿真平台。同时底层实现了多信道传输模型。

本实验构建了一个具有 4 个网关、16 个普通 Mesh 节点、20 个无线终端的拓扑结构, 并构建了单信道和多信道 2 种物理传输场景。在单信道场景中, 所有 Mesh 节点上均装备单信道单射频的网络接口多信道场景中, Mesh 节点均装备多信道多射频的网络接口, 为了测试本方法在不同业务等级下对网络性能的影响, 分别对 5 条~25 条 TCP 数据流的网络进行了实验, 数据流的到达时间服从波松分布, 数据流的结束时间均为仿真结束时间。将本文的方法与选择路径 Metrics 最小的网关方法进行比较。

为了测试网络的吞吐量, 在每一个网关 MPP 上统计仿真时间内经过网关的数据包数量, 最后将经过每个网关上的数据包个数相加, 得出网络整体的数据包流量和表征网络整体的吞吐量。对于延迟, 用 IP 地址、端口号、Sequence Num 标示一个包, 在终端节点上和网关节点上记录每一个包的到达时间, 2 个时间的差值就为每一个包的端到端延迟。单信道单射频的无线 Mesh 网络如图 7 所示。多信道多射频的无线 Mesh 网络如图 8 所示。

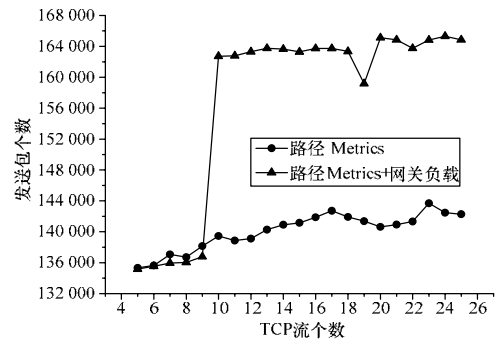


(a)吞吐量比较

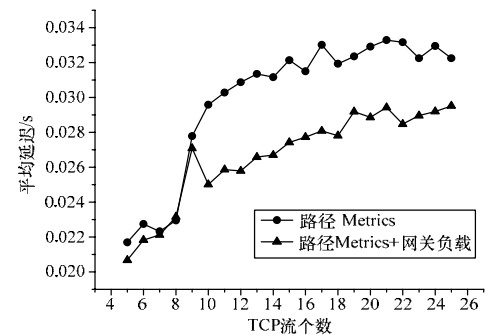


(b)延迟比较

图7 单信道场景下网络性能比较



(a)吞吐量比较



(b)延迟比较

图8 多信道场景下网络性能比较

(下转第 180 页)