



湖北经济学院学术文库

无线自组网络路由及MAC协议 关键技术研究

WUXIAN ZIZUZHI WANGLUO LUYOU JI MAC XIEYI
GUANJIAN JISHU YANJIU

张棋飞◎著

湖北长江出版集团
湖北人民出版社



湖北经济学院学术文库

无线自组织网络路由及MAC协议 关键技术研究

张棋飞◎著

湖北长江出版集团
湖北人民出版社

鄂新登字 01 号

图书在版编目(CIP)数据

无线自组织网络路由及 MAC 协议关键技术研究/张棋飞著.
武汉:湖北人民出版社,2012.1

ISBN 978 - 7 - 216 - 06943 - 4

- I. 无…
- II. 张…
- III. ①自组织系统—无线网—路由选择—研究
②自组织系统—无线网—通信协议—研究
- IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 196825 号

无线自组织网络路由及 MAC 协议关键技术研究

张棋飞 著

出版发行:湖北长江出版集团
湖北人民出版社

地址:武汉市雄楚大道 268 号
邮编:430070

印刷:鄂州市信谊印务有限公司
开本:787 毫米×1092 毫米 1/16
字数:189 千字

经销:湖北省新华书店
印张:11 25
插页:1

版次:2012 年 1 月第 1 版

印次:2012 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 216 - 06943 - 4

定价:25.00 元

本社网址:<http://www.hbpp.com.cn>

总 序

说起大学，许多人都会想起教育家梅贻琦校长的名言：“所谓大学者，非谓有大楼之谓也，有大师之谓也。”大楼是一砖一瓦盖起来的，大师是如何成长起来的呢？

大师的成长，当然离不开种种主客观条件。在我看来，在诸多的因素中，一个十分重要甚至是不可或缺的就是学术思想、学术观点的充分展示与交流。纵观历史，凡学术繁荣、大师辈出时期，必有一个做学问者有可以互相炫技、彼此辩论、各显神通的大舞台。古代春秋战国时代诸子百家争鸣，离不开当时的客卿、门客制度，为不同的观点、流派彼此公开竞争并得到君主的采纳搭建了平台；学者阿英在论及晚清以来中国新思想、新艺术的繁荣时，列举了三条原因，其中的第一条原因“当然是由于印刷事业的发达，没有前此那样刻书的困难；由于新闻事业的发达，在应用上需要多量的产生”。北京大学之所以能成为中国新思想新文化的发源地，社团与杂志在其中发挥了巨大作用：1918年，《北京大学月报》成为中国最早的大学学报，加之《新青年》、新潮社等杂志、社团为师生搭建了一个有声有色的大舞台，开启了自己近一个世纪的辉煌。国外名牌大学的发展，无不伴随着一次又一次思想的激烈交锋、学术的充分争鸣，并且这些交锋和争鸣的成果都得到了最好的展示与传播，没有这些交锋与争鸣，就没有古老的牛津、剑桥，也没有现代的斯坦福、伯克利。近代以来的印刷技术、新的出版机制、文化传播业的发达，为新的思想、学术之间彼此的炫技和斗法提供了可能的舞台：伟大的舞台造就了伟大的演员。

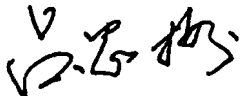
在现代的大学中，如果说大楼是基础、大师是灵魂，那么大舞台就应该是机制——它意味着研究冲动的促动、言说欲念的激发、交流碰撞的实现。在这样的机制中，精神、灵魂得到孕育！思想、学术实现成长！大学本身就应该成为一个众声喧哗的大舞台，一个为大师成长提供基础和机制的场所。因此，大学出版自己的学术文库，运用现代传媒、现代出版为自己的教师提供思想碰撞、学术交流的平台，其意义绝不仅限于资金的支持和个人成果的

发表，它的意义更在于通过这种方式营造学术氛围、彰显学术精神，在学校形成言说、表达、交流的习惯和风尚，激励教师为了“台上一分钟”，做好“台下十年功”，凝聚大学理念、大学精神、大学风格。

湖北经济学院是一所年轻的大学，湖北经济学院的教师大多都还年轻，正逢为一所初创不久的大学承担奠基、开拓之责的难得人生机遇。我们中还没有大师，或者说在我们这里产生大师还有很长的路要走。然而，这并不等于我们不期待大师的产生，更不意味着我们不去为大师的成长做出努力、不去为大师的产生构筑平台。大师的成长是大学成长的永恒动力，对学术的追求是大学能够逾千年而长青的不竭源泉。现在，我们的平台也许还不够高，还不够大，但我们坚信：这个小平台也许就是未来大师的第一次亮相！因此，我们在这里鼓励每个人以充分的自信发出自己的声音，可以在众声喧哗中更加大声喧哗，在交流与碰撞中实现批判、被批判与自我批判，能够在这个平台上得到成长，收获乐趣，实现价值！

“湖北经济学院学术文库”就是这样一个为大师成长搭建的交流与对话的平台。每一本著作，都是我们的教师在各自学术领域中富有心得而最想表达的内容——他们渴望得到承认，也不怕获得批评；他们充满自信地言说，也将谦虚自谨地倾听。

愿“湖北经济学院学术文库”和湖北经济学院一同成长，愿它能成为一个大师初成的舞台，从中诞生出不朽的学术和永恒的大学精神！

湖北经济学院院长：

摘 要

无线自组织网络是由一组静止或移动的节点组成的一个多跳的自治网络系统，节点间通过分布式控制算法相互协调实现网络的通信功能。由于网络无需固定通信设备的支持，无线自组织网络具有很高的可靠性和灵活性，广泛应用于军事通信领域及其不易建立固定通信基础设施的环境中，如战地通信、紧急搜救、临时会议、抢险救灾等。与其他传统通信网络相比，无线自组织网络具有无中心、自组织、动态拓扑、多跳路由、无线传输等特点。为保障无线自组织网络的顺利运行，必须为其设计专门的路由协议和媒体接入控制协议。

无线自组织网络路由协议在网络拓扑动态变化的复杂环境中保证了节点间路径的有效性，从而实现数据的顺利传输。其中，节点的地理位置信息作为一种重要的辅助手段，对路由协议的设计起到了关键作用。相关研究已经表明节点的地理位置信息能够有效提高路由性能，利用地理位置信息的路由协议也已经成为无线自组织网络路由的一大特色。此类协议具有更好的可扩展性以及通过网络变化更好的适应性。

媒体接入控制协议是分组在信道上发送和接收的直接控制者。由于自组网分布式操作的特性，缺少一个中心化的控制机制来协调节点的信道接入，因此需要通过节点间的信令交互预留信道，建立通信连接，并且在通信过程中，采取退避算法协调节点的竞争接入，优化信道资源调度，避免分组冲突，维持系统良好的通信秩序。

本书以无线自组织网络中的地理位置辅助路由协议和媒体接入控制协议为研究对象，着重讨论以下问题：

(1) 位置信息辅助路由协议设计问题。位置信息作为一种重要的路由辅助手段被广泛采用。无线自组织网络中节点的位置信息能够为路由选择提供参考，从而减少路由开销和时延。基于位置信息的路由协议采用地理位置信息减小实际网络与其拓扑结构之间的区别，无需维护整个网络的路由表，路由决策简单，延时小。然而，传统的基于位置信息的路由算法往往采用分布式预测机制，可靠性不高，特别当源节点不知道目的节点位置时只能采用

洪泛策略，增大了通信开销。本文提出一种基于位置信息的自适应路由机制 LAAR (Location - based Adaptive Ad Hoc Routing)，采用分层的体系结构获得全网一致的拓扑视图，消除分布式预测机制带来的不确定性，通过路由前的位置查询避免洪泛，降低系统开销。

(2) 隐接收终端问题。隐终端问题广泛存在于无线自组网中，造成了网络吞吐量下降，降低了信道利用率，增加了分组延迟，对系统性能造成很大影响。传统的 MAC 协议利用 RTS/CTS/DATA/ACK 信令交互模式来解决隐终端问题。然而，由于控制信令的通信协调范围有限，使得在单信道条件下，作为隐终端问题的一个常见实例，隐接收终端问题始终无法得到解决。鉴于此，本文分析了网络中隐接收终端问题产生的根本原因，基于传统 RTS/CTS/DATA/ACK 信令交互模式，提出一个显式阻塞通知 (Explicit Blocking Notification, EBN) 机制，通过增加一个控制信令 BN，采取 RTS/CTS/BN/DATA/ACK 握手控制序列，明确隐终端的当前状态，利用查询/等待模式消除分组的盲目发送，从而解决隐接收终端问题。

(3) MAC 协议退避算法设计问题。无线自组网媒体接入控制协议采用基于竞争窗口的退避策略解析网络中的分组冲突。然而现有退避算法并没有对网络中存在的分组冲突进行深入分析，而是对所有的冲突采取同一种解析策略，即通过改变节点竞争窗口大小的方式来增加退避机制的随机性，从概率的角度对冲突进行解析。这种方法忽略了不同冲突产生的根本原因，只能从一定程度上缓解冲突，并不能达到理想的冲突解析效果，特别是无法完全消除网络中的分组冲突。我们从冲突产生的根本原因入手进行分析，根据冲突节点所处退避阶段的不同，首次提出一个冲突分类模型，将网络中的分组冲突分成交叉冲突 (Cross Collision) 和同级冲突 (Intra Collision)，并且针对这两种不同类型的冲突，分别提出解析方案：即利用顺序离散窗口分布机制 SDWD (Sequential Discrete Window Distribution) 实现分布窗口的离散化，避免了网络中占主导地位的交叉冲突，同时，通过设置合适的分布窗口大小在同级冲突和分组延迟之间取得折中。基于该模型，本文设计了两种冲突解析算法：冲突分类解析算法 CCR (Collision Classification Resolution) 和无冲突分类解析算法 CF - CCR (Collision - Free Collision Classification Resolution)。两个算法均以顺序离散窗口分布机制 SDWD 为基础，对冲突节点采取离散化分布策略，而对于成功节点则采取了不同的处理方式。CCR 将成功节点在当前竞争窗口范围内随机分布，而 CF - CCR 则通过为成功节点分配独立的分布空间来保证整个网络的无冲突状态。这两个算法适用场景

不同,同标准 IEEE 802.11 DCF 协议相比,均可获得性能的全面提升。

围绕以上问题,本书展开详细讨论。全书的组织结构如下:

第 1 章对无线 Ad Hoc 网络的基本概念、发展历史、应用范围、体系结构及无线自组网中的路由协议和 MAC 协议进行简单介绍。

第 2 章描述了基于地理位置信息的自适应路由算法 LAAR (Location - Aided Adaptive Routing Protocol),通过采用分层的体系结构在全网节点上获得一致的拓扑视图,从而消除了传统分布式预测机制所带来的节点位置的不确定性,通过路由前的位置查询避免洪泛,降低系统开销。

第 3 章提出一个显式阻塞通知算法 EBN (Explicit Block Notification) 来解决无线自组织网络中的隐接收终端问题。EBN 通过增加一个控制信令 BN (Block Notification) 来修改传统的信令交互控制序列,明确隐终端的当前状态,利用查询/等待模式消除分组的盲目发送,从而解决隐接收终端问题。

第 4 章对传统无线自组网中典型的退避算法进行了总结,从冲突解析的角度分析了传统 MAC 层退避算法存在的问题,并首次提出了冲突分类模型,将网络中的冲突分成交叉冲突和同级冲突,并且明确指出:针对这两种不同类型的冲突应该采取不同的处理方式。采取竞争窗口离散化的方式避免了交叉冲突,同时通过设置合适的窗口大小,在保证同级冲突解析的同时减小分组时延。

第 5 章基于冲突分类模型,提出了两个算法:冲突分类解析算法 CCR 和无冲突分类解析算法 CF - CCR。这两个算法适用场景不同,与标准 IEEE 802.11 DCF 协议相比,均可获得性能的全面提升。

第 6 章对全书的内容进行了总结,并指出了未来研究工作的方向。

本书的出版得到了众多业内同仁及编辑老师的大力支持,同时也得到了湖北经济学院博士科研启动基金 (XJ07BS21) 的资助,在此对他们的无私帮助表示衷心感谢。

本书是作者近年来研究成果的总结,难免存在疏漏,欢迎读者批评指正。

目 录

1. 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 无线自组织网络概述	2
1.3 无线自组织网络路由协议	13
1.4 无线自组织网络 MAC 协议	30
1.5 研究方法	47
2. 基于地理位置信息的路由	52
2.1 基于拓扑结构的路由协议	52
2.2 先应式路由协议	60
2.3 反应式路由协议	69
2.4 混合式路由协议	77
2.5 位置信息服务	81
2.6 位置辅助的广播协议	88
2.7 位置辅助的单播协议	89
2.8 现有位置信息服务协议	89
2.9 位置辅助自适应路由算法	92
2.10 性能评估	100
2.11 本章小结	103
3. 显式阻塞通知算法	105
3.1 信道共享方式	105

3.2	暴露终端问题	106
3.3	隐终端问题	107
3.4	隐接收终端问题	111
3.5	显式阻塞通知算法	112
3.6	性能评估	118
3.7	本章小结	123
4.	冲突分类模型	124
4.1	退避机制简介	124
4.2	常用退避算法	127
4.3	传统退避算法存在的问题	134
4.4	冲突分类模型	136
4.5	冲突解析策略分析	139
4.6	本章小结	150
5.	基于分类模型的退避算法	151
5.1	设计原则	151
5.2	冲突分类解析算法	151
5.3	无冲突分类解析算法	155
5.4	性能评估	158
5.5	本章小结	168
6.	总结与展望	169
6.1	本书总结	169
6.2	后续工作展望	171

1. 绪论

本章从无线自组织网络的起源谈起，回顾了自组网的发展历程，描述了自组网的特点及其应用领域，描述了自组网的协议体系结构，并对自组网中典型的路由协议和 MAC 协议进行了介绍。

1.1 引言

跨入 21 世纪，人类社会已经进入了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。反过来，全球化的发展又进一步刺激了通信与网络技术的发展，人们已经开始追求任何人（Whoever）在任意时间（Whenever），任意地点（Wherever），与任何人（Whoever）进行任意种类（Whatever）的信息交换了^①。

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。然而在近二十年内，随着微电子技术与无线通信理论的迅速崛起，无线通信网络获得了跨越式的发展，已经成为全球通信网络的主要组成部分。与有线网络相比，无线网络具有可移动性、安装简单、投资少、扩展能力强等特点，使得通信可以无处不在，更接近于个人通信的发展目标。目前，无线网络已经在教育、金融、零售、制造等行业有了广泛的应用。

近年来，无线通信网络的发展非常迅速，而 Internet 的崛起更是极大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 的发展方向。

传统意义上对无线通信网络的研究仅限于一跳无线网络，比如蜂窝通信系统和无绳系统^②，它们都属于有基础设施（Infrastructure）的无线系统。

^① D. C. Cox. Wireless Personal Communication: What is it? IEEE Personal Communications, vol 2, p. 16, 1995.

^② 李建东、杨家玮：个人通信．北京：人民邮电出版社，1998.

在这些系统中，移动用户在有限的区域内移动，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内实现连续、无缝的通信。

进入 90 年代后，没有固定基础设施支撑 (Infrastructureless)、由若干移动节点组成的自组织网络逐渐成为研究热点。自组织网络独立于任何静态的基础设施，可以即时建立一个临时的、自治的、灵活的无线通信系统，广泛应用于抢险、救灾、救援、探险、应急任务和军事行动等场合。无线自组织网络领域的研究方兴未艾^①。

1.2 无线自组织网络概述

无线自组织网络又称无线 Ad Hoc 网络，是一种特殊的无线移动通信系统。自组网中的所有节点地位平等，无需设置任何的控制中心，具有很强的抗毁性^②。网络中的节点不仅具有普通移动终端所需的功能，而且具有报文转发能力。当通信的节点不在直接通信范围之内时，可以通过中间节点的转发实现通信。有时节点间的通信可能要经过多个中间节点的转发，即报文要经过多跳才能到达目的地。这是自组织网络与其他移动通信网络的最根本的区别。自组网中的节点通过分层的网络协议和分布式算法相互协调，实现网络的自组织和自运行。

1.2.1 无线自组织网络的产生与发展

无线自组网的发展可以分为两个阶段：20 世纪 60 年代末到 80 年代末，是基于军事通信应用的初期发展阶段；20 世纪 90 年代至今，是基于军事通信和民用通信应用的快速发展阶段。

^① C. E. Perkins. Ad Hoc Networking. Upper Saddle River, NJ, USA: Addison - Wesley, 2001.

^② V. S. R. Sunil Kumar, Jing Deng. Medium Access Control Protocols for Ad Hoc Wireless Networks: A Survey. Ad Hoc Networks, vol. 4, p. 326 ~ 358, 2006.

(1) 军事通信的初期发展阶段

无线自组网的出现,最早来自军事通信的需求。首先,作战部队的快速移动要求相互通信只能采取无线方式;其次,军事通信网要求具有很强的抗毁性,不能因为个别节点的摧毁造成整个网络系统的瘫痪,为此需要采取无中心化、分布式协调的组网方式。在某些战场环境下,无法预先布设通信基础设施,而且参战单位多元化,需要采取一种能够快速展开的移动自组织组网方式。此外,战场无线频谱资源越来越紧张,100MHz 以上频段只能进行视距传播,限制了无线通信的范围。为了实现远距离用户的信息交互,必须采用多跳中继方式进行转发。

自组网的前身是分组无线网(Packet Radio Network)。最早的分组无线网是美国夏威夷大学于1971年研制成功的ALOHA(Additive Link On-line HAWAII system)^①系统。在该系统中,计算机不能移动,相互之间一跳可达。该项目首先研究了共享无线媒体的多站接入问题,提出了著名的ALOHA协议。

1973年,美国国防部高级研究项目署DARPA(Defense Advanced Research Project Agency)着手研究战场环境下的分组无线网^②,开始把ALOHA技术移植到军用战术环境中,开发了支持节点移动的DARPA PRNET(Packet Radio Network)^③。与ALOHA不同,PRNET允许在一个更广阔的地理范围内,采用分组多跳存储转发的方式进行通信。PRNET系统能够自动初始化和自动运行,无需人工干预。这意味着网络节点能够主动发现邻居节点,并自动形成路由。

美国陆军战场信息分发系统BID(Battlefield Information Distribution)^④利用分层分布式控制结构,采用自适应最小时延算法、自适应时隙分配和竞争相结合的多址方式,通过网络的初始化和周期性重组来适应网络的变化。

① N. Abramson. The ALOHA System - Another Alternative for Computer Communications. the Fall Joint Computer Conference, NJ, USA, 1970.

② T. J. Jubin J. D. The DARPA Packet Radio Network Protocols. Proceedings of the IEEE, vol. 15, p. 12, 1987.

③ M. J. M. C. W. D. The ARPA Network Design Decisions. Computer Networks, vol. 8, p. 17, 1977.

④ W. C. A. Nilson Graff, C. J. Packet Radio Communication System Architecture in a Mixed Traffic and Dynamic Environment. Computer Networking Symposium, 1980.

美国海军研究实验室 NRL (Navy Research Laboratory) 于 70 年代末研制并完成的短波自组织网络 HF - ITF 系统^①, 是采用跳频方式组网的低速分组无线网。HF - ITF 采用分层分布式控制结构, 使用自适应 TDMA/CDMA 和随机接入信道方式, 最大可支持 100 个节点, 用以把 500 公里范围内的舰只、飞机、潜艇联成一体。

1983 年, DARPA 启动了高生存性自适应网络 SURAN (SURvivable Adaptive Network) 项目^②, 提出一种基于分层链路状态的路由协议, 以支持大规模网络。

此外, 英国、澳大利亚、挪威和法国等也都在积极研究适合军事应用的分组无线网, 如英国的战斗网络无线电 (CNR), 澳大利亚的短波战术无线网 (TPRN), 挪威的 TADKOM 战术通信系统以及法国的第四代战术电台 (PR4G) 等。

(2) 军民并重的快速发展阶段

20 世纪 90 年代初期, 随着移动通信和移动终端技术的高速发展, 无线自组网技术不但在军事通信领域得到了充分发展, 而且也逐步在民用通信领域得到应用。

此前的 PRNET、SURAN、HF - ITF 系统等项目在自组网内部采用自定义子网协议, 并未采用标准的 IP 协议。Internet 的成功推动了将全球信息基础设施扩展到无线移动环境的进程。1993 年, 美国国防部启动近期数字无线电台 NTDR (Near - Term Digital Radio) 计划, 目标是研制支持 IP 数据业务的战术无线电台。基于该电台可以组成两层的自组织网络。网络分为若干簇, 每个簇由一个簇头和若干成员组成。各簇头构成一个骨干网。NTDR 是目前少数实际使用的自组织网络之一。

1993 年, NRL 主持一项为期 4 年名为综合数据/话音 ATD^③ 的研究计

① J. E. W. A. Ephremides Baker, D. J. A Design Concept for Reliable Mobile Radio Networks with Frequency Hopping Signaling. Proceedings of the IEEE, vol. 75, p. 18, 1987.

② D. A. Beyer. Accomplishment of the DARPA Survivable Adaptive Networks SURAN Program. IEEE MILCOM, 1990.

③ D. J. Baker. Data/Voice Communication over a Multihop, Mobile, High Frequency Network. IEEE MILCOM, Monterey, CA, 1997.

J. P. Hauser. Service Model and Cell Multiplexing for the Data and Voice Integration Advanced Technology Demonstration. IEEE MILCOM, Monterey, CA, 1997.

1. 绪论

划,研究了在诸如 HF 和 UHF 的多跳、低速战术通信网络中进行数据/话音综合业务传输的问题。

1994 年, DARPA 启动了全球移动信息系统 (GloMo, Global Mobile Information System) 工程^①,对能够满足军事应用需要的、可快速展开的、高抗毁性的移动信息系统进行全面深入的研究,目标是为移动用户提供信息服务,使移动无线环境成为国防信息基础设施的重要组成部分。GloMo 综合了 DARPA 以前的几项相关计划,研究范围几乎覆盖了无线通信的所有相关领域。

在民用领域典型的应用系统包括加拿大最早研究的业务分组无线电网 (TAPR),图书馆自动化分组无线电网等^②。

各种基于无线和红外技术通信设备的广泛出现和便携计算机的流行,产生了移动终端互连的要求,为无线自组网的应用提供了广阔空间。近年来,出现了采用蜂窝式网络结构的一跳无线网络,比如为了传输话音业务的蜂窝系统,为了扩展综合业务数字网 ISDN (Integrated Service Data Network) 应用而产生的无线 ATM 以及为了支持 Internet 业务而出现的移动 IP 等,它们直接依附于大型而复杂的基站设备和大容量有线骨干网,所以只能支持覆盖区域内移动节点的通信。而 CDPD (Cellular Digital Packet Data)^③、GPRS (General Packet Radio Service)^④ 等利用现有的蜂窝系统,可为用户提供分组话音、数据、Internet 接入等业务。美中不足的是,这些应用不能够满足移动用户之间直接进行通信或经过移动用户间的中转而实现的通信。

为了支持类似这种局部区域内移动用户的多跳无线接入,无线局域网应运而生。1997 年,IEEE 802.11 标准发布,该标准支持一跳的 Ad Hoc 工作模式,进一步推动了无线自组网的发展。同年,IETF (Internet Engineering Task Force) 成立了 MANET (Mobile Ad Hoc Networks) 工作组,

① B. M. L. Ambatipudi R. Sastry, Robert Ruth. Goals and Challenges of the DARPA GLOMO Program. IEEE Personal Communications, vol. 3, 1996.

② G. K. M. Hata Jones G. Packet Radio Prospects for Educational Data Communications. The Ninth International Conference on Technology in Education, Paris, France, 1992.

③ J. A. Travis Russell. CDPD: Cellular Digital Packet Data Standards and Technology. New York, USA: McGraw-Hill, 1996.

④ S. Buchingham. Data on GPRS. 1999.

负责研究支持数百个节点规模的无线自组网协议，制定相应标准。目前其研究领域涉及网络结构、媒体接入控制协议、路由协议以及高层协议等。

随着 Internet 的蓬勃发展，为了支持广泛的 Internet 业务，而又要在苛刻的高度动态的环境下建立和维持有效的通信，快速、安全地传送大量多媒体信息，无线自组织网络无疑是一种很好的选择，具有广阔的发展空间^①。

1.2.2 无线自组织网络的特点

无线自组织网络是一个多跳临时性自治系统，网络中的移动终端兼备路由器 and 主机两种功能，通过无线连接构成任意的网络拓扑。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。

自组网中节点间的路由通常由多跳 (Multi Hop) 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往往会通过多个中间节点的转发来实现通信。如图 1-1 所示，图中的虚线表示节点的通信覆盖范围。由于节点 A 和节点 B 互相处在对方的通信范围之内，所以二者可以直接进行通信。但是当节点 A 要和节点 D 进行通信时，就必须借助于节点 B 和 C 进行转发。

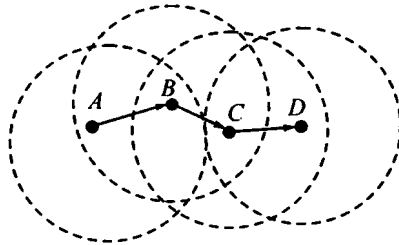


图 1-1 无线自组网中的多跳通信模式

无线自组网可以看成是移动通信技术和计算机网络的有机融合。作为一种新的组网方式，它具有以下特点：

- (1) 独立性。相对常规通信网络而言，自组织网络可以在任何时间，

^① H. S. C. S. Gupta. Performance of Asynchronous Data Transfer Methods of IEEE 802.11 MAC Protocol. IEEE Personal Communications, vol. 3, p. 8, 1996.

N. J. Muller. Wireless Data Network. Artech House, 1995.

任何地点，不需要基础网络设施的支持，快速构建起一个移动通信网络，具有一定的独立性。它的这种特点很适合灾难救助、战地应用、偏远地区通信等场合。

(2) 无中心。自组织网络采用无中心结构，所有节点地位平等，组成一个对等式网络，节点可以随时加入或离开网络，任意节点的故障都不会影响整个网络的正常运行。与中心化的网络相比，自组织网络具有很强的抗毁性。

(3) 自组织。自组织网络没有严格的控制中心，所有节点通过分层的网络协议和分布式算法协调各自的行为。无中心和自组织特点使得其可以实现快速自动组网。

(4) 多跳路由。由于节点发射功率的限制，节点的通信覆盖范围是有限的。当要与其覆盖范围之外的节点进行通信时，需要中间节点的转发。与普通网络中的多跳不同，自组网中的多跳路由是由普通节点共同协作完成的，而不是依靠专用的设备。反过来，如果可以使用多跳路由，节点的发射功率可以降低，从而达到节省能耗、延长工作时间的目的。

(5) 动态拓扑。移动终端可以在自组网中任意移动。主机的移动会导致主机间链路的增加或消失，表现为节点和链路的数量及分布的变化，从而造成网络拓扑结构的不断改变。

(6) 特殊的无线信道特征。自组网采用无线传输技术。由于无线信道本身的特性，它所能提供的网络带宽相对于有线信道要低得多，而且无线信道的质量较差。考虑到竞争共享无线信道产生的冲突、信号衰减、噪声和信道之间干扰等因素，移动终端获得的实际带宽远小于理论值，并且会随时间的改变而动态变化。同时，网络中的节点发送功率受限，使得只有其一跳相邻节点可以收到节点的发送，在此范围之外的其他节点都接收不到。该特征一方面提高了信道的空间复杂度，另一方面使得报文的冲突与节点所处的地理位置有关。此外，地形或发射功率等因素使得自组网中可能存在单向无线信道，使得通信过程愈加复杂。

(7) 移动终端的局限性。移动终端具有携带方便，轻便灵巧等特点，但也存在其固有的缺陷，如能源受限、内存较小、计算能力较低、成本偏高等，从而给设计开发和应用推广带来一定难度。特别地，如何高效使用节点