

# 无线 Mesh 网络技术研究

王华<sup>1</sup> 李静静<sup>2</sup> 何振<sup>3</sup> 韩珊珊<sup>3</sup>

## 摘要

无线 Mesh 网络是无线局域网和移动自组织网络相结合的产物,是一种无线多跳网状拓扑网络,具有很大的应用前景.阐述了无线 Mesh 网络的通信结构和特点,对该技术的实现方式和常用协议进行了对比分析,并对其应用领域进行了介绍.

## 关键词

无线;Mesh;网络架构

中图分类号 TP393.02

文献标志码 A

## 0 引言

### Introduction

随着无线通信和移动计算技术的飞速发展,人们对无线宽带接入提出了更高的要求.传统的网络结构由于其传输距离短、覆盖范围小、不易扩展和维护不方便等缺点已经不能满足人们的需要.如何突破传统的蜂窝网状结构的局限性,构造一个方便、快捷、低成本的无线网络成为无线研究领域的一个重要问题.无线 Mesh 网络就是基于此而产生的一种具有划时代意义的网络结构.

无线 Mesh 网络(Wireless Mesh Networks, WMN),也叫无线网状网或无线多条网,是通过无线链路把固定的和移动的节点连接起来构成的一个多跳的移动自组织网络,它是一种与传统无线网络完全不同的无线技术,并且作为解决“最后一公里”的网络结构,日益受到业界的关注.无线 Mesh 网络可以说是广域网(WLAN)和点对点模式(Ad-hoc)两种网络的结合体,它融合了两者的优势,是一种组网方便、支持多跳、大容量高速率的网络,可以很方便地提供健壮的、可靠的网络覆盖.

## 1 WMN 实现方式和特点

### WMN implementations and features

在无线 Mesh 网络中,主要包括两种类型的节点:无线 Mesh 路由器和无线 Mesh 客户端.两者的功能有所不同,无线 Mesh 路由器组成无线网络的骨干,通常有两种实现模式:基础设施 Mesh 模式和终端用户 Mesh 模式<sup>[1]</sup>.在基础设施 Mesh 模式中,网络中的节点和终端用户之间可形成无线的闭合回路,网络节点通过自身所具有的智能地进行路由选择及管理控制,为本网络覆盖范围内的移动终端用户选择通信的最优路径;同时,移动终端用户通过无线 Mesh 网络中的节点可与其他网络如 Wi-Fi、Wi-MAX、传感器网络和蜂窝网络等进行通信,提高网络自身的兼容性<sup>[2]</sup>.在终端用户 Mesh 模式中,终端用户通常以点到点的方式形成一个无线网络,终端设备可以在没有其他基础设施的条件下独立运行,并且可以支持移动终端较高速地移动,快速形成宽带网络.另外,无线 Mesh 路由器还具有网关的功能,为网络中的客户端提供网络接入,也具有中继器和路由器的功能,无线 Mesh 客户端一般不具有网关的功能,但是可以为其他的无线 Mesh

收稿日期 2010-05-26

资助项目 国家自然科学基金(62034110)

作者简介

王华,女,硕士,助理工程师,主要研究方向为计算机网络及应用. wangh\_cn@163.com

李静静(通信作者),女,硕士,实验师,研究方向为计算机网络、网络计算等. ljjkd@163.com

1 中国铁通责任有限公司 郑州分公司,郑州,450000

2 南京信息工程大学 网络信息中心,南京,210044

3 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院,郑州,450000

客户提供数据转发的服务. 无线 Mesh 网络的典型结构如图 1 所示.

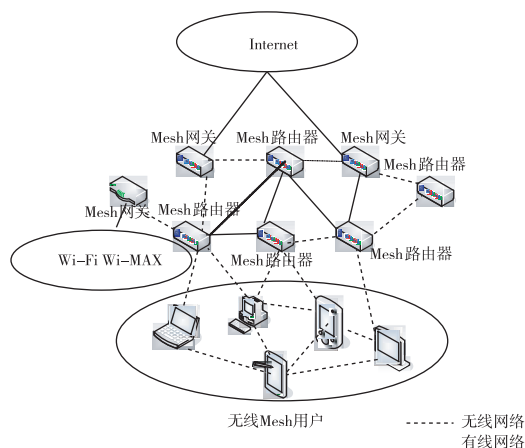


图 1 无线 Mesh 网络通讯结构

Fig.1 Structure of wireless Mesh network

## 1.1 WMN 的实现方式

无线 Mesh 的实现方式很多,一般是采用多个基站以网状网方式实现和扩大网络的覆盖.其中,有若干基站作为业务接入点与有线网相连,其余基站通过无线方式与业务接入点相连,比较常见的是基于无线桥接和无线回程的 AP 模式等.虽然实现覆盖和回程的方式不同,但是通过比较不同设备的实现方式和实践中的应用研究发现,当前流行的 Mesh 设备的应用方式可以归纳为 3 种方案<sup>[3]</sup>.

### 1) 第一代——单模块方案

单模块方案即所有信息的传输都在同一个信道上完成,这种实现模式是无线 Mesh 网络实现方式中最脆弱的.本方案的接入点仅使用一个信道,此信道由无线客户端和回程流量(在 AP 之间转发)共享,当更多的 AP 加入到网络中的时候,用于回程流量的带宽将会占据越来越高的比例,仅仅留很少一部分带宽给无线客户端,很大程度上限制了客户端的流量,产生此现象的原因是由于无线网络是一个共享的媒质.本方案的 AP 不能同时发送和接收数据,并且在覆盖范围内当另一个 AP 正在传输时,该 AP 也不能发送数据,这种对可用共享带宽的竞争是基于类似以太网的无线冲突避免原则(CSMA/CS).简单计算一下就会发现,在单模块方案中每个无线客户端只能获得很有限的吞吐量,而且由于所有的无线客户端和 AP 必须工作在同一个信道上,无线资源的竞争和 RF 干扰还会导致不可预期的时延,这种方式只能提供有限的扩展性,并且多跳带宽损失严重,

不能部署大规模网络.

### 2) 第二代——双模块方案

在双模块方案中,一个频道专门用来连接无线客户端,而另一个频道专门用来进行无线回程传输.在此方案中,无线客户端流量虽然得到一定程度的改善,但是全网的性能仍然由于回程的瓶颈问题而不理想.

### 3) 第三代——多频方案

多频方案也可称作结构化 Mesh,每个网络节点至少使用 3 个频道的专用无线链路接口.其中,第一个频道用于客户端的覆盖,第二个频道用于接受无线回程流量,第三个频道用于发送无线回程流量.因为每个链路都工作在独立的信道上,专用的回程链路可以同时发送和接收数据,所以此方案与单模块或双模块方案相比具有更好的性能.

无线 Mesh 多频方案已经成为无线应用的主流,国内外亦有很多成功案例.在实际应用中,通常采用 5.8 GHz 频段进行节点间数据的传输,采用 2.4 GHz 频段进行无线覆盖.

## 1.2 WMN 的特点

无线 Mesh 网络是多跳与多点到多点结构的融合,具有以下几个重要特点:

1) 多跳的结构<sup>[4]</sup>.在不牺牲信道容量的情况下,扩展当前无线网络的覆盖范围是 WMN 的最重要的目标之一;WMN 的另一个目标是为处于非视距范围的用户提供非视距连接. Mesh 网络中的链路比较短,所受干扰较小,因此可以提供较高的吞吐量和较高的频谱复用效率.

2) 支持 Ad-hoc 组网方式,具备自形成、自愈和自组织能力<sup>[5]</sup>. WMN 灵活的网络结构、便利的网络配置、较好的容错能力和网络连通性,使得 WMN 大大提升了现有网络的性能.在较低的前期投资下,WMN 可以根据需要逐步扩展.

3) 高带宽.由于在无线 Mesh 网络中数据以无线多跳的方式传输,可选用较短的传输链路,采用 802.11a/b/g 技术的 Mesh 网络数据传输速率能达到 54 Mbps.通过使用 Turbo 模式,无线链路带宽可高达 108 Mbps,为大规模的城域使用提供了高带宽基础.

4) 健壮性. Mesh 网络比单跳网络更加健壮,因为它不依赖于某一个单一节点的性能.在单跳网络中,如果某一个节点出现故障,整个网络也就随之瘫痪;而在 Mesh 网络结构中,由于每个节点都有一条或几条传送数据的路径,如果最近的节点出现故障

或者受到干扰,数据包将自动路由到备用路径继续进行传输,整个网络的运行不会受到影响.故障发生前后的网络变化状况如图 2 所示.

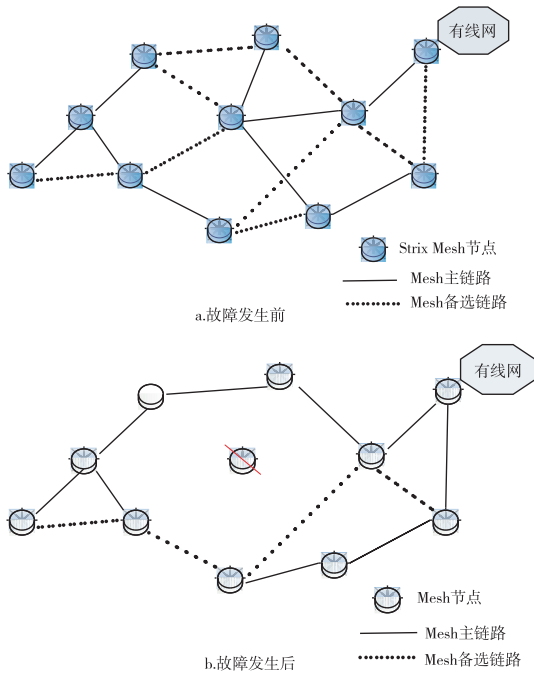


图 2 故障发生前后网络变化状况

Fig. 2 Mesh network before and after failure occurs

5) 兼容性. Mesh 网络可以通过相应的网关与 Internet、Wi-Fi 局域网、公共电话网等网络相连,这样,Mesh 网络中的无线终端用户也可以连接到其他网络.

6) 支持非视距传输<sup>[6]</sup>. 构建无线 Mesh 网络的一个重要目标就是为那些没有直接视距链路的用户提供非视距连接. WMN 采用无线多跳方式,用户即便不在基站接入点的覆盖范围内,也可以通过其他节点以无线多跳方式接入到目的网络.

7) 自动平衡负载. Mesh 网络中的设备都可作为其他设备的路由和转发器,这意味着每个终端都能通过相邻终端或其他网络设备的路由和转发,与距离较远的其他终端或者网络接入点进行通信.因此,在某些用户密集的地区当接入点负载过重时,网络系统会利用路由和转发的功能自动地将一部分用户的通信链接转移到其他的接入点上,从而平衡了整个网络的负载.

8) 自动配置、自动发现. Mesh 网络具有自动配置能力,当授权的网络节点启动后,该节点内的各模块互相自动发现并且自动确定各自的工作模式、智能扫描信道等功能,无需进行每个设备的手工配置.

## 2 WMN 的路由协议

### WMN routing protocols

WMN 路由协议的设计仍然是当前很热门的研究领域,主要的设计思路可分为分级路由协议、地理信息路由协议、热量路由协议和跨层路由协议等<sup>[7]</sup>. 针对 WMN 的特点,路由协议必须能分布式运行,并且能避免路由环路,协议尽量简单、安全性高和支持网络中节点的“休眠”操作以节省电能的使用量. 根据以上特性,目前的路由协议主要分为两种:先验式路由协议和按需路由协议.

### 2.1 先验式路由协议

先验式路由协议是一种基于路由表的路由协议. 在先验式路由协议中,每个节点必须维护一个或多个路由表,各个节点通过周期性的交换路由信息来不断更新自身的路由表内容,以便能够及时地反映网络拓扑结构的变化. 其最大优点是当节点有路由请求时,不需要发起路由发现机制,就可以立即得到到达目的节点的路由. 下面对基于目的序号距离矢量路由协议和无线路由协议两种典型的表驱动式路由协议进行分析介绍.

#### 1) 目的序号距离矢量路由协议

在该协议中,网络中的每个节点保存一张路由表用以维护该节点到网络中所有可达的节点的路由信息. 路由条目中保存目的节点的序列号用以区别新旧路由信息<sup>[8]</sup>. 为维护自身节点的路由信息,节点周期性地广播路由更新分组,节点收到路由更新分组后,它会自动比较更新分组中的目的节点序列号和自己保存的同一目的节点的序列号. 如果自身的大,则保持不变;如果自身的小,就更新自己的路由信息;如果两者的路由序列号相同,则选择具有较少跳数的路由进行更新.

#### 2) 无线路由协议

无线路由协议是基于路由表的路由协议,目的是在所有网络节点中维护路由信息<sup>[9]</sup>. 每个节点保存距离表、路由表、链路开销表、分组重传列表等信息. 距离表记录了该节点的下一跳节点的信息和目的节点通过本节点到相邻节点的距离;节点的路由表包含了每个目的节点到该节点的距离值,自身的前驱节点和后继节点信息;链路开销表则主要记载了到该节点的每个相邻节点的链路成本;分组重传列表主要记录包含了更新信息的序列号、一个重传计数标志以及更新报文中的内容.

## 2.2 按需路由协议

按需路由协议是根据发送数据分组的需要进行路由发现的过程.在这种协议中,路由表的内容也是按需建立的,因此其内容仅是整个网络拓扑结构的一部分.该路由协议能够快速适应网络拓扑的变化,但是如果网络负载很大,则其性能较差.典型的按需路由协议主要有动态源路由协议和按需距离矢量路由协议<sup>[10]</sup>.

### 1) 动态源路由协议

在动态源路由协议中,当用户发送信息时,在发送的数据报文头部携带到达目的节点的路由信息,该路由信息由网络中的若干节点地址组成,源节点的数据报文就通过这些节点的中继转发到达目的节点.该协议的优点是开销较小,同时,一次路由发现过程可能会产生多条到目的点的路由,有助于选择一个较优的路由;它的缺点是每个数据包的头部都需要携带路由信息,额外开销很大,同时由于路由缓存,失效路由会影响路由选择的准确性.

### 2) 按需距离矢量路由协议

按需距离矢量路由协议是一种对等的、基于目的的按需路由协议,它是动态源路由协议和目的序号距离矢量路由协议的组合.该协议的特点是使用了目的序列号和经典的距离矢量协议,通过这种方法解决了形成路由环的问题.

## 3 无线 Mesh 技术的应用<sup>[6]</sup>

Application of wireless Mesh technology

### 3.1 构建无线城市

无线 Mesh 技术作为宽带城域接入网络,可以提供多种多样切实可行的应用.全面的无缝覆盖整个城市的无线网络不仅是一种无线通信技术的创新,而且对于城市的数字化进程也具有重要的意义.无线 Mesh 技术在构建无线城市中的应用前景广阔.

### 3.2 学校

无线 Mesh 技术构建的校园无线网络有自己的特点.一是校园无线网络的规模大,用户多,通信量大,因为与一般企业用户相比,学生会更多地使用多媒体;二是网络覆盖的要求高,网络必须能够实现室内、室外、礼堂、宿舍、图书馆和公共场所等之间的无缝漫游;三是负载平衡非常重要,由于学生经常要集中活动,当学生同时在某个位置使用网络时,就可能发生通信拥塞现象.采用无线 Mesh 网络方式组网,不仅易于实现网络结构的升级和调整,而且能够

实现室外和室内之间的无缝漫游<sup>[11]</sup>.

### 3.3 医院

无线 Mesh 可以为医院架构一个理想的宽带接入方式.一般医院的建筑物比较密集,构造比较复杂,一些特定区域还要防电磁辐射,因此安装无线网络难度比较大.医院的通信网络有其自身的要求和特点:一是布线比较困难,在传统的组网方式中,需要在建筑物上穿墙凿洞才能布线,这显然不利于网络拓扑结构的变化;二是对网络的健壮性要求很高,如果医院里有重要的活动,网络任何可能的故障都将会带来灾难性的后果.采用无线 Mesh 组网则是解决这些问题的理想方案.如果要对医院无线网络拓扑进行调整,只需要移动现有的 Mesh 节点的位置或安装新的 Mesh 节点,过程也非常简单<sup>[12]</sup>.

### 3.4 应急通信

无线 Mesh 网络可作为城市应急和公共安全的通讯平台.该网络平时可以民用,而在发生突发事件或举行重大活动时可以作为公共应急的专网,为特定的部门进行应急通信.

## 4 结论

Conclusion

无线 Mesh 网络因其方便、快捷、高带宽和成本低等优势在无线宽带接入中有着广阔的应用前景.但是它本身还存在一些问题有待进一步解决,如网络的 QoS 保障、分布式网络管理、控制机制、WMN 安全机制和产品的兼容性问题.虽然市场上已有很多相关产品问世,但是如何有效地解决上述问题,仍然有较长的路要走.

## 参考文献

References

- [1] 何明, 袁杭萍, 肖登海, 等. 新一代无线 Mesh 网络[J]. 电信科学, 2009, 25(1): 62-65  
HE Ming, QIU Hangping, XIAO Denghai, et al. New generation wireless Mesh networks[J]. Telecommunications Science, 2009, 25(1): 62-65
- [2] 鹿述荣. 无线 Mesh 宽带网络技术简介及发展趋势[J]. 科技信息, 2008, 332(18): 539-540  
LU Shurong. The introduction and developing trends of the wireless Mesh network technology[J]. Science & Technology Information, 2008, 332(18): 539-540
- [3] 陶勇. WLAN Mesh 技术城域覆盖探讨[J]. 邮电设计技术, 2008, 7(12): 24-27  
TAO Yong. Discussion on WLAN Mesh technology metro area coverage[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunication, 2008, 7(12): 24-27
- [4] 朱近康. 无线 Mesh 技术和网络[J]. 中兴通讯技术, 2008, 4

- (2):1-7  
ZHU Jinkang. Wireless Mesh technology and networks [J]. ZTE Communications, 2008, 4(2):1-7
- [ 5 ] 田辉,陶小峰. IP 化基站无线 Mesh 组网构架[J]. 中兴通讯技术, 2008, 4(2):16-20  
TIAN Hui, TAO Xiaofeng. Wireless Mesh architecture for IP based base stations [J]. ZTE Communications, 2008, 4(2):16-20
- [ 6 ] 张艳丽,杜巍,黄亮. 无线 Mesh 网络在企业中的研究与应用[J]. 商场现代化, 2008, 16(16):23-24  
ZHANG Yanli, DU Wei, HUANG Liang. The study and application of wireless Mesh network in business [J]. Market Modernization, 2008, 16(16):23-24
- [ 7 ] 李冠楠. 无线 Mesh 网络技术的探索与研究[J]. 科技经济市场, 2008, 2(12):5-6  
LI Guannan. The exploration and research on the wireless Mesh network technology [J]. Technology and Economic Market, 2008, 2(12):5-6
- [ 8 ] 解飙. 无线 Mesh 网络的路由协议探析[J]. 软件导刊, 2009, 8(2):137-138  
XIE Biao. Study on the routing protocols in wireless Mesh network [J]. Software Guide, 2009, 8(2):137-138
- [ 9 ] Cheng G, Liu W, Li Y Z, et al. Spectrum aware on-demand routing in cognitive radio networks [C] // 2007 2nd IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2007:571-574
- [ 10 ] Cheng G, Liu W, Li Y Z, et al. Joint on-demand routing and spectrum assignment in cognitive radio networks [C] // 2007 IEEE International Conference on Communications, ICC'07. Glasgow, Scotland, United Kingdom, 2007:6499-6503
- [ 11 ] 邹志龙,杨慧. 无线 Mesh 网络技术及其应用[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(22):6130-6132  
ZOU Zhilong, YANG Hui. Wireless Mesh network technology and its applications [J]. Computer Knowledge and Technology, 2009, 5(22):6130-6132
- [ 12 ] 杨峰,黄俊,罗小华. 无线 Mesh 网络综述[J]. 数据通信, 2009, 9(1):12-18  
YANG Feng, HUANG Jun, LUO Xiaohua. Overview on wireless Mesh networks [J]. Data Communications, 2009, 9(1):12-18

## The study on wireless Mesh network

WANG Hua<sup>1</sup> LI Jingjing<sup>2</sup> HE Zhen<sup>3</sup> HAN Shanshan<sup>3</sup>

1 Zhengzhou Branch of China Tietong Group Company Limited, Zhengzhou 450000

2 Network Information Center, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

3 College of computer Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450000

**Abstract** As a kind of wireless multi-hop network, the wireless Mesh network originated from the combination of wireless LAN and mobile ad hoc network. With a new network architecture, wireless Mesh boasts of great technological prospects. This paper introduces the wireless Mesh network's advantages over traditional WLAN network, and analyzes its implementation, features, routing protocols, and applications in extensive areas.

**Key words** wireless technology; Mesh; network architecture