

移动通信前沿技术丛书

移动Ad Hoc网络

——自组织分组无线网络技术

陈林星 曾 曦 曹 毅 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

移动通信前沿技术丛书

移动 Ad Hoc 网络

——自组织分组无线网络技术

陈林星 曾 曦 曹 毅 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书介绍移动 Ad Hoc 网络（即自组织分组无线网络）技术。主要包括六个部分的内容：移动 Ad Hoc 网络基本概念、发展历史、特点、应用及其主要内容；MAC 技术；网络层路由技术与多目标路由技术；IP 地址、带宽、功率的管理与控制技术；QoS；安全。

本书内容丰富、新颖，概念清楚，层次结构合理、明晰，涵盖了当前国际上移动 Ad Hoc 网络的主要研究成果及内容，可帮助读者尽快地全面了解和掌握移动 Ad Hoc 网络技术。

本书可供从事自组织移动多跳分组无线网络的科研人员、工程技术人员及高等院校师生，以及所有对此感兴趣的人士阅读和参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

移动 Ad Hoc 网络：自组织分组无线网络技术 / 陈林星等编著. —北京：电子工业出版社，2006.4

（移动通信前沿技术丛书）

ISBN 7-121-02112-9

I. 移… II. 陈… III. 移动通信—通信网 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 145346 号

责任编辑：王春宁

印 刷：北京智力达印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

经 销：各地新华书店

开 本：787×1 092 1/16 印张：40.75 字数：1036 千字

印 次：2006 年 4 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：59.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：（010）68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

移动通信是当前发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一，有专家预测到 2003 年全球移动用户数将达到 10 亿。移动通信的最终目标是实现任何人可以在任何地点、任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。移动通信技术现在已经发展到了以 WCDMA 为代表的第三代，而相互兼容各种移动通信技术的第四代标准目前已经悄然来临。为了促进和推动我国移动通信产业的发展，并不断满足社会各界和广大通信技术人员系统学习和掌握移动通信前沿技术的需求，电子工业出版社特约请国内从事移动通信科研、教学、工程、管理等工作并具有丰富的理论和实践经验的专家、教授亲自编著或翻译国外“金”典著作，组成了这套《移动通信前沿技术丛书》，于新世纪之初相继地推出。

该丛书从我国移动通信技术应用现状与发展情况出发，以系统与技术为中心，全面系统地介绍了当今移动通信领域涉及的有关关键技术与热点技术，如软件无线电原理与应用、智能天线原理与应用、蓝牙技术、移动 IP、通用无线分组业务（GPRS）、移动通信网络规划与优化、移动数据通信以及典型的第三代移动通信系统等内容。其特点是力求内容的先进性、实用性和系统性；突出理论性与工程实践性紧密结合；内容组织循序渐进、深入浅出，理论叙述概念清晰、层次清楚，经典实例源于实践。丛书旨在引导读者将移动通信的原理、技术与应用有机结合。

这套丛书的主要读者对象是广大从事通信技术工作的工程技术人员，也适合高等院校通信、计算机等学科各专业在校师生和刚走上工作岗位的毕业生阅读参考。

在编辑出版这套丛书过程中，参与编著、翻译和审定的各位专家都付出了大量心血，对此，我们表示衷心感谢。欢迎广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议，或推荐其他的选题（E-mail:davidzhu@phei.com.cn），以便我们今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术图书。

电子工业出版社
通信与电子技术图书事业部

前 言

移动多跳分组无线网络（即移动 Ad Hoc 网络）（Mobile Ad Hoc Network, MANET）是没有任何中心实体的自组织网络，依靠节点间的相互协作（在事先设计好的各种协议的支持下）在移动、复杂多变的无线环境中自行成网，借助于多跳转发技术来弥补无线设备的有限传输距离、从而拓宽网络的覆盖范围，为用户提供各种服务、传输各种业务。移动 Ad Hoc 网络是一种不需要依赖现有固定通信网络基础设施的、能够迅速展开使用的网络体系，网络节点能够动态地、随意地、频繁地进入和离开网络。

移动 Ad Hoc 网络的特点是组网灵活性强、支持移动性、易于迅速展开、系统整体抗毁能力强（采用分布式网络结构，一个节点或者少数几个节点的被毁不会导致整个系统的瘫痪）、系统成本低。

移动 Ad Hoc 网络几乎涉及到所有方面：从战舰、战士到普通消费者产品，例如，汽车、便携式电脑、个人数字助理 PDA 以及蜂窝电话。即使是很小的传感器也可能包含 Ad Hoc 通信节点。所以，移动 Ad Hoc 网络的应用领域确实非常宽广。例如，移动 Ad Hoc 网络适用于搜寻与营救、数字化与自动化战场、战术应用、灾难重建、群体控制、移动办公、虚拟教室、传感器网络等。可以安装移动 Ad Hoc 网络节点的移动平台的例子有小汽车、卡车、公共汽车、坦克、火车、飞机、直升飞机、轮船等。

移动 Ad Hoc 网络中的节点具有游牧特性，节点（或者节点组）在一定区域内自由移动，动态地产生和拆毁其与其他节点的关系；节点移动导致网络拓扑变化，而且网络拓扑受网络规模大小的影响；移动 Ad Hoc 网络是在任何地方都可展开使用的，不同的、随时间和位置而变化的移动模式和电波传播条件可能导致移动 Ad Hoc 网络中相邻节点之间的连接断续、零散，因而移动 Ad Hoc 网络是一个时变的网络。网络拓扑的不断变化和传播条件的变化多样，可能导致所收集和建立起来的网络信息（如路由表）的有效期变短甚至很短，频繁的网络重构可能要引起频繁地交换控制信息，以便反映网络的当前状态。移动 Ad Hoc 网络中的所有网络实体之间的所有通信都是在无线媒介上进行的，由于无线通信对传播损伤显得很脆弱，所以网络节点之间的连接没有保障；由于无线带宽有限，所以无线带宽的使用应该最小化；由于有些移动设备可能是手持的，其供电能力有限，所以所要求的发射功率也应该最小化。一般情况下，由于单个移动节点的传播范围比整个网络的覆盖范围小得多，所以两个节点之间的通信常常需要通过中间节点来中继（如使用多跳路由），因此移动 Ad Hoc 网络常常是一个多跳的分组无线网络。随着移动 Ad Hoc 网络的不断发展和成功应用，人们已经不满足于移动 Ad Hoc 网络提供的数据传输服务，而是希望移动 Ad Hoc 网络能够提供更多业务类型的传输服务。例如，从纯数据传输、纯话音传输以及带某种限制的视频传输，到话音、数据、图像的综合传输。所以移动 Ad Hoc 网络应该具有一定的服务质量 QoS 保证能力。

本书系统地介绍了移动多跳分组无线网络（移动 Ad Hoc 网络）技术，其目的是为移动多跳分组无线网络设计者、研究人员、院校师生以及所有对此感兴趣的读者全面、系统地理解和掌握移动多跳分组无线网络技术提供一些帮助。

本书的编写安排如下：

第一部分“移动 Ad Hoc 网络”：包含 4 章，第 1 章介绍移动 Ad Hoc 网络的发展历史、基本概念、特点；第 2 章介绍移动 Ad Hoc 网络的内容；第 3 章专门介绍 Ad Hoc 网络的应用，第 4 章介绍 Ad Hoc 网络的广播技术。

第二部分“移动 Ad Hoc 网络的 MAC 层”：包含 3 章，第 5 章介绍竞争类 MAC 协议，包括基于控制分组握手类多址访问协议 (MACA、MACAW、MACA-BI、FAMA、IEEE 802.11 MAC)、忙音类多址访问协议 (BTMA、DBTMA)；第 6 章介绍分配类 MAC 协议，包括 TDMA、FPRP、HRMA；第 7 章介绍混合类 MAC 协议，包括 TDMA 与 CSMA 的混合协议、HTDMA 等。

第三部分“移动 Ad Hoc 网络的网络层”：包含 7 章，第 8 章详细介绍两种典型的主动式路由协议 OLSR 和 TBRPF；第 9 章详细介绍两种代表性的按需路由协议 AODV、ABR；第 10 章专门详细介绍源动态按需路由协议 DSR；第 11 章主要介绍一种典型的混合路由协议 ZRP；第 12 章介绍移动 Ad Hoc 网络的多径路由技术；第 13 章详细介绍四种多目标路由协议 MAODV、ABAM、ODMRP、ADMR；第 14 章对一些路由协议做了性能对比分析。

第四部分“移动 Ad Hoc 网络的资源管理”：包含 2 章，第 15 章详细介绍移动 Ad Hoc 网络的 IP 地址自动配置技术；第 16 章从网络层次结构上阐述移动 Ad Hoc 网络的功率控制与管理技术。

第五部分“移动 Ad Hoc 网络的 QoS”：包含 2 章，第 17 章介绍移动 Ad Hoc 网络的 QoS 框架体系，包括基于 MACA/PR 的 QoS 体系、INSIGNIA 体系、iMAQ 体系、HSPRN 体系；第 18 章论述移动 Ad Hoc 网络中的 TCP 问题。

第六部分“移动 Ad Hoc 网络的安全”：包含 1 章，第 19 章分析移动 Ad Hoc 网络的安全威胁，全面介绍多层次安全解决方案。

本书的编写由陈林星研究员策划和主持。中国电子科技集团公司第三十研究所高级工程师曾曦完成本书第 15 章“移动 Ad Hoc 网络的 IP 地址分配技术”、第 18 章“移动 Ad Hoc 网络中的 TCP”的编写，并完成了本书中大多数图形的描绘。重庆通信学院曹毅老师完成第 7 章“移动 Ad Hoc 网络的混合类 MAC 协议”的编写。第 4 章由陈林星和曹毅共同完成编写。本书剩余部分由陈林星完成编写，并负责全书的统稿。中国电子科技集团公司第三十研究所原副所长、总参通信部通信专业组组长程蝉研究员在百忙中仔细审阅全书和给予宝贵指导。中国电子科技集团公司第三十研究所邱杰研究员审阅了本书，并提出了有益意见。作者在此向两位专家表示衷心的感谢。

本书的编写参阅了大量的研究文献和资料。在每章最后列出本章的参考资料。对于本书的出版，作者非常感谢电子工业出版社的大力支持，尤其感谢电子工业出版社通信与电子技术事业部主任竺南直博士的支持和帮助。衷心感谢电子工业出版社通信与电子技术事业部高级编辑王春宁博士给予的支持和付出的辛勤和汗水。

由于作者水平有限，本书难免有缺陷甚至错误，非常欢迎读者给予指正。联系信箱：
clx-clx-clx@163.com。

目 录

第 1 章 移动 Ad Hoc 网络概述	(1)
1.1 分组无线网络发展历史简述	(2)
1.2 移动 Ad Hoc 网络	(4)
1.3 移动 Ad Hoc 网络的特点	(7)
1.4 移动 Ad Hoc 网络中的问题	(9)
1.4.1 消费者应用	(9)
1.4.2 外部系统连接	(9)
1.4.3 带宽有限	(9)
1.4.4 扩展性	(10)
1.4.5 电池能量极其有限	(10)
1.4.6 安全	(10)
参考文献	(11)
第 2 章 移动 Ad Hoc 网络的基本内容	(12)
2.1 移动 Ad Hoc 网络的媒介访问控制	(12)
2.1.1 MAC 协议的功能和作用	(12)
2.1.2 影响 MAC 协议的因素	(13)
2.1.3 设计 MAC 协议时应该考虑的问题	(15)
2.1.4 基本的 MAC 协议	(17)
2.1.5 Ad Hoc MAC 协议	(19)
2.2 移动 Ad Hoc 网络的路由问题	(20)
2.2.1 路由协议的分类	(20)
2.2.2 路由协议的性能	(22)
2.3 移动 Ad Hoc 网络中的 QoS 问题	(24)
2.3.1 服务质量参数	(24)
2.3.2 移动 Ad Hoc 网络提供 QoS 支持所面临的问题与困难	(24)
2.3.3 折中原理	(25)
2.3.4 处理方法	(26)
2.3.5 物理层对服务质量 QoS 的支持	(26)
2.4 移动 Ad Hoc 网络中的 TCP 性能问题	(26)
2.5 移动 Ad Hoc 网络的安全问题	(27)
2.5.1 移动 Ad Hoc 网络面临的安全威胁	(27)
2.5.2 安全目标	(27)
参考文献	(28)

第 3 章 移动 Ad Hoc 网络的应用	(29)
3.1 应用实例	(29)
3.1.1 会议	(29)
3.1.2 个人区域网络	(30)
3.1.3 紧急事件服务	(30)
3.1.4 传感器尘埃	(30)
3.2 商用产品	(31)
3.3 JTRS 宽带自组织网络及其应用	(31)
3.3.1 JTRS WNW 网络在陆军的应用	(32)
3.3.2 JTRS WNW 网络在海军的应用	(33)
3.3.3 JTRS WNW 网络在美国海军陆战队的应用	(35)
3.3.4 JTRS WNW 网络在空军的应用	(36)
3.3.5 JTRS WNW 网络的操作要求	(37)
3.3.6 JTRS WNW 网络的网络要求	(40)
第 4 章 移动 Ad Hoc 网络中的广播	(45)
4.1 广播在移动 Ad Hoc 网络中的作用	(45)
4.2 广播的特点	(45)
4.3 移动 Ad Hoc 网络中的广播技术	(46)
4.3.1 简单泛洪	(46)
4.3.2 概率广播法	(46)
4.3.3 区域广播法	(47)
4.3.4 邻区了解广播法	(47)
4.4 泛洪产生的广播暴	(48)
4.4.1 多余重播分析	(48)
4.4.2 竞争分析	(50)
4.4.3 碰撞分析	(51)
4.5 减少多余广播、竞争、碰撞的机制	(51)
4.5.1 概率方案	(52)
4.5.2 计数器方案	(52)
4.5.3 距离方案	(52)
4.5.4 位置方案	(53)
4.5.5 分群方案	(54)
4.5.6 五种解决方案的评估	(55)
参考文献	(55)
第 5 章 移动 Ad Hoc 网络的竞争类 MAC 协议	(57)
5.1 ALOHA 协议	(57)
5.2 载波侦听多址访问协议 (CSMA)	(57)
5.3 基于控制分组握手的访问控制协议	(59)

5.3.1	多址访问与碰撞回避 (MACA) 协议	(59)
5.3.2	MACAW 协议	(60)
5.3.3	FAMA 协议	(68)
5.3.4	IEEE 802.11 MAC 协议	(76)
5.3.5	MACA-BI 协议	(80)
5.4	忙音类多址访问协议	(81)
5.4.1	忙音多址访问协议 (BTMA)	(81)
5.4.2	双忙音多址访问协议 (DBTMA)	(81)
5.4.3	接收机初始化忙音多址访问协议 RI-BTMA	(93)
5.4.4	无线碰撞检测协议 WCD	(93)
	参考文献	(93)
第 6 章 移动 Ad Hoc 网络的分配类 MAC 协议		(95)
6.1	时分多址访问协议 (TDMA)	(95)
6.2	五步预留协议 (FPRP)	(95)
6.2.1	FPRP 协议	(96)
6.2.2	基于竞争的访问	(105)
6.2.3	节点移动的影响	(108)
6.2.4	时间同步问题	(111)
6.2.5	干扰考虑	(112)
6.2.6	FPRP 协议的应用	(112)
6.3	跳频预留多址访问协议 (HRMA)	(113)
6.3.1	HRMA 协议描述	(114)
6.3.2	跳频的访问和预留	(115)
6.3.3	HRMA 协议的正确性	(122)
6.3.4	HRMA 协议吞吐量的比较分析	(123)
6.3.5	数据结果	(127)
	参考文献	(130)
第 7 章 移动 Ad Hoc 网络的混合类 MAC 协议		(131)
7.1	混合时分多址访问协议 (HTDMA)	(131)
7.1.1	HTDMA 传输时间安排的基本设计考虑	(131)
7.1.2	HTDMA 时间安排协议	(132)
7.1.3	HTDMA 的性能分析	(136)
7.2	其他混合协议简述	(138)
7.2.1	TDMA 和 CSMA 的混合协议	(138)
7.2.2	ADAPT 协议	(138)
7.2.3	ABROAD 协议	(139)
7.2.4	AGENT 协议	(139)
7.2.5	Meta-协议	(140)

参考文献	(142)
第 8 章 移动 Ad Hoc 网络的主动式路由协议	(143)
8.1 最优化链路状态路由协议 (OLSR)	(143)
8.1.1 OLSR 协议概述	(143)
8.1.2 协议功能	(146)
8.1.3 分组格式与分组转发	(148)
8.1.4 信息的存储	(153)
8.1.5 主地址与多接口	(154)
8.1.6 HELLO 消息的格式与产生	(156)
8.1.7 链路探测	(160)
8.1.8 相邻节点探测	(161)
8.1.9 拓扑建立	(165)
8.1.10 路由表的计算	(167)
8.1.11 节点配置	(169)
8.1.12 非 OLSR 的接口	(169)
8.1.13 链路层通知	(172)
8.1.14 链路滞后作用	(172)
8.1.15 冗余拓扑信息	(174)
8.1.16 MPR 冗余度	(175)
8.1.17 IPv6 考虑	(176)
8.1.18 有关常量的建议值	(177)
8.1.19 序列号	(179)
8.1.20 流控制和拥塞控制	(179)
8.1.21 IANA 考虑	(179)
8.2 基于反向路径转发的拓扑分发协议 (TBRPF)	(180)
8.2.1 引言	(180)
8.2.2 TBRPF 概述	(182)
8.2.3 TBRPF 分组	(185)
8.2.4 TBRPF 相邻节点寻找	(187)
8.2.5 TBRPF 路由模块	(191)
8.2.6 TBRPF 泛洪机制	(206)
8.2.7 TBRPF 在移动 Ad Hoc 网络中的操作	(206)
参考文献	(208)
第 9 章 移动 Ad Hoc 网络的按需路由协议	(210)
9.1 Ad Hoc 按需距离矢量路由协议 (AODV)	(210)
9.1.1 概述	(210)
9.1.2 AODV 路由协议使用的专业术语	(211)
9.1.3 适用性陈述	(212)

9.1.4	消息格式	(212)
9.1.5	AODV 路由协议的操作	(215)
9.1.6	AODV 路由协议与综合网络	(227)
9.1.7	AODV 路由协议在其他网络中的应用	(228)
9.1.8	扩展	(228)
9.1.9	参数配置与 IANA 考虑	(229)
9.2	基于相互关系的路由协议 (ABR)	(231)
9.2.1	移动节点移动的分类	(231)
9.2.2	ABR 路由协议	(232)
9.2.3	ABR 路由协议的数据结构	(236)
9.2.4	ABR 路由协议描述	(236)
	参考文献	(244)
第 10 章	移动 Ad Hoc 网络的源动态路由协议	(245)
10.1	假设	(246)
10.2	DSR 路由协议概述	(247)
10.2.1	DSR 路由协议的基本路由寻找	(247)
10.2.2	DSR 路由协议的基本路由维护	(249)
10.2.3	路由寻找的其他特点	(250)
10.2.4	路由维护的其他特点	(253)
10.2.5	可选的 DSR 流状态扩充	(255)
10.3	概念性数据结构	(259)
10.3.1	路由存储器	(259)
10.3.2	发送缓存器	(262)
10.3.3	路由请求表	(262)
10.3.4	无请求路由应答表	(263)
10.3.5	网络接口队列与维护缓存器	(263)
10.3.6	黑名单	(264)
10.4	流状态扩充的其他概念性数据结构	(264)
10.5	流表	(264)
10.5.1	自动路由缩短表	(265)
10.5.2	默认流识别码 ID 表	(266)
10.6	DSR 选项头格式	(266)
10.6.1	DSR 选项头的固定组成部分	(266)
10.6.2	路由请求选项	(268)
10.6.3	路由应答选项	(269)
10.6.4	路由错误选项	(270)
10.6.5	应答选项	(272)
10.6.6	DSR 源路由选项	(273)
10.6.7	填充码 Pad1 选项	(274)

10.6.8	填充码 PadN 选项	(274)
10.7	流状态扩充的其他分组头格式与选项	(275)
10.7.1	DSR 流状态头	(275)
10.7.2	DSR 选项头中的新选项与扩充	(276)
10.7.3	路由错误选项的新错误类型	(277)
10.7.4	应答请求选项的新扩充	(277)
10.8	DSR 路由协议的详细操作	(278)
10.8.1	分组的一般性处理	(278)
10.8.2	路由寻找的处理	(283)
10.8.3	路由维护的处理	(289)
10.8.4	多网络接口的支持	(295)
10.8.5	IP 分组的分片与重组	(295)
10.8.6	流状态的处理	(295)
10.9	DSR 路由协议的常量与配置变量	(301)
10.10	IANA 考虑	(301)
10.11	最大寿命链路由存储器的描述	(302)
10.12	DSR 协议在 ISO 网络参考模型中的位置	(303)
	参考文献	(303)
第 11 章	移动 Ad Hoc 网络的混合路由协议	(305)
11.1	域路由协议 (ZRP)	(305)
11.1.1	可重构无线网络 (RWN) 的概念	(305)
11.1.2	通信环境与可重构无线网络模型	(306)
11.1.3	ZRP 路由协议概述	(307)
11.1.4	ZRP 路由协议的详细描述	(313)
11.1.5	ZRP 路由协议的评价	(323)
11.1.6	性能结果	(325)
11.1.7	ZRP 协议的正确性	(328)
11.2	抢先式路由协议	(329)
11.2.1	移动 Ad Hoc 路由算法	(330)
11.2.2	抢先式路由维护	(331)
11.2.3	抢先告警的产生	(332)
11.2.4	抢先式路由维护实例	(335)
11.2.5	性能评估	(336)
	参考文献	(341)
第 12 章	移动 Ad Hoc 网络的多径路由技术	(342)
12.1	多径路由的基本概念	(342)
12.1.1	不相交性	(342)
12.1.2	多径路由的优点	(343)

12.1.3	多径路由的组成	(343)
12.1.4	链路层对多径路由的影响	(344)
12.2	多径路由的选择准则	(345)
12.3	Ad Hoc 按需多径距离矢量路由协议 (AODMV)	(346)
12.3.1	AODV 路由协议的序列号和开环	(347)
12.3.2	AODMV 协议	(347)
12.3.3	AODMV 协议的性能评估	(352)
12.3.4	AODMV 协议开环路由的正确性	(354)
12.4	多径源动态路由协议	(355)
12.4.1	源动态路由协议 DSR 的多径路由扩充	(356)
12.4.2	数学分析模型	(357)
12.4.3	数学分析数据结果	(360)
12.4.4	性能评价与仿真	(363)
12.4.5	结论	(366)
12.5	最大节点不相交按需多径路由协议	(367)
12.5.1	多径路由的计算	(367)
12.5.2	寻找多条节点不相交路径的能力	(368)
12.5.3	多径路由的使用	(369)
12.5.4	性能仿真评估	(369)
12.5.5	结论	(372)
12.6	分离多径路由 (SMR)	(373)
12.6.1	路径寻找	(374)
12.6.2	路由维护	(375)
12.6.3	分配间隔	(376)
12.6.4	SMR 协议的性能评估	(376)
	参考文献	(379)
第 13 章	移动 Ad Hoc 网络的多目标路由协议	(382)
13.1	MAODV 协议	(382)
13.1.1	路由请求消息的产生	(382)
13.1.2	反向路由的建立	(384)
13.1.3	路由应答消息的产生	(384)
13.1.4	多目标组 HELLO 消息	(385)
13.1.5	多目标树的维护	(385)
13.1.6	中断链的修复	(387)
13.2	基于相互关系的多目标路由协议 (ABAM)	(389)
13.2.1	ABAM 多目标树的建立	(390)
13.2.2	ABAM 多目标树的重建	(390)
13.2.3	ABAM 多目标树的删除	(392)
13.2.4	ABAM 协议对多目标组成员动态性的处理	(392)

13.3	按需多目标路由协议 (ODMRP)	(392)
13.3.1	多目标路由与网格的建立	(393)
13.3.2	例子	(394)
13.3.3	数据转发	(395)
13.3.4	软状态	(395)
13.3.5	定时器数值的选择	(395)
13.3.6	数据结构	(395)
13.3.7	单目标传输能力	(396)
13.4	自适应按需驱动多目标路由协议 (ADMR)	(396)
13.4.1	ADMR 协议的特点	(396)
13.4.2	ADMR 协议概述	(397)
13.4.3	数据结构	(399)
13.4.4	多目标分组的转发	(400)
13.4.5	加入新的多目标源节点	(401)
13.4.6	接收节点的请求加入	(401)
13.4.7	接收新多目标源节点发送的数据	(403)
13.4.8	本地子树的修复	(404)
13.4.9	接收方发起的修复	(406)
13.4.10	树的修剪	(406)
13.5	多目标路由协议的比较	(407)
	参考文献	(409)
第 14 章	移动 Ad Hoc 网络路由协议的对比分析	(411)
14.1	表格驱动路由协议与按需路由协议的一般对比分析	(411)
14.2	按需操作对路由协议性能的影响	(411)
14.2.1	方法论	(412)
14.2.2	DSR 路由协议的基本评价	(413)
14.2.3	对时延的影响	(414)
14.2.4	对开销的影响	(420)
14.2.5	对路由存储一致性的影响	(424)
14.2.6	结论和说明	(427)
14.3	DSR 与 AODV 的对比	(427)
14.3.1	DSR 和 AODV 的对比分析	(427)
14.3.2	对 DSR 和 AODV 的仿真对比	(428)
14.3.3	仿真结果的分析	(438)
14.3.4	比较结论	(441)
14.4	ABR、DSR、DBF 的对比	(442)
14.4.1	控制消息开销的对比	(443)
14.4.2	数据吞吐量的对比	(444)

14.4.3	端-端数据分组传输时延的对比	(444)
14.4.4	其他方面的对比	(445)
14.4.5	对比结论	(446)
14.5	ABR、AODV、DSR 的对比分析	(447)
	参考文献	(448)
第 15 章	移动 Ad Hoc 网络的 IP 地址分配技术	(451)
15.1	IP 地址分配面临的困难与基本要求	(451)
15.1.1	面临的困难	(451)
15.1.2	基本要求	(452)
15.1.3	主要术语与定义	(453)
15.2	IP 地址分配算法的分类	(453)
15.2.1	冲突检测分配法	(453)
15.2.2	无冲突分配法	(454)
15.2.3	最大努力分配法	(454)
15.3	Perkins 冲突检测分配法	(454)
15.3.1	概述	(455)
15.3.2	分组格式	(455)
15.3.3	IPv4 地址自动配置	(457)
15.3.4	IPv6 地址自动配置	(458)
15.3.5	参数配置	(459)
15.3.6	有关讨论	(460)
15.4	分布式动态主机配置协议 (DDHCP)	(461)
15.4.1	系统模型	(461)
15.4.2	DDHCP 协议的基本思想	(461)
15.4.3	DDHCP 协议描述	(463)
15.4.4	DDHCP 协议的强壮性	(465)
15.4.5	DDHCP 协议的性能	(469)
15.5	基于二分法的主动式 IP 地址动态分配法	(471)
15.5.1	IP 地址分配的 Buddy 系统	(471)
15.5.2	系统模型	(472)
15.5.3	IP 地址分配协议	(472)
15.5.4	节点同步	(474)
15.5.5	IP 地址池回收协议	(474)
15.5.6	算法	(476)
15.5.7	网络的分割与合并	(479)
15.5.8	性能简评	(480)
15.6	预测分配法	(481)
15.6.1	预测分配	(481)
15.6.2	网络分割与合并的处理机制	(482)

15.6.3	函数 $f(n)$ 的设计	(483)
15.6.4	预测分配协议	(484)
15.6.5	预测分配法的性能	(484)
15.7	各种地址分配方法的性能对比	(486)
15.7.1	性能评估指标	(486)
15.7.2	预测分配法与其他分配法的对比分析	(487)
15.7.3	DDHCP 协议与其他分配法的对比分析	(488)
	参考文献	(488)
第 16 章	移动 Ad Hoc 网络中的功率与能量效率	(491)
16.1	移动 Ad Hoc 网络的协议栈	(492)
16.1.1	协议层次	(492)
16.1.2	物理层的节能	(493)
16.2	功率消耗源	(493)
16.3	功率控制	(494)
16.4	通用节能途径	(495)
16.5	MAC 子层	(496)
16.5.1	IEEE 802.11 节能机制	(496)
16.5.2	PAMAS 协议	(497)
16.6	逻辑链路控制子层 (LLC)	(502)
16.7	网络层	(504)
16.7.1	功率意识路由协议	(504)
16.7.2	PARO 协议	(506)
16.7.3	广播传输	(513)
16.8	传输层	(514)
16.9	操作系统 OS/中间层	(514)
16.10	本章小结	(515)
	参考文献	(515)
第 17 章	移动 Ad Hoc 网络的 QoS 体系	(517)
17.1	基于 MACA/PR 的 QoS 体系	(517)
17.1.1	MACA/PR 协议	(518)
17.1.2	分组携带预留协议	(518)
17.1.3	QoS 路由算法	(522)
17.2	INSIGNIA 服务质量框架体系	(524)
17.2.1	基本考虑	(524)
17.2.2	INSIGNIA 服务质量框架体系	(526)
17.2.3	INSIGNIA 的信令系统	(527)
17.2.4	性能仿真评估与分析	(536)
17.3	iMAQ 服务质量体系	(546)

17.3.1	系统框架的交叉层设计	(546)
17.3.2	中间件数据可达性服务	(549)
17.3.3	网络层机制	(553)
17.3.4	性能	(560)
参考文献		(565)
第 18 章 移动 Ad Hoc 网络中的 TCP		(567)
18.1	多跳无线信道对 TCP 的影响	(567)
18.1.1	实验配置	(568)
18.1.2	多跳无线网络中的 TCP 吞吐量	(568)
18.1.3	TCP 分组丢失性能	(573)
18.1.4	讨论	(577)
18.1.5	结论	(578)
18.2	MAC 协议对 TCP 的影响	(578)
18.2.1	实验配置和实验参数	(578)
18.2.2	使用 TCP 的文件传输	(580)
18.2.3	MAC 协议对 TCP 影响的结论	(593)
18.3	多径路由协议上的 TCP	(593)
18.3.1	仿真环境与协议模型	(594)
18.3.2	使用多径路径同时传输的 TCP	(594)
18.3.3	使用备用路径的 TCP	(596)
18.3.4	备用路径多径路由的 TCP 性能评估	(597)
18.4	提高 TCP 性能的策略	(598)
18.4.1	反馈法	(598)
18.4.2	乱序检测与响应法	(599)
18.4.3	LRED 算法+自适应步距算法	(606)
参考文献		(610)
第 19 章 移动 Ad Hoc 网络的安全		(612)
19.1	攻击	(613)
19.1.1	网络层攻击	(613)
19.1.2	链路层攻击	(614)
19.2	面临的安全挑战	(614)
19.3	多层次多方面安全防护对策	(615)
19.3.1	网络层安全	(616)
19.3.2	Ad Hoc 安全路由	(617)
19.3.3	分组的安全转发	(620)
19.3.4	链路层安全	(621)
19.4	网络层安全的框架体系解决方案	(622)
19.4.1	相邻节点验证	(623)