

第 1 章

移动自组网概述

1.1 引言

20 世纪初, 图灵先生设计了第一个理论计算机模型。1946 年, 第一台电子计算机 ENIAC 问世, 人类从手工计算时代迈入了计算机计算时代。1969 年, 第一个小型网络 ARPANet 最终实现, 人类开始向网络时代进发。由于有线通信方式限制了应用的范围, 随着人们对随时随地自由通信的渴望日益强烈, 近几年来无线网络通信得到了迅速的发展, 越来越多的人通过无线设备享受网络提供的服务^[1]。网络已经带给人类很多的惊喜: 电子邮件 (E-mail) 可以瞬间传递信息, 全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 可以确定用户当前位置及到达目的地的行驶路线, 电子商务使人们足不出户就能买到全世界的商品, Web 服务和终端的智能化使远程监控、指挥成为了现实。

近 10 年来, 随着移动通信技术、计算机技术、联网技术、接入技术等进一步发展, 网络用户日益剧增, 网络应用无处不在, 网络终端日益小型化, 人们对随时随地进行数据访问和数据交换的要求越来越高, 这些需求成为了新的协议、组网方式、终端产品的巨大推动力。当前, 人们可以通过配有无线接口的笔记本电脑或个人数字助理 PDA 等便携式终端来实现移动中的通信, 但是这种网络的运行往往需要有线固定基础设施(如基站, 交换中心等)的支持。由于需要大量的时间和金钱去建立、维护固定基础设施, 此外还需要考虑基础设施被毁坏后的快速恢复、重建等问题, 因此, 这些问题对当前的无线通信技术提出了新的要求和严峻的挑战。

针对终端设备的高度移动性、不需要有线基础设施的支持、能够快速组网和快速恢复等的要求, 研究人员提出了一种新的组网技术——移动自组网技术和一种新的网络——移动自组网^[2]。移动自组网, 即移动 Ad Hoc 网络, 也称 MANET (Mobile Ad Hoc Network) 网络, 是一种具有高度动态拓扑结构、节点任意移动的组织网络, 其独立于固定的基础设施, 通过移动节点自由组网实现通信, 并且采用分布式管理, 即自动创建、自动组织和自我管理。由于两个 (点对点) 或多个 (多播) 需要通信的节点之间常常没有直接的链路, 而需要其他节点的多次中继转发, 所以也可称之为“移动多跳网络”^[3]。

这种网络可以独立工作，也可以与其他网络（如 Internet）连接。考虑到带宽和功率的限制，MANET 网络一般不适合作为中间承载网络，它只允许产生于或目的地是网络内部节点的信息进出。

MANET 网络是一种移动通信和计算机网络相结合的网络：一方面，网络的信息交换采用了计算机网络中的分组交换机制；另一方面，用户终端是可以移动的便携式终端，如笔记本电脑、PDA、车载台等，并配置有相应的无线收发设备。MANET 网络中的用户终端兼有路由器和主机两种功能：一方面，作为主机，终端需要运行各种面向用户的应用程序；另一方面，作为路由器，终端需要运行相应的路由协议，并根据路由策略和路由表完成数据的分组转发和路由维护工作。MANET 网络可以在不能利用或不便利用现有网络基础设施的情况下提供一种通信支持方式，拓宽了移动网络的应用范围。网络的自组织性提供了廉价且快速部署网络的可能，另外，网络的顽健性、抗毁性也很强，这些使得 MANET 网络的应用相当广泛。但是，由于移动性强、无固定拓扑、资源有限等特点，MANET 网络中还有很多问题尚待研究和解决，解决这些问题对 Internet 范围的延伸和无线移动通信的发展具有重大意义。

1.2 移动自组网的起源、发展与现状

“Ad Hoc”一词在拉丁语中意为“特别的，专门的”，这里用来表示 Ad Hoc 网络是一种特别的，专门的网络，其强调的是 Ad Hoc 网络没有固定网络设备，没有预先设定的路由，具有多跳、自组织、无中心等特点。移动 Ad Hoc 网络，其基本思想始于 20 世纪 70 年代，研究的重点主要放在国防项目上，如抗毁性自适应网络研究计划（Survivable Adaptive Network, SURAN）、低开销的分组无线网络等。其最初的项目支持者是美国国防高级研究计划局（Defense Advanced Research Project Agency, DARPA）^[4]，直到现在，美国政府资助的这方面的计划仍在继续。移动 Ad Hoc 网络在军事领域发展的同时，也引起了商用、民用领域的极大兴趣。因特网工程任务组（Internet Engineer Task Force, IETF）也成立了一个移动 Ad Hoc 网络工作组，其主要目标就是针对无线 Ad Hoc 网络开发一种基于 IP 的路由机制。

一般来说，移动 Ad Hoc 网络的发展主要可以分为以下 3 个阶段^[5,6]。

1. 初级阶段

Ad Hoc 网络的前身是分组无线网（Packet Radio Network, PRNET）。对于分组无线网的研究，主要源于军事通信的需要。早在 1972 年，美国国防部高级研究计划局（Defense Advanced Research Project Agency, DARPA）就启动了分组无线网项目，研究在战场环境下利用分组无线网进行数据通信。1983 年，DARPA 又启动了抗毁性自适应网络（Survivable Adaptive Network, SURAN）项目，以便能够建立某些特殊情况或紧急情况下的无线通信网络，同时研究如何将 PRNET 的研究成果加以扩展，以支持更大规模的

网络。PRNET 和 SURAN 两者的目标都是在没有现成基础设施可以利用、敌意环境中为移动战场节点（战士、坦克、飞机等）提供基于分组交换的网络。

2. 发展阶段

随着笔记本电脑的流行和各种基于无线、红外技术的通信设备的大量出现，产生了计算机间互连的要求，为移动 Ad Hoc 网络的应用提供了广阔的空间。1994 年，全球移动信息系统（Globe Mobile Information Systems, GloMo）项目和近期数字化无线电（Near-Term Digital Radio, NTDR）项目获得资助。GloMo 的目标是用手持设备为办公环境提供任何时间、任何地点的以太网类型的多媒体连接，采用 CSMA/CA 和 TDMA 作为信道接入方式，并开发了几种新的路由协议和拓扑控制方案。NTDR 采用分群和链路状态路由，并自组为两层结构的 Ad Hoc 网络。IEEE 802.11 标准委员会采用了“Ad Hoc 网络”一词来描述这种特殊的自组织对等式多跳移动通信网络，Ad Hoc 网络就此诞生。同时，IEEE 802.11 标准委员会提出了很多非军用的建议，开始非军事研究。

3. 应用研究阶段

随着移动通信和移动终端技术的高速发展，Ad Hoc 网络技术除了在军事领域中得到充分利用外，在民用移动通信中也得到了应用，尤其是在一些特殊的工作环境中，如所在的工作场地没有可以利用的固定基础设施，或者由于某种因素的限制（投入、安全和政策等）不能使用已有的网络通信基础设施等。

20 世纪 90 年代中期是 Ad Hoc 网络的研究热潮，期间涌现了一系列标准活动和商业标准。1997 年，IETF 成立了 MANET 工作组^[7]，用以负责研究和开发具有数百个节点的移动 Ad Hoc 网络的路由算法，并制定相应的标准。IEEE 802.11 标准委员会^[8]对基于冲突避免（CA）和容许隐藏终端的 MAC 协议进行了标准化。HiperLAN 和蓝牙技术也为 Ad Hoc 网络组网提供了一些技术准备。

当前，国内外研究 Ad Hoc 网络及其组网技术的起步、速度和规模都不相同。国外研究起步较早、速度较快、规模较大，主要集中在美国和欧洲，如美国加州大学洛杉矶分校 Mario Gerla 教授领导的“无线自适应移动性实验室”、加州大学圣克鲁兹分校 J.J.Garcia-Luna-Aceves 教授领导的“计算机通信研究小组”、美国康奈尔大学 Zygmunt J.Hass 教授领导的“无线网络实验室”等不少大学研究实验室。美国国家标准和技术研究所“无线通信技术小组”设立的 Ad Hoc 网络项目组，负责对 Ad Hoc 网络的路由协议性能、网络的自组织和分簇、Ad Hoc 网络仿真工具以及传感器网络的组网和应用进行评估和研究。IETF 设立的研究小组——MANET 工作组，负责 Ad Hoc 网络的路由协议的标准化工作。与国外相比，国内研究起步较晚、速度较慢、规模也较小，解放军理工大学、清华大学、西安电子科技大学等在这方面有一些研究成果。同时，国内对 Ad Hoc 网络的研究大都比较零散，缺乏统一的规划和协调，没有相应的官方或民间组织来协调。

目前，国内外对 Ad Hoc 网络的研究日益增多^[9]，研究成果主要包括以下几个方面：新的路由协议，多媒体接入控制（MAC）协议，Ad Hoc 网络与蜂窝网络相结合，多播协议，地址分配，TCP 节能控制，安全性，分布式算法，QoS，用蓝牙节点组建 Ad Hoc

网络等。

1.3 常用移动通信系统的比较

近几十年来，移动通信技术已经得到了迅猛的发展，并在许多领域有了广泛应用，为人们的生活带来了很多的便利。移动自组网，作为一种新的组网技术，与现有的移动通信系统有着许多的不同之处。为了更清楚地理解移动自组网技术，有必要介绍现有的常用移动通信系统^[10~12]，并将它们与移动自组网进行简要的比较分析。

1. 蜂窝移动通信系统

蜂窝移动通信系统大体可分为模拟和数字两代系统，其中数字系统又可分为第二、三、四代，是覆盖范围最广的陆地公用移动通信系统。蜂窝通信网络把整个服务区域划分成多个类似于蜂窝的小区，各小区均用固定的基站为用户提供通信服务。移动用户之间或移动用户和非移动用户之间的通信均需要通过基站进行，基站则通过有线线路连接到由交换机组成的骨干交换网络。小区之间可采用频分复用或码分复用，小区内可采用频分复用、时分复用或码分复用的方式为用户提供通信信道，复用通信方式大大增加了信道数量，显著扩大了系统容量。常见的模拟蜂窝移动通信系统包括 AMPS、TACS、NMT、C-450、NTT 等，第二代数字蜂窝移动通信系统包括 GSM、IS-54、IS-95 等，第三代数字蜂窝移动通信系统包括 WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 等，而第四代数字蜂窝移动通信系统还处于研究阶段，尚未民用。蜂窝移动通信系统一般用于城市环境或人口较稠密的地区，主要的业务是语音通信和低速率数据业务。

与蜂窝移动通信系统相比，移动自组网不需要事先划分类似蜂窝的小区，也不需要固定的基站提供通信服务，在组网、管理、配置、成本等方面都占了优势。除了可用于城市环境外，移动自组网更适合于野外环境、战场或灾区等需要临时建立移动通信网络的场合。

2. 移动卫星通信系统

移动卫星通信系统能覆盖全球每个角落，能在海上、空中和地形复杂而人口稀疏的地区实现移动通信。移动卫星通信系统主要包括 IMARSAT-A、IMARSAT-C、IMARSAT-M、IMARSAT-B、IMARSAT-P、TRITIUM、CELSAT、COMETS、铱系统等。在这些系统中，卫星与蜂窝移动通信系统中基站的作用是一致的。卫星通信系统依据卫星所处的位置，可以分为静止轨道、中轨道和低轨道 3 种，为了使用户借助手机即可实现与卫星进行直接通信，故一般把注意力集中于中、低轨道卫星通信系统。

相比于移动自组网，移动卫星通信系统建立周期长、费用大，使用、维护成本高，此外，还存在着传输延时大、传输带宽有限等缺点，不能满足大容量和高实时性的传输业务的要求。

3. 集群移动通信系统

与蜂窝移动通信系统类似，集群移动通信系统是一种利用调度台进行通信控制和信息传输的移动通信系统，但由于其属于调度系统的专用通信网，故两者在主要用途、网络组成和工作方式上有很大差异。集群移动通信系统适合在各个行业或几个行业之间进行调度和指挥，对网中的用户常常赋予不同的优先级；根据调度业务的特征，通常具有一定的限时功能；主要为移动用户提供话音通信服务，且一般规模不大，在调度台的设置、频率配置、系统管理上更灵活。在数字集群通信方面，国外有两个标准：TETRA 和 iDEN。

相比于移动自组网，集群移动通信系统与蜂窝移动通信系统类似，需要固定的调度台提供通信控制和信息传输服务，在组网、配置、成本等方面都不占优势。

4. 对讲机系统

对讲机系统是最简单的点对点移动通信系统，只要双方在无线传输范围内，且使用同一频率，就可以实现相互通话。与移动自组网类似，对讲机系统不依赖于固定的基础设施，如基站，适合于野外环境，且主要用于提供话音通信。两者的最大不同之处是对讲机系统不支持通信中继，因而传输范围受到限制。为了扩大通信范围，必须增大发射功率，一方面不利于通信设备的节能和便携性，另一方面使得频率的空分复用率、系统容量和可用通信带宽降低。对讲机系统可视为单跳移动自组网。

5. 分组无线网

分组无线网是一种利用无线信道进行分组交换的通信网络，即网络中传送的信息以“分组”为基本单位。分组通常包含“报头”和“正文”两部分，报头中一般含有该分组的源地址、目的地址和相关的路由信息，正文则是真正需要传输的信息。分组传输是存储转发方式的一种，故无线分组网比较适合于实时性要求不高和短消息较多的数据通信。最早的分组无线网是 1968 年由美国夏威夷大学开发的 ALOHA 系统。随着数据业务的增长，世界各国都在致力于发展移动通信数据网络，其中基本都以分组传输技术为基础，如 ARDIS 系统、Mobitex 系统、CDPD 系统^[13]、TETRA 系统等。

1.4 移动自组网的体系结构

1990 年以前，网络文献资料中的分层体系结构是开放系统互连（Open System Interconnection, OSI）模型，但 OSI 模型却从未完全实现过，取而代之的是 TCP/IP 协议族。TCP/IP 协议族由 4 个层次组成：主机到网络层、互连网层、传输层和应用层。当前，其已成为事实上的因特网标准协议栈，故我们基于 TCP/IP 参考模型，给出一个移动自组网的分层体系结构^[14]。图 1-1 是基于 TCP/IP 参考模型的移动自组网分层体系结构。

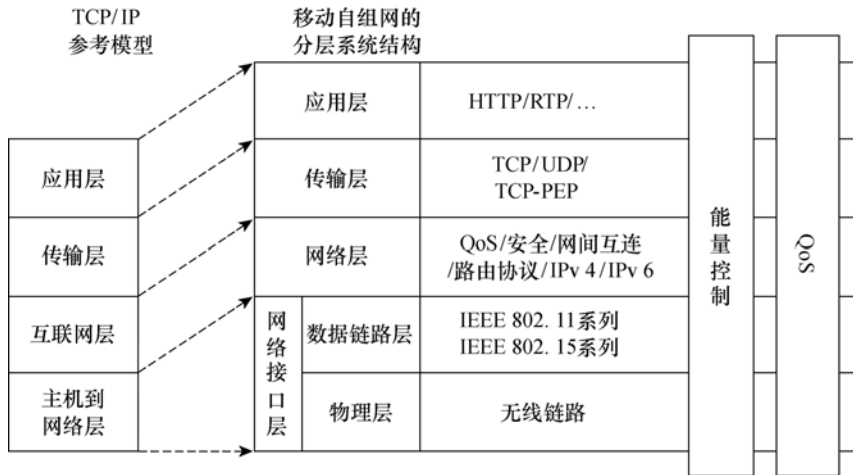


图 1-1 基于 TCP/IP 参考模型的移动自组网分层体系结构

为了与 TCP/IP 参考模型的层次相对应，我们将移动自组网的体系结构也分为 4 层，分别为网络接口层、网络层、传输层、应用层。

1. 网络接口层

网络接口层主要负责数据帧的发送、接收，控制无线信道的访问等，可以分为物理层和数据链路层两个子层。物理层主要完成无线信号的编码/解码、调制/解调、发送/接收等工作，并提供机械及电器规范；数据链路层主要用于成帧，数据的传送、同步、纠错，流量控制以及对共享无线信道访问的控制，常用的多媒体接入控制协议有 IEEE 802.11 系列，IEEE 802.15 系列等。

2. 网络层

网络层是移动自组网实现中最关键的一层，该层涉及很多的研究工作。网络层将数据帧封装成数据分组后，运行路由协议将数据分组从源节点传送到目的节点，并提供网间互连，此外还涉及逻辑寻址等功能。单播路由协议就是普通的路由协议，负责发现并维护移动自组网中的路由；多播路由协议提供群组通信的底层支持；网间互连协议支持移动自组网与其他网络的互连^[15]；QoS 路由协议提供具有 QoS 保证的数据传送服务；安全协议提供对路由协议的安全保障。

由于移动自组网的拓扑高度动态变化、存在单向信道等特点，使得传统网络中的网络层大部分协议无法直接使用，必须针对移动自组网的特征进行必要的修改，或者提出专门的网络层协议。

3. 传输层

传输层协议负责将数据分组从一个进程传送到另一个进程，有线网络和传统的无线网络中主要使用 UDP 和 TCP 两个基本的传输协议。用户数据报协议（User Datagram Protocol, UDP）是相对较简单的，开销很小，其提供了无连接不可靠的进程间通信，适合于一次传输少量数据且不在意可靠性的应用。传输控制协议（Transmission Control Protocol, TCP）能为应用程序提供面向连接的、可靠的进程间通信，适合于一次传输大

批数据、要求得到响应和可靠性要求高的应用。移动自组网中的传输层一般是把TCP/UDP基于无线环境进行修改，以适应无线多跳网络环境。

4. 应用层

与其他各种类型的网络一样，移动自组网的应用层指定的也是各种面向用户的业务，例如电子邮件、远程文件访问、文件传输服务、Web服务、多媒体服务等，在实际实施过程中，可以采用各种各样的应用层协议和标准。

此外，由于移动自组网中的能量管理、QoS等功能涉及到网络中的多个层次，是一些跨层的系统性问题，所以这些功能的实现要求各层次提供相应的机制，并互相协调运行。

1.5 移动自组网的应用与特点

移动自组网具有灵活机动、无需基站支持、组网迅速、适应环境能力强、多跳路由等优良特性，此外，还具有顽健性、抗毁性等特点。以上这些典型特征为移动自组网在市场中占据一席之地提供了有力的依据，使得其广泛应用于未来军事战争、移动办公、移动漫游等领域。

1.5.1 移动自组网的应用

移动自组网的应用范围很广泛，总体来说，其可应用于以下场合^[14]。

- (1) 没有通信基础设施的地方。
- (2) 需要分布式特性的网络通信环境。
- (3) 现有通信基础设施不足，需要临时快速建立一个通信网络的环境。
- (4) 作为生存性较强的后备网络。

具体来说，移动自组网的应用范围可以归纳为以下几类。

1. 军用通信

移动自组网的初衷是为军事应用服务，所以军事应用是移动自组网技术的主要应用领域。由于移动自组网不依赖于固定通信基础设施，因而能满足军队移动通信系统自主性的要求，而网络采用分布式协议，具有路由重构、连接恢复等能力，使得其具有较强的抗毁性。当前，移动自组网技术已经成为美国战术互连网的核心技术，美国的近期数字化无线电（NTDR）和无线互连网控制器等主要通信设备都使用了移动自组网技术。

2. 传感器网络

传感器网络^[16]是自组网技术的另一大应用领域。在很多应用场合中，传感器网络只能使用无线通信技术，而考虑到体积和节能等因素，传感器的发射功率不可能很大，这和自组网的特性相似。使用自组网实现多跳通信是非常实用的解决方法，分散在各处的传感器组成自组网，可以实现传感器之间以及传感器与控制中心之间的通信。这种网络

具有非常广阔的应用前景。

3. 移动会议

目前,越来越多的人携带笔记本电脑、PDA 等便携式设备参加各种会议,借助移动自组网技术,与会者不用借助路由器、集线器或基站,就能够将各种移动终端快速地组织成无线网络,从而完成提问、交流以及资料的分发。借助于移动自组网,还可以实现分布式会议。当然,由于会议常常以视频的方式来实现,这在一定程度上可能要求网络能够在大数据量的前提下保证传输的实时性。

4. 移动网络

当配备有无线装置的便携式计算机被携带到旅途中时,由于其根本就没有与拓扑相关的固定 IP 地址,故通过传统的 IP 协议无法为其提供连接。因为移动自组网采用平面拓扑,因而没有地址变更问题,故借助移动自组网,可以使得这些移动节点仍然如同连在标准的计算机环境中一样。

在实际应用中,移动自组网除了可以单独组网实现局部通信外,还可以作为末端子网通过网关连接到现有的网络基础设施上,故其也可以作为各种通信网络的无线接入手段之一。如移动自组网与蜂窝移动通信系统相结合,可以利用移动台的多跳转发能力,扩大蜂窝移动通信系统的覆盖范围、均匀相邻小区的业务、提高小区边缘的数据速率等。

5. 个人通信

个人域网(Personal Area Network, PAN)是移动自组网技术的又一应用领域。它不仅可以实现手机、掌上电脑等个人电子通信设备之间的通信,构建虚拟教室和讨论组等崭新的移动对等应用,还可用于 PAN 之间的多跳通信,为建立室外更大范围的 PAN 与 PAN 之间的多跳互连提供了技术可能性。

6. 紧急服务和灾难恢复

在自然灾害或其他各种原因导致网络基础设施出现故障或无法使用时,借助移动自组网技术能够在这些恶劣和特殊的环境下,快速建立临时网络,延伸网络基础设施,从而为营救赢得时间,减少灾难带来的危害,对抢险和救灾工作具有重要意义。

7. 偏远野外地区

当处于偏远或偏僻野外地区时,无法依赖固定或预设的网络设施进行通信。因为移动自组网具有独立组网能力和自组织特点,故使得其成为这些场合通信的最佳选择。

8. 动态场合和分布式系统

通过无线连接远端的设备、传感节点和激励器,自组网可以方便地用于分布式控制,特别适合于调度和协调远端设备的工作,减少分布式控制系统的维护和重配置成本。自组网还可以用在自动高速公路系统中协调和控制车辆,对工业处理过程进行远程控制等。

9. 其他应用

考虑到 Ad Hoc 网络具有很多优良特性,它的应用领域还有很多,这需要我们进一步去挖掘。比如它可以用来扩展现有蜂窝移动通信系统的覆盖范围,实现地铁和隧道等场合的无线覆盖,实现汽车和飞机等交通工具之间的通信,用于辅助教学和构建未来的

移动无线城域网和自组织广域网，组建移动医疗监护系统和无线设备网络，开展移动和可携带计算以及无所不在的通信业务等。

1.5.2 移动自组网的特点

移动自组网由若干可自由随处任意移动的节点组成，一个移动自组网是一个自治的移动节点系统，其可以独立工作，也可以作为“末端(Stub)”网络方式通过网关或接口与固定网络相连。对于后一种操作方式，末端网络传输其内部节点产生的信息，或者将信息传输到其内部节点，但不允许末端网络传输的信息既不是其内部节点产生的信息，也不是其内部节点接收的信息。移动节点配备无线发射/接收机、天线等，在一给定时刻，根据节点所处的位置和其发射/接收机的覆盖范围、发射功率等级、同频信道干扰程度，按照“Ad Hoc”网络方式，实现节点之间的无线连接。根据以上描述和 IETF RFC 2501 可知，与传统移动通信系统相比，移动自组网具有以下几方面的特性。

1. 自组织性或独立性

移动自组网中的终端节点可以在没有任何基础通信设施的情况下临时快速组网运行，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。

2. 网络拓扑的动态性

在移动自组网中，由于用户终端的随机移动、节点的随时开机和关机、无线发信装置发送功率的变化、无线信道间的相互干扰以及地形等综合因素的影响，移动终端间通过无线信道形成的网络拓扑结构随时可能发生变化，而且变化的方式和速度都是不可预测的。在网络拓扑图中，这些变化主要体现为节点和链路的数量及分布的变化。

3. 分布式运行

移动自组网是分布式的，没有严格的控制/管理中心，网中所有节点地位平等，是一个对等式网络。网络中的节点不仅有普通移动终端的功能，还有路由器的功能。节点可以随时加入和离开网络，任何节点的故障不会影响整个网络的运行，且路由协议通常采用分布式控制方式。相对于有中心网络，移动自组网具有很强的顽健性和抗毁性。

4. 多跳路由

移动自组网中的节点无法携带很多能量，节点的发射功率有限，所以节点的通信范围远小于普通无线网络。当节点要与其覆盖范围之外的节点进行通信时，需要通过中间节点的多跳转发，即多跳路由。与传统网络的多跳路由不同，移动自组网中的多跳路由不是由专门的路由设备（如路由器）完成的，而是由移动节点协同完成的。移动自组网使用多跳路由，这样节点的发射功率可以相对低很多，从而达到节省电能、延长电池工作时间的目的。当前已经有相当多的文献对移动自组网的多跳路由协议进行了深入的研究和分析^[17~21]。

5. 无线带宽的有限性

移动自组网采用无线传输技术，而无线信道本身的特性决定了它所能提供的网络带宽比有线信道要低得多，再加上竞争共享无线信道产生的碰撞、信号衰减和噪声干扰等

因素,故移动终端可得到的实际带宽远远小于理论上的最大带宽。这就使得网络拥塞在移动自组网中会经常出现。

6. 移动终端局限性

移动自组网中的移动终端具有携带方便、轻便灵巧等优点,但也存在其固有的缺陷,如能源受限、CPU 处理能力较低、成本较高、内存较小等。网络中的节点通常是由电池或其他能量有限的设备提供能量的,所以如何高效地使用能量、延长终端生存时间是一个十分突出的问题^[22,23]。

7. 物理安全性差

移动无线网络一般比固定网络更加容易受到物理安全威胁。移动自组网采用无线信道、有限电源、分布式控制等技术,所以很容易受到被动窃听、主动入侵、拒绝服务、剥夺“睡眠”、伪造、拦截等各种网络攻击^[24]。

8. 网络可扩展性不强

首先,动态变化的拓扑结构使得具有不同子网地址的移动终端可能同时处于一个自组网中,因而子网技术所带来的扩展性无法应用在移动自组网环境中。其次,节点间的相互干扰会造成网络容量下降,各节点吞吐量随网络节点总数的增加而下降,这使得移动自组网存在通信容量的可扩展性问题。此外,移动自组网中各种协议造成的附加开销对网络资源的消耗随节点数增加而急剧增加,使得有限的资源被大量的控制业务浪费,从而限制了网络的扩展。

9. 信道单向性

在移动自组网中,由于各个移动终端发射功率不同以及地理环境影响可能产生单向信道,即一方可以直接发送信息给另一方,而另一方无法直接返回信息。

10. 生存时间短

移动自组网中,由于移动终端的蓄能较小,节点会在能量耗尽时自动退出网络。此外,移动自组网通常是由于某个特定原因而临时创建的,使用结束后,网络环境会自动消失,故相对于有线网络,其生存时间一般比较短。

1.6 移动自组网实现的关键技术

与传统的有线/无线网络相比,移动自组网无需基础设施,完全分布式运行,且每个节点可以随时进入和离开网络。正是由于移动自组网的这些特性,使得它的体系结构、服务质量保障和应用等问题变得复杂且难以实现,使得传统的有线/无线网络中使用的各种性能良好的协议和技术无法被直接使用,因此需要为移动自组网设计专门的协议和技术。目前,关于移动自组网实现的关键技术或难点问题主要有网络体系结构、路由协议、服务质量、MAC 协议、功率控制、安全问题、网络互连、网络资源管理、网络可扩展性等^[25]。