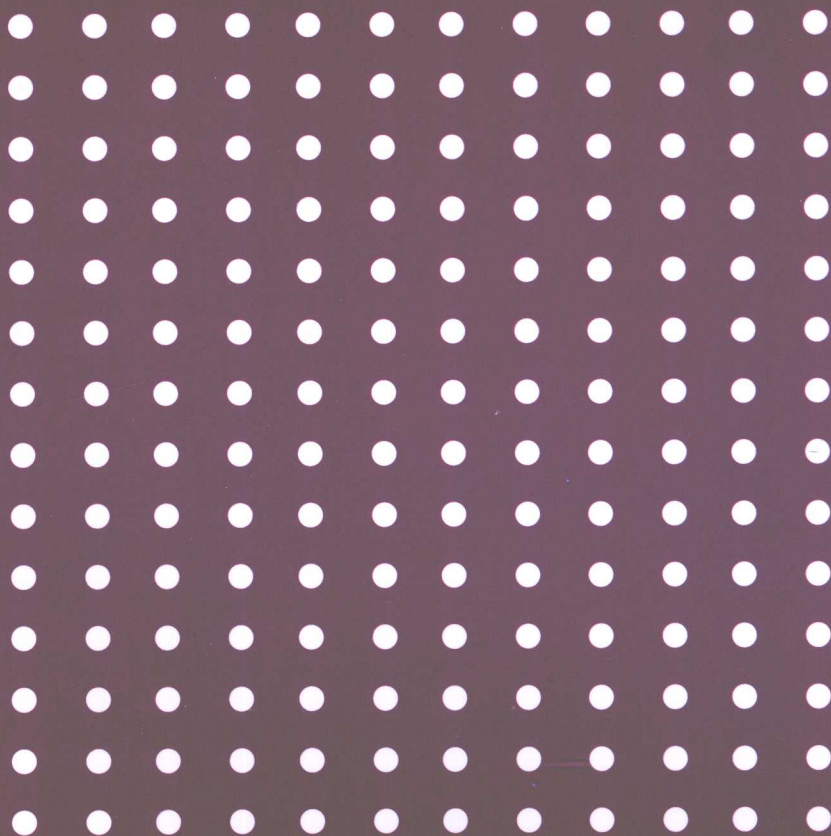


重点大学信息安全专业规划系列教材

无线自组织网络和对等网络 ——原理与安全

易平 吴越 邹福泰 李建华 编著

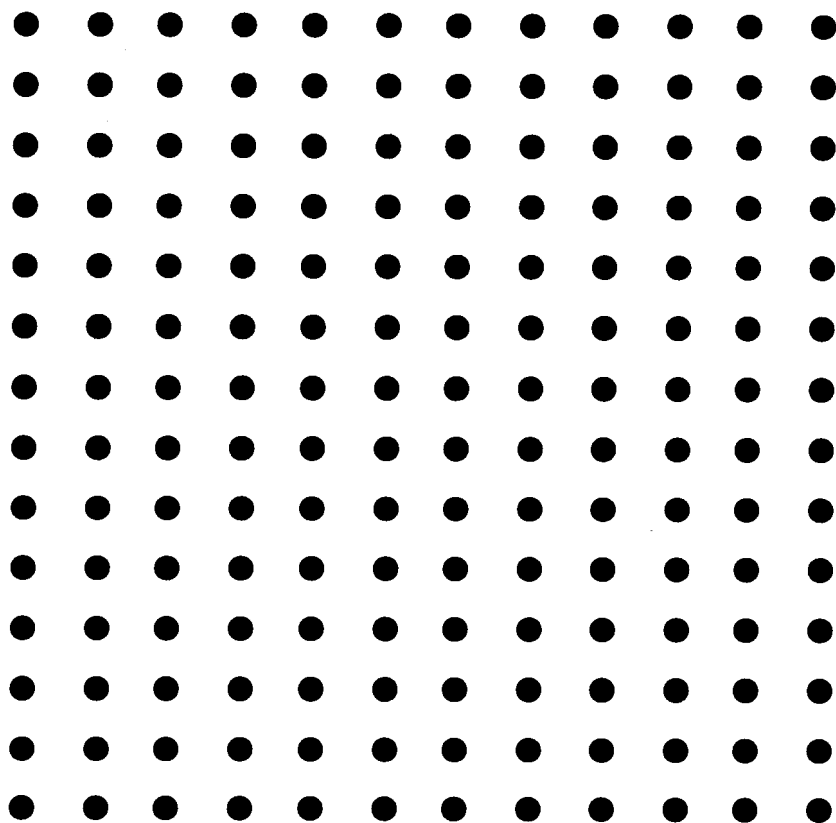


清华大学出版社

重点大学信息安全专业规划系列教材

无线自组织网络和对等网络 ——原理与安全

易平 吴越 邹福泰 李建华 编著



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书详细阐述了无线自组织网络和对等网络的基本原理和安全技术。全书分为10章,内容包括无线自组织网络概述、无线自组织网络安全的研究进展、无线自组织网络安全架构、无线自组织网络中DoS攻击模型、无线自组织网络入侵检测研究、无线自组织网络的主动防护机制、无线局域网的安全、无线Mesh网络的安全、对等网络及研究进展、对等网络的安全问题。

本书适于作为通信与信息系统、电子与信息工程、计算机应用、计算机网络等相关专业的大学本科和研究生教材,也适合以上相关专业的应用开发人员、工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

无线自组织网络和对等网络——原理与安全/易平,吴越等编著. —北京:清华大学出版社, 2009.10

ISBN 978-7-302-19933-5

I. 无… II. ①易… ②吴… III. ①无线电通信—自组织系统—通信网—研究 ②互联网—研究 IV. TP92 TP393.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第056979号

责任编辑:丁岭 顾冰

责任校对:李建庄

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:13 字 数:306千字

版 次:2009年10月第1版 印 次:2009年10月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:030833-01

FOREWORD

出版说明

计算机的广泛应用和网络技术的普及使得信息安全不仅涉及保密通信和数据安全,还涉及计算机安全、通信安全和网络安全,以及由此带来的保障信息系统正常运行等安全问题。国家信息基础设施在国家经济、政治、军事和社会生活中起着重要的核心作用,且信息也可作为重要的物质资源,因此,信息安全还关系到国家安全。

2003年中央《关于加强信息安全保障工作的意见》(27号)的文件将信息安全工作提升到保护公众利益和维护国家安全以及保障与促进信息化发展的高度,并明确提出要加强国内信息安全专业和院系建设,培养信息安全高级人才。国家中长期科技发展规划、国家“十一五”科技发展规划、国家信息化中长期发展规划等国家科技发展规划都强调建设信息安全保障体系。2005年教育部(7号)专门发文强调信息安全专业建设和信息安全学科专业技术教育。

信息安全是一门新兴的综合性交叉学科,它涉及通信、密码学、计算机、数学、物理、控制、人工智能、安全工程、法律、管理等诸多学科。信息安全技术随着信息技术的发展和信息化的推进而发展。本着安全性和有效性的原则,信息安全既要学习和应用新的信息技术,解决不断出现的信息安全问题,同时也不断提出新的科学问题,推动其他学科的发展。

近年来,高等学校信息安全专业发展取得了很大进步,逐步形成了学科体系和课程体系(包括专业基础课程和工程实践课程等多个组成部分),初步实现了与信息安全技术发展的接轨,实现了历史性的跨越。但也有一些不足,许多教材还没有很好地体现信息安全自身的科学规律,也缺乏与信息安全工程实践的结合。由此我们特别策划组织出版信息安全系列教材,旨在更好地培养国家急需的具有工程实践和创新能力的信息安全高级人才,同时更好地反映高校教师和科学工作者的科研和教学成果,以及国际上的最新学术进展。本系列教材的专家与编著队伍来自于全国重点大学信息安全专业、学院。希望能够通过本系列教材的出版集中体现与推广国内一批重点高校的信息安全专业的教学改革成果,填补本专业教材的空白。

系列教材建设目的

- (1) 满足重点大学信息安全专业的教学需要。
- (2) 展示重点大学信息安全专业的教学成果。
- (3) 示范重点大学在信息安全专业教育上的教学思想、教学理念和教学方法等。

教材建设原则与特点

(1) 面向学科发展和内容的更新,适应当前社会对信息安全专业高级人才的培养需求,教材内容以基本理论为基础,反映基本理论和原理的综合应用,重视实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课;特别注意选择并安排原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,如国家精品课程、部级及校级精品课程逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现重点大学信息安全专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套,同一门课程可以有多本具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优落实。依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

特别感谢上海交通大学信息安全工程学院等院系的大力支持与帮助。

期望信息安全专业领域的专家与一线教师、科研技术人员能够积极推荐更丰富的专业教材出版,期望在专业工程教学一线的专家同仁根据自身的教学特点,提出宝贵意见(dingl@tup.tsinghua.edu.cn)。

编者

2009年8月

FOREWORD

前言

进入 20 世纪 90 年代后,没有固定基础设施支撑、由若干移动节点组成的无线自组织网络,简称为移动 Ad hoc 网络(Mobile Ad hoc Networks),逐渐成为分组无线网中的一个研究热点。无线自组织网络是一种不同于传统无线通信网络的技术。传统的无线蜂窝通信网络,需要固定的网络设备(如基站)的支持,进行数据的转发和用户服务控制。而无线自组织网络不需要固定设备支持,各节点即用户终端自行组网,通信时,由其他用户节点进行数据的转发。这种网络形式突破了传统无线蜂窝网络的地理局限性,能够更加快速、便捷、高效地部署,适合于一些紧急场合的通信需要,如战场的单兵通信系统。它主要应用在抢险、抗灾、救援、探险、军事行动、应急任务和临时重大活动等,需要快速建立、移动、灵活的通信系统的场合中。它无论是在民用还是在军事上都有着显著的意义,而为了完成连续和无缝的通信要求,无线自组织网络将会起着至关重要的作用,因为仅仅基于现有的任何系统并不能支持更为广泛的、完全意义上的连续、无缝通信。在这一方面,无线自组织网络将是未来通信中关键而又现实的延伸,它可以灵活的扩展到任意的地域。

从 2000 年开始,对等网络(Peer-to-Peer Network, P2P 网络)一直是计算机和互联网领域最受关注的热门话题之一。《财富》杂志将 P2P 技术列为影响 Internet 未来的四项科技之一,Intel 公司也给了 P2P 技术极高的评价,将它称为“第三代网络革命”。对等网络将分布于世界各地的个人计算机组织起来,通过交换进行资源和服务的共享。这些资源和服务包括信息交换、高速缓存、处理能力、存储空间等。在对等网络中,每个节点自治又彼此依赖,自治是指每个节点独立决定自己的行为而不受其他例如集中式授权机构的控制,同时每个节点又需要相互协作获得信息资源、计算资源等。对等网络具有自组织特性,表现为网络具有高度的拓扑弹性和容错性。通常一个对等网络规模可达到几十万甚至上百万个计算节点,参与的计算节点以一种松散方式进行组织,非常适合广域网络和 Internet 的应用,并且已经涌现了不少非常具有影响力的应用系统,如 PPLive、PPStream、BT、eMule、Skype 等。事实上,对等网络已经在文件共享与内容分发、分布式数据存储、分布式计算、协同工作与服务共享、分布式深度搜索引擎、即时通信以及应用层多播等多个领域得到了广泛应用。对等网络不仅仅是一种技术体系,更是一种思想变革。它深刻影响了 Internet 的诸多应用,被视为下一代 Internet 应用的基础。

有感于无线自组织网络和对等网络技术的迅速发展,以及研究开发人员的对此领域进一步研究开发的需求,作者在自身研究工作积累的基础上精心编写了本书,让读者分享我们学习与研究工作的经验和成果。本书不仅可以使初学者能够了解领域内的研究现状,也可以为有一定研究基础的同行提供较为系统的相关的技术或方案,弥补这一领域内国内研究资料相对匮乏的境况,缩短国内学者的研究水平与国际一流水平的差距,贡献出更多的具有自主知识产权的研究成果。

本书共分 12 章。第 1 章介绍无线自组织网络的起源和发展。首先对无线自组织网络的概念和特点进行了简要叙述。然后介绍无线自组织网络的起源、发展历程和应用领域。其次着重阐述无线自组织网络领域中关键技术的研究现状及相关研究机构。

第 2 章介绍无线自组织网络的安全研究进展。由于无线自组织网络的独特结构,使得常规的安全方案无法应用,必须针对其特点设计专门的安全解决方案。本章从密钥管理、路由安全、入侵检测、增强合作几个方面介绍应用于无线自组织网络的安全解决方案。首先讨论密钥管理,主要介绍自组织的密钥管理和分布式的密钥管理两类算法,指出其优点和缺点。然后分析五种典型的路由安全协议,对它们进行综合比较并指出其存在问题及改进方法。接下来说明基于代理(agent)的分布式监视合作检测的入侵检测体系结构。最后讨论基于激励和基于惩罚的两种增强合作的机制。

第 3 章设计分析一种无线自组织网络的安全架构。安全架构借鉴免疫系统的思想,采用多代理来模拟实现淋巴细胞的免疫功能,设计一个适用于无线自组织网络的安全架构,实现对整个网络的入侵检测和入侵响应,同时还具有学习机制、分布式、自适应等特点。最后,通过实例分析阐明安全架构的有效性。

第 4 章讨论无线自组织网络中的攻击模型。本章分析无线自组织网络的安全弱点及其导致的各种 DoS 攻击方式。然后研究了按需路由协议 AODV,发现其中的一些弱点,该弱点可能导致无线自组织网络中一种新的 DoS 攻击模型——Ad hoc Flooding 攻击。该攻击主要针对移动 Ad hoc 网络中的按需路由协议,如 AODV、DSR 等。Ad hoc Flooding 攻击是通过在网络中泛洪发送超量路由查询报文,大量地占用网络通信及节点资源,以至于阻塞节点正常的通信。分析 Ad hoc Flooding 攻击之后,提出邻居阻止的防御策略,即当入侵者发送大量路由查询报文时,邻居节点降低对其报文的处理优先级,直至不再接收其报文。

第 5 章介绍无线自组织网络的入侵检测。在无线自组织网络环境下,因为移动节点可能被攻击截获,从而泄露合法密钥,导致攻击从内部产生,传统的网络安全措施,如防火墙、加密、认证等技术,在无线自组织网络中难以应用。因此,只有通过入侵检测才能发现并清除入侵者。本章提出一种基于时间自动机分布式合作的入侵检测算法。首先,将整个网络分为各个监视区域,每一区域随机选出簇头担任监视节点,负责本区域的入侵检测。其次,按照 DSR 路由协议构筑节点正常行为和入侵行为的时间自动机,监视节点收集其邻居节点的行为信息,利用时间自动机分析节点的行为,发现入侵者。本算法不需要事先进行数据训练并能够实时检测入侵行为。

第 6 章分析无线自组织网络的主动防护机制。无线自组织网络是由移动节点自组织形成的网络,由于其动态拓扑、无线信道的特点,容易遭受各种安全威胁。至今提出的许多安

全方案主要集中于入侵阻止和入侵检测两个领域内。尽管这些安全方案能够取得一定的安全保障效果,但是它们都只是被动地去发现和阻止入侵者,并不能从根本上消除入侵行为。为了解决这个问题,本文提出一种自动入侵响应模型。该模型通过多种功能的代理组成一个整体来实现主动入侵响应,首先在每个节点布置监视代理,负责收集其周围每个邻居节点的行为信息。然后每个区域内的决策代理汇总监视代理的信息并进行判断。最后,阻击代理在入侵者周围形成一道移动防火墙,将入侵者包围并隔离于网络,消除入侵行为,从而实现无线自组织网络的主动防护机制。

第7章介绍无线局域网的安全。无线局域网(WLAN)是近年来发展迅速的无线数据通信网,但在发展同时,它又面临着许多安全问题。首先对无线局域网进行概述,然后对无线局域网的安全风险和安全需求进行分析,最后重点阐述无线局域网的安全技术以及安全协议。

第8章介绍无线 Mesh 网络安全,无线 Mesh 网络是一种多跳、具有自组织和自愈特点的网络,是近年来发展迅速的宽带无线通信网络,但它在发展的同时,又面临许多安全问题。本章首先对无线 Mesh 网络进行了概述,然后对无线 Mesh 网络的安全风险和安全需求进行了分析,最后重点阐述了基于 MSA 协议的安全协议及相关技术。

第9章介绍对等网络及其研究进展。对等网络系统是一个新兴的研究领域,近些年得到迅速发展。首先对对等网络进行概述性介绍,包括概念、分类及应用情况,然后重点介绍对等网络在路由、拓扑和查询这三方面的研究工作和研究进展。

第10章介绍对等网络的安全。对等网络由于其松散性的组织,随着应用的普及,其安全问题日益得到强调和重视。针对对等网络的节点的自私行为和恶意行为,介绍当前对等网络的激励机制、信任机制以及文件安全机制的研究工作。

本书系统、全面地介绍了无线自组织网络和对等网络中的一些新的模型、算法、协议、技术等,内容丰富、系统性强。在共同讨论形成本书大纲的基础上,易平撰写第1~6章,邹福泰撰写第7、9、10章,吴越完成第8章。全书最后由易平统稿。本书在编写过程中得到上海交通大学信息安全工程学院有关专家教授的关心与支持,在此向他们表示衷心的感谢。

作者衷心感谢清华大学出版社的大力支持,尤其感谢本书的编辑为本书付出的辛勤劳动。

无线自组织网络和对等网络涉及领域宽,内容多,发展快,本书的取材有些为学术界和工程技术界的研究成果,也包括本书作者的一些成果和观点。相关研究成果属于设计原作者,我们在书中均作了引用标识。我们尽量以客观的态度对待任何一项研究方法和成果,对于其中的争议甚至错误,希望读者去进一步甄别与探究。尽管我们力求完美,但作者水平有限,疏漏、不当与错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

本书得到国家自然科学基金(编号:60803060)、国家高技术研究发展863计划(编号:2006AA01Z436,2007AA01Z452,2009AA01Z118)、儿童发展与学习科学教育部重点实验室项目(编号:CDLS-2009-01)等项目的资助。

编者

2009年6月于上海交通大学

CONTENTS

目
录

2.6	增强合作的机制	33
2.6.1	基于激励的机制	34
2.6.2	基于惩罚的机制	35
2.6.3	两类算法的比较与分析	35
2.7	小结	36
	参考文献	37
第3章	无线自组织网络安全架构	41
3.1	引言	41
3.2	免疫系统及移动代理概述	43
3.2.1	免疫机理	43
3.2.2	移动代理简介	43
3.3	安全架构	44
3.3.1	总体结构	44
3.3.2	监视代理构成	44
3.3.3	决策代理构成	45
3.3.4	攻击代理构成	46
3.4	实例分析	47
3.5	安全架构的特点	49
3.6	小结	50
	参考文献	50
第4章	无线自组织网络中 DoS 攻击模型	52
4.1	引言	52
4.2	背景知识	53
4.2.1	无线自组织网络的安全弱点	53
4.2.2	无线自组织网络中的 DoS 攻击方式	54
4.3	相关工作	55
4.4	Ad hoc Flooding 攻击模型	58
4.4.1	AODV 路由协议概述	58
4.4.2	Ad hoc Flooding 攻击方法	59
4.4.3	Ad hoc Flooding 攻击与 SYN Flooding 攻击的异同	60
4.5	防止 Ad hoc Flooding 攻击的方法	60
4.6	模拟实验	61
4.6.1	实验设置	61
4.6.2	Ad hoc Flooding 攻击实验结果	62
4.6.3	Ad hoc Flooding 防御方法实验结果	65
4.7	小结	67
	参考文献	67

第 5 章 无线自组织网络入侵检测研究	69
5.1 引言	69
5.2 相关工作	70
5.3 背景知识	72
5.3.1 DSR 概述	72
5.3.2 时间自动机简介	73
5.3.3 DSR 的弱点和攻击方式	73
5.4 入侵检测算法	75
5.4.1 监视节点选举算法	75
5.4.2 基于时间自动机的检测	76
5.5 模拟实验	78
5.5.1 实验设置	78
5.5.2 实验结果	78
5.6 小结	79
参考文献	79
第 6 章 无线自组织网络的主动防护机制	81
6.1 引言	81
6.2 相关研究	83
6.3 入侵响应模型	84
6.4 主动入侵响应机制	85
6.4.1 移动防火墙	85
6.4.2 阻击代理的移动方式	86
6.4.3 本地修复	86
6.5 实例分析	86
6.6 模拟实验	88
6.6.1 实验设置	88
6.6.2 实验结果	88
6.7 小结	89
参考文献	89
第 7 章 无线局域网的安全	91
7.1 概述	91
7.1.1 无线局域网协议栈	91
7.1.2 无线局域网组成	95
7.1.3 无线局域网的拓扑结构	95
7.1.4 无线局域网的应用及发展趋势	97
7.2 安全风险与安全需求	98

7.2.1	无线局域网的安全风险分析	99
7.2.2	无线局域网安全需求分析	103
7.3	安全技术	106
7.3.1	服务装置标识符	106
7.3.2	物理地址过滤	106
7.3.3	直接序列扩频技术	106
7.3.4	扩展服务集标识符	107
7.3.5	开放系统认证	107
7.3.6	共享密钥认证	107
7.3.7	封闭网络访问控制	108
7.3.8	访问控制列表	108
7.3.9	密钥管理	108
7.3.10	虚拟专用网	108
7.3.11	RADIUS 服务	109
7.3.12	入侵检测系统	110
7.3.13	个人防火墙	110
7.3.14	基于生物特征识别	111
7.3.15	双因素身份认证	111
7.3.16	智能卡	111
7.4	安全协议	111
7.4.1	WEP 协议	112
7.4.2	WEP 的改进方案 TKIP	114
7.4.3	认证端口访问控制技术(IEEE 802.1x)	114
7.4.4	IEEE 802.11i	115
7.4.5	WPA	115
7.4.6	WAPI 协议	118
7.5	小结	119
	参考文献	120
第 8 章	无线 Mesh 网络的安全	121
8.1	无线 Mesh 网络概述	121
8.1.1	无线 Mesh 网络基本概念	121
8.1.2	无线 Mesh 网络标准化与产品化进展	123
8.1.3	无线网状网络与现有无线技术比较	124
8.2	安全风险与安全需求	125
8.2.1	无线局域网 Mesh 网络常见的安全威胁	125
8.2.2	WLAN Mesh 网络安全需求	127
8.3	无线局域网 Mesh 网络特有的安全问题	128
8.3.1	决策分散	129

8.3.2	Mesh 网络认证的问题	129
8.3.3	多跳路由安全	129
8.3.4	自组织与资源分配问题	130
8.3.5	角色定义与切换	130
8.4	基于 MSA 协议的安全协议及相关技术	131
8.4.1	基本概念	131
8.4.2	密钥体系	132
8.4.3	MSA 协议集	134
8.4.4	安全方案协议协作实例	139
8.4.5	协议安全性分析	139
8.5	小结	141
	参考文献	141
第 9 章	对等网络及研究进展	143
9.1	P2P 概述	143
9.1.1	P2P 定义	143
9.1.2	P2P 系统的分类	144
9.1.3	P2P 系统的发展	145
9.2	分布式哈希表与 P2P 系统	146
9.2.1	分布式哈希表简史和技术原理	146
9.2.2	基于分布式哈希表的 P2P 系统/DHT-P2P 系统	148
9.2.3	DHT-P2P 系统特性	148
9.3	P2P 系统的典型代表	148
9.3.1	第一代 P2P 系统	149
9.3.2	第二代 P2P 系统	151
9.3.3	新型 DHT-P2P 系统简介	153
9.3.4	比较与分析	155
9.4	DHT-P2P 的典型应用	156
9.4.1	广域网络存储	156
9.4.2	网页发布和缓存	157
9.4.3	组通信	157
9.4.4	名字服务	158
9.4.5	信息检索	158
9.5	DHT-P2P 系统路由研究进展	158
9.5.1	状态效率折中	158
9.5.2	容错性	159
9.5.3	路由热点	159
9.5.4	物理网络匹配	160
9.5.5	异构性	161

9.6	DHT-P2P 系统拓扑研究进展	161
9.6.1	控制拓扑维护开销	161
9.6.2	层次化拓扑	162
9.6.3	混合拓扑	162
9.7	DHT-P2P 系统查询研究进展	163
9.7.1	多关键字查询	163
9.7.2	模糊关键字查询	164
9.7.3	复杂查询	165
9.8	小结	165
	参考文献	165
第 10 章	对等网络的安全问题	172
10.1	研究背景	172
10.2	激励机制	172
10.2.1	搭便车问题	173
10.2.2	激励机制	173
10.2.3	激励机制研究现状	175
10.3	信任机制	178
10.3.1	信任概念	178
10.3.2	信任模型	179
10.3.3	信任模型的研究现状	179
10.4	文件安全机制	182
10.4.1	文件真实性概述	182
10.4.2	文件真实性确认协议	183
10.4.3	P2P 文件污染概述	185
10.4.4	P2P 文件污染的研究	185
10.5	小结	187
	参考文献	187

第1章 无线自组织网络概述

摘要：无线自组织网络技术是支持普适计算及未来移动通信系统的重要技术基础，对无线自组织网络相关技术的研究已经成为计算机网络和通信领域中的一个热点。本章首先对无线自组织网络的概念和特点进行了一个简要叙述。然后介绍了无线自组织网络的起源、发展历程和应用领域。其次着重阐述了无线自组织网络领域中关键技术的研究现状及相关研究机构。

关键字：无线自组织网络、概念、发展历程、应用领域、关键技术、研究机构。

1.1 研究背景

随着时间跨入 21 世纪，人类社会已进入一个崭新的发展阶段——信息社会。通信和网络技术的迅猛发展加速了信息交流，极大地促进了人类社会的“全球化”，深刻改变了社会的经济、政治与生活面貌。全球化的发展又进一步刺激了通信与网络技术的发展，人们追求任何人在任何时间、任何地点与任何人进行任何种类的信息交换。

在 20 世纪的大部分时间里，以固定电话网为代表的有线网络一直是信息的主要载体。然而在近二十年时间里，随着微电子技术与无线通信理论的迅速发展，无线通信网络获得了跨越式的发展，已成为全球通信网络的主要组成部分，最根本的原因在于无线通信网络使人们摆脱了通信线路的束缚，更接近于个人通信的需要。

近些年来，无线通信网络的发展非常迅速，这主要是由于个人通信的需求，无论是在支持范围上，还是种类、质量要求上都大大增加的缘故，而连接世界各地、可共享现有信息资源的因特网(Internet)的崛起更是极大地刺激了无线通信的发展。无线通信网络由于能快速、灵活、方便地支持用户的移动性而使它成为个人通信和 Internet 发展的方向，目前几乎所有的通信系统都与无线通信方式有关，如蜂窝系统、无绳系统、卫星通信系统、无线局域网与无线广域网(WLAN/WAN)^[1]、移动 IP^[2]、无线 ATM^[3]、分组无线网(PRNET)^[4]、无线自组织网络^[5]等，而对无线和移动的相关研究成为这些通信系统中的最主要的部分。

传统意义上对无线通信网络的研究仅限于一跳无线网络，比如蜂窝系统

和无线局域网,它们都属于有基础设施的移动无线网络。在这些系统中,移动用户(或节点)在有限的区域里(即小区)移动,借助于固定的具有多部收发信机、可全双工方式工作的基站和可以大容量传输的有线骨干网络系统而与其他用户通信。当移动用户移出一个基站的覆盖范围而进入到另一个基站的覆盖范围内时由基站实现越区切换,这样移动用户就可以在整个通信网络中连续、无缝地通信。

进入 20 世纪 90 年代后,没有固定基础设施支撑、由若干移动节点组成的移动自组织网络,简称为无线自组织网络(Mobile Ad hoc Networks),逐渐成为分组无线网中的一个研究热点。无线自组织网络独立于任何静态的基础设施,可即时建立。它主要应用在抢险、抗灾、救援、探险、军事行动、应急任务和临时重大活动等,需要快速建立、移动、灵活的通信系统的场合中。它无论是在民用还是在军事上都有着显著的意义,而为了完成连续和无缝的通信要求,无线自组织网络将会起着至关重要的作用,因为仅仅基于现有的任何系统并不能支持更为广泛的、完全意义上的连续、无缝通信。在这一方面,无线自组织网络将是未来通信中关键而又现实的延伸,它可以灵活的扩展到任意的地域。

无线自组织网络是一个复杂系统,所涉及的研究内容非常广泛,目前对它的研究和应用已发展成为通信领域的一个独立分支,存在一些需要彻底研究的问题。

1.1.1 无线自组织网络的概念及特点

无线自组织网络是由具有无线通信能力移动节点组成的、具有任意和临时性网络拓扑的动态自组织网络系统,其中每个节点既可作为主机也可作为路由器使用。Ad hoc 的意思是 for this 引申为 for this purpose only,即“为某种目的设置的,特别的”意思,即 Ad hoc 网络是一种有特殊用途的网络。移动终端具有路由功能,可以通过无线连接构成任意的网络拓扑,这种网络可以独立工作,也可以与 Internet 或蜂窝无线网络连接。在后一种情况中,无线自组织网络通常是以末端子网的形式接入现有网络。考虑到带宽和功率的限制,无线自组织网络一般不适于作为中间传输网络,它只允许产生于或目的地是网络内部节点的信息进出,而不让其他信息穿越本网络,从而大大减少了与现存 Internet 互操作的路由开销。无线自组织网络中,每个移动终端兼备路由器和主机两种功能:作为主机,终端需要运行面向用户的应用程序;作为路由器,终端需要运行相应的路由协议,根据路由策略和路由表参与分组转发和路由维护工作。在无线自组织网络中,节点间的路由通常由多个网段(跳)组成,由于终端的无线传输范围有限,两个无法直接通信的终端节点往往要通过多个中间节点的转发来实现通信。所以,它又被称为多跳无线网、自组织网络、无固定设施的网络或对等网络。无线自组织网络同时具备移动通信和计算机网络的特点,可以看作是一种特殊类型的移动计算机通信网络。

图 1-1 描述了一个由五个主机组成的简单的无线自组织网络。主机 D 不在主机 A 的无线覆盖范围之内(用环绕主机 A 的圆环表示),同时主机 A 也不在主机 D 的无线覆盖范围内。如果主机 A 和 D 之间需要交换信息,就需要主机 B、C 为它们转发分组,因为主机 B、C 在主机 A 和 D 的无线覆盖范围之内。

与通常的网络相比,无线自组织网络具有以下特点^[5]:

(1) 网络的自组织性:无线自组织网络相对常规通信网络而言,最大的区别就是可以在任何时刻、任何地点不需要硬件基础网络设施的支持,快速构建起一个移动通信网络。它

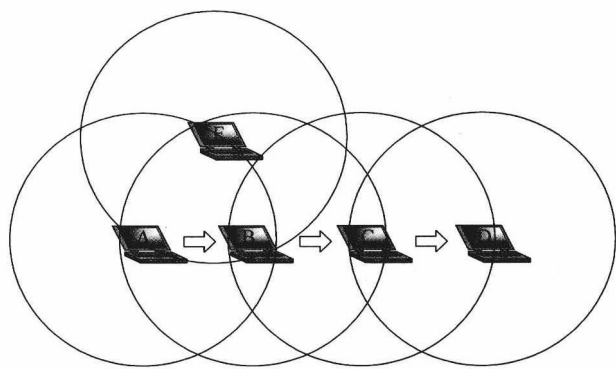


图 1-1 一个简单的无线自组织网络

的建立不依赖于现有的固定网络通信设施,由网络本身节点自组织形成网络。无线自组织网络的这种特点很适合灾难救助、偏远地区通信等应用。

(2) 动态的网络拓扑结构:在无线自组织网络中,移动主机可以在网中以任意速度和任意方式移动,主机的移动会导致主机之间的链路增加或消失,主机之间的关系不断发生变化。加上无线发送装置发送功率的变化、无线信道间的互相干扰及地形和地物等综合因素影响,各移动节点间的连接关系将时刻发生变化,因此,造成网络拓扑结构不断发生变化,而且变化的方式和速度都是不可预测的。对于常规网络而言,网络拓扑结构则相对较为稳定。

(3) 多跳的通信路由:由于节点无线发射功率的限制,节点的覆盖范围有限。当它要与其覆盖范围之外的节点进行通信时,需要中间节点进行转发。此外,无线自组织网络中的多跳路由是由普通节点协作完成的,而不是由专用的路由设备(如路由器)完成的。网络中每一个节点可充当多个角色,它们可以是服务器、终端、路由器。

(4) 有限的无线通信带宽:在无线自组织网络中没有固定基础设施的支持,因此,主机之间的通信均通过无线传输来完成。由于无线信道本身的物理特性,它提供的网络带宽相对有线信道要低得多。除此以外,考虑到竞争共享无线信道产生的碰撞、信号衰减、噪音干扰等多种因素,移动终端可得到的实际带宽远远小于理论中的最大带宽值。

(5) 有限的主机能源:在无线自组织网络中,主机均是一些移动设备,如 PDA、便携计算机或掌上电脑。由于主机可能处在不停的移动状态下,主机的能源主要由电池提供,因此,网络具有能源有限的特点。

(6) 网络的分布式特性:在无线自组织网络的各节点都具备独立的路由能力,没有中心控制节点对各节点网络操作进行控制,节点通过分布式协议互联。一旦网络的某个或某些节点发生故障,其余的节点仍然能够正常工作。

(7) 生存周期短:无线自组织网络主要用于临时的通信需求,相对与有线网络,它的生存时间一般比较短。

(8) 安全性较差:无线自组织网络是一种特殊的无线移动网络,由于采用无线信道、有限电源、分布式控制等技术,它更加容易受到被动窃听、主动入侵、拒绝服务、剥夺“睡眠”等网络攻击。信道加密、抗干扰、用户认证和其他安全措施都需要特别考虑。

(9) 移动节点的局限性:无线自组织网络中,移动节点具有携带方便、轻便灵巧等好