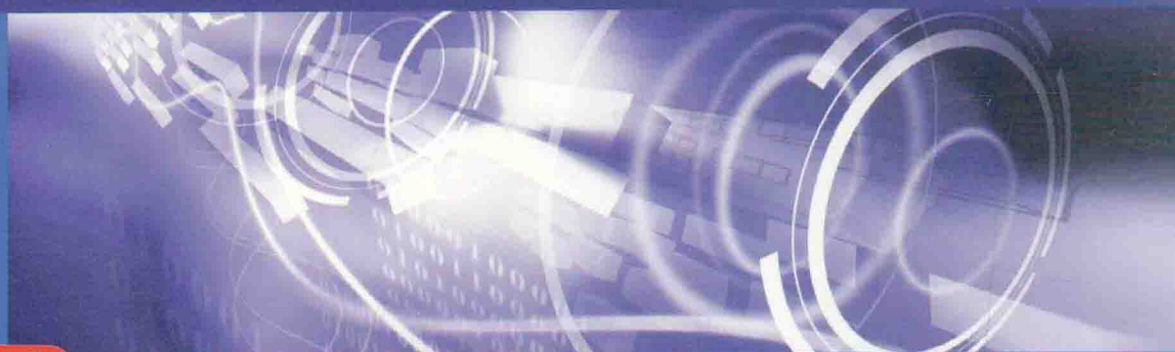


动态自适应网络生命 周期内关键技术



王欣 刘壮 孙苏鹏 丁鑫 著

DYNGTAI ZISHIYING WANGLUO SHENGMING
ZHOUQINEI GUANJIAN JISHU



国防工业出版社
National Defense Industry Press

动态自适应网络生命 周期内关键技术

冯欣 刘壮 孙苏鹏 丁鑫 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了动态自适应网络中的关键技术。动态自适应网络是一系列具有动态性和自适应性网络的总称。在动态自适应网络中,最典型的是无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络。本书详细介绍了在动态自适应网络生命周期内各层次的关键技术,结合无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络典型算法,作出了改进,并通过实验验证。

本书可供从事无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络教学、研究的师生和学者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

动态自适应网络生命周期内关键技术 / 冯欣等著.

—北京:国防工业出版社,2014.12

ISBN 978-7-118-09655-2

I. ①动… II. ①冯… III. ①网络通信—研究 IV.
①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 278937 号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
新华书店经售



*

开本 710 × 1000 1/16 印张 7 字数 120 千字

2014 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

动态自适应网络是一系列具有动态性和自适应性网络的总称。其中动态性是指网络拓扑结构动态变化,自适应性是指网络不依赖现有的基础设施,节点加入网络或离开网络不影响整个网络的运行。近年来随着无线通信技术的飞速发展,动态自适应网络在医疗、工业、军事、交通等领域应用广泛,具有重要的研究意义和巨大的发展空间。

在动态自适应网络中,无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络发展迅速、应用广泛,具有应用相关性。本书共分为七章,系统、全面地阐述了动态自适应网络生命周期内关键技术。

第一章概要介绍了动态自适应网络的研究意义、主要分类和背景知识,并对本书的结构进行介绍。

第二章详细介绍了动态自适应网络的关键技术,掌握这些技术可以帮助读者读懂后续章节的内容。

第三、四、五章主要介绍了动态自适应网络生命周期内 MAC 层、网络层、应用层的关键技术,结合动态自适应网络中具有代表性的应用之一——无线传感器网络的典型算法进行改进,通过实验方式进行验证。

第六章主要介绍了动态自适应网络生命周期内安全问题的关键技术,结合动态自适应网络中另一个具有代表性的应用——Ad-Hoc 网络的典型算法进行改进,并通过实验方式进行验证。

第七章主要对本书内容进行了回顾,并针对本书所提出的算法的缺点,对未来动态自适应网络关键技术的发展作出了一些构想。

希望本书能够对读者有所帮助,在编著过程中,力求对所有的知识和想法阐述准确、透彻,但是由于作者知识水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

著 者

2014 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 动态自适应网络研究意义	1
1.2 动态自适应网络技术概述	2
1.2.1 无线传感器网络技术	2
1.2.2 Ad-Hoc 网络技术	4
1.3 动态自适应网络背景介绍	5
1.4 主要内容及结构安排	6
1.4.1 主要内容	6
1.4.2 结构安排	7
第二章 动态自适应网络关键技术概述	9
2.1 动态自适应网络	9
2.1.1 动态自适应网络分类和特点	9
2.1.2 动态自适应网络应用	10
2.2 无线传感器网络关键技术	12
2.2.1 MAC 层关键技术	13
2.2.2 网络层关键技术——路由协议	15
2.2.3 应用层关键技术——定位技术	17
2.3 Ad-Hoc 安全关键技术	20
2.3.1 Ad-Hoc 网络安全分类	20
2.3.2 安全目标	21
2.3.3 虫洞攻击研究现状	22
2.4 本章小结	23
第三章 WSN 中 MAC 层相关协议	24
3.1 引言	24

3.2	现状概述	25
3.2.1	IEEE 标准	25
3.2.2	功率有效的 MAC 协议	26
3.2.3	CSMA/CA 协议	26
3.2.4	研究现状	27
3.3	MAC 协议的相关改进	29
3.3.1	WSN 的 MAC 层协议的改进	29
3.3.2	WBAN 的 MAC 层协议的改进	32
3.4	仿真结果及分析	36
3.4.1	MEMAC 仿真结果及分析	36
3.4.2	IBOAIS CSMA/CA 仿真结果及分析	38
3.5	本章小结	40
第四章	WSN 中网络层 LEACH 协议	42
4.1	引言	42
4.2	现状概述	42
4.2.1	LEACH 协议	43
4.2.2	遗传算法与 LEACH 协议结合	44
4.2.3	蚁群算法	45
4.3	路由算法描述	47
4.3.1	层次路由设计	47
4.3.2	基于遗传算法分簇设计	48
4.3.3	基于蚁群算法避免拥塞路由设计	49
4.4	路由算法实现	50
4.4.1	算法描述	50
4.4.2	算法实现	50
4.5	仿真结果与分析	53
4.6	本章小结	56
第五章	WSN 中应用层 DV - HOP 算法	57
5.1	引言	57
5.2	现状概述	58
5.3	参照算法	59
5.4	改进 DV - HOP 算法	61

5.4.1 基于 hopsize 误差改进算法 61

5.4.2 基于误差分布规律改进算法 65

5.4.3 基于浮点运算量改进算法 70

5.5 仿真实验..... 71

5.6 本章小结..... 74

第六章 Ad – Hoc 网络检测虫洞算法 75

6.1 引言..... 75

6.2 现状概述..... 76

6.2.1 虫洞攻击模式及检测办法 76

6.2.2 OLSR 协议 78

6.2.3 AODV 协议 79

6.3 算法描述..... 81

6.3.1 SOLSR 协议 81

6.3.2 MHAAODV 算法 84

6.4 仿真实验结果..... 88

6.4.1 SOLSR 仿真 88

6.4.2 MHAAODV 89

6.5 本章小结..... 91

第七章 未来构想 93

参考文献 96

第一章 绪 论

1.1 动态自适应网络研究意义

动态自适应网络是具有动态性和自适应性两种特性网络的总称。在动态自适应网络中,动态性是指网络拓扑结构的动态变化,这是因为节点的能量受限,其开关机状态以及发射功率随时发生变化,节点失效后会离开网络,同时新节点也会随时加入到网络;自适应性是指网络属于无基础设施网络,在网络中没有节点严格充当控制中心,任何一个节点的加入或者离开均对整个动态自适应网络正常运行没有影响,各节点之间可以自组织成多跳网络。动态自适应网络将无线通信、微电子、传感、嵌入式技术等跨学科技术综合到一起^[1-3],可以完成特定应用场景的需求,在医疗、工业、军事、交通等领域应用广泛,具有广阔的应用前景和巨大的发展空间。

动态自适应网络得到了当今世界的广泛关注,在研究领域有众多国内外研究机构对此进行深入研究,并建立了众多项目:1997年,互联网工程任务部(Internet Engineering Task Force, IETF)成立了针对 mobile Ad-Hoc 网络研究的工作组^[4],该工作组的研究目标是将 IP 路由协议标准化,使拓扑结构为动态或静态的网络均能使用,这样无线路由应用可以延用 IP 路由协议。在瑞士,国家研究中心针对移动信息与通信进行深入研究^[5],旨在解决下一代移动通信技术中存在的问题(包括基础问题 and 应用问题),这些问题与自组织系统关联。美国加利福尼亚大学建立了 NEST 项目^[6],全称是 Networked Embedded Sensor Technology。该项目为促进算法的研究,开发了一个实验平台,该平台向外界开放,为广大网络嵌入式系统技术研究者提供了方便,事实证明此平台具有实际意义。TinyOS^[7]是 NEST 的一个子项目,它是一个开源的操作系统,是针对无线嵌入式传感器网络而设计的;TinyDB^[8]是 NEST 的另一个子项目,它是从属 TinyOS 的查询处理系统,功能是从 TinyOS 所适用的 WSN 中查询有效信息,该查询处理系统提供查询接口,类似 SQL,用户设置特定的信息查询条件, TinyDB 进行数据收集并将结果返回以供用户查看。除以上研究机构,还有一些其他的权威的动态自适应网络研究机构,具体如下:由美国加利福尼亚大学洛杉矶分校建立的“无

线自适应移动性实验室”^[9]；由美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校建立的“移动性管理和联网实验室”^[10]；由康奈尔大学建立的“无线网络实验室”^[11]；由伊利诺斯大学香槟分校建立的“无线网络研究小组”^[12]等。

在国内,也有一些研究机构开始投入到动态自适应网络的研究中,该领域逐渐受到了各大学和政府的关注,具体如下:中科院计算所的信息网络室建立了 WSN 项目;哈工大数据库与并行计算研究中心对 WSN 进行深入研究,研制了一个针对传感网络工作的 DBMS^[13] (Database Management System)并提出相对应的数据模型;重庆市科委计划了称为“超宽带 Mobile Ad - Hoc 关键技术研究”的科技项目;复旦大学建立了移动数据库的研究小组等。

以上所列的研究项目和机构表明,动态自适应网络具有理论研究价值。此外,在实际应用领域,动态自适应网络也发展迅速并且应用广泛,这是因为动态自适应网络的网络拓扑结构动态变化,节点之间以多跳写作的方式进行通信,具有自适应性和动态性,并且节点本身成本低、体积小。例如:无线传感器网络中传感器能够感知多种环境参数,将物理环境信息化;Ad - Hoc 网络可以实现无基础设施网络中的点对点通信,并具有一定的抗毁性和机动性;3G 网络可以支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术,其中 3G 服务能够同时传送声音(通话)及数据信息(电子邮件、即时通信等)^[14];无线局域网络在医疗^[15,16]、餐饮、仓储等行业应用广泛,它可以免去或最大程度地减少网络布线的工作量等。

1.2 动态自适应网络技术概述

在动态自适应网络中,最主要的关键技术有无线传感器网络和 Ad - Hoc 网络。在当今信息技术领域中,它们都是融合了多学科的研究热点。

1.2.1 无线传感器网络技术

在无线传感器网络中,主要的关键技术有以下几种。

(1) 网络拓扑控制^[1]。为了使路由协议和 MAC 协议具有较高的效率,可以采用拓扑控制机制来自动创建一个良好的网络拓扑结构。一个良好的网络拓扑结构不仅可以降低节点能耗,延长网络的生命周期,还可以为数据融合和目标定位等方面奠定基础。如何将 WSN 节点之间进行无线通信冗余的链路删除是当前拓扑控制技术的热点研究问题,该问题的研究前提是网络覆盖率足够高和连通程度足够大,并且需要对功率进行控制和选择城域网节点。因此拓扑控制技术在 WSN 研究领域占主要位置。

(2) 网络协议^[1]。传感器的运算能力、存储能力、通信能力以及能量是受

限的,所以整个网络的拓扑信息不可能被单个节点获取,一个节点只能获取网络的部分拓扑信息,这就要求运行的网络协议具有简易性。在 WSN 中,拓扑结构、网络资源等都是动态变化的,即 WSN 具有动态性,这种特性要求其网络协议具有较好的可扩展性。同时,网络节点能量受限,延长网络生命周期是在设计网络协议时需要考虑的首要问题。而路由协议的主要目标是从网络的整体角度出发节约能耗和平均能耗。与实时性、公平性、利用率这些性能指标相比,可扩展性和节能更为重要。

(3) 网络安全^[1]。无线传感器网络是一个任务型的网络,主要有数据传输、任务协同控制、采集数据、融合数据等任务。所以无线传感器网络的安全问题主要是如何机密执行任务、如何生成可靠数据、如何高效融合数据和安全传输数据等。对此,无线传感器网络可以采用一些基本安全机制,例如点到点的消息认证、完整性鉴别等。通过采用这些安全机制来达到机密地布置任务、安全地传递和融合数据的目的。

(4) 时间同步^[1]。时间同步是传感器网络实现节点协同工作的一个关键机制。RBS/TINY/MINI-SYNC 和 TPSN 是 3 个基本同步机制。

(5) 定位技术^[1]。一条监测消息如果没有地理位置数据就不具有参考价值,所以位置信息是节点采集的数据中不可或缺的。无线传感器网络的一个基本功能就是确定事件发生的地理位置或者采集数据的节点位置。随机播撒的传感器节点为了提供有效的地理位置信息,应在播撒后马上获取自身的地理位置信息。但是传感器节点的资源、通信能力和覆盖率都是受限的,这就要求定位算法要具有自组织性、健壮性、能量高效性等性质。

(6) 数据融合^[1]。传感器网络的生命周期受限于节点能量,因此去除冗余数据和减少数据传输量可以有效地降低能耗。WSN 网络节点收集数据时,为了降低能量消耗和减少网络信息冗余,利用自带的存储和计算能力对收集到的数据进行数据融合操作。数据融合技术可以对大量而分散的数据进行处理,这样可以提高数据的准确度,以应对节点失效所带来的问题。但同时,数据融合也会提高网络延迟和降低网络健壮性。因此,如何权衡数据融合的利弊,提高网络整体性能是 WSN 的研究难点。

(7) 数据管理^[1]。在 WSN 研究中,由于它采用分布式数据库的一种,需要将网络实现与数据管理进行分离,目的是让使用者不需要了解实现细节,仅熟悉逻辑结构就可以对网络中的数据进行管理。具体管理过程如下:首先为 WSN 创建数据库模型,其次存储数据,存储方式是视图这种逻辑方式。这种方式可以显著增强网络的易用性,但也因为要对数据进行抽象处理,导致执行效率降低。

除以上关键技术外,无线传感器网络还涉及无线通信技术、嵌入式操作系

统、应用层技术等,这些技术均在无线传感器网络发展中起支撑作用。

1.2.2 Ad-Hoc 网络技术

在 Ad-Hoc 网络中,根据网络特点按照协议栈的划分,关键技术主要有以下几种。

(1) 物理层自适应技术。由于多径衰落引起的幅度与相位的扰动、延迟扩展引起的码间串扰、来自其他节点信号的干扰等因素,无线信道的单位带宽容量相对较小。物理层的设计目标是以相对较低的能量消耗,克服无线媒体的传输损伤,获得较大的链路容量,需采用的关键技术有自适应功率控制、自适应干扰抵消、自适应速率控制等。

(2) 路由协议。由于 Ad-Hoc 的网络拓扑结构是动态变化的,Ad-Hoc 路由协议不同于常规的路由协议。Ad-Hoc 路由协议可以分为按需路由协议、表驱动路由协议两个类别,这是以路由表的维护特点为依据分类的。其中表驱动路由可以在任意时刻查询到数据包目的节点的路由信息,这样可以优化路由。但需要消耗的能量较高,因为节点的路由表需要定期进行更新,这就增加了网络开销。而按需路由协议相比表驱动路由协议不能在任意时刻知道目的节点的路由信息,具有较差的实时性且无法确保所使用的路由为最优路由,但此类型路由可以节省网络带宽,从而具有较低的能耗。

(3) 信道接入技术。Ad-Hoc 网络的信道属于多点信道类型,信道由网络节点多跳共享,而普通无线网络的信道则是点对点 and 共享广播的。信道接入技术是 Ad-Hoc 网络的核心技术之一,它决定着网络节点接入无线信道的方式。此外,Ad-Hoc 网络还存在独特的隐终端和暴露终端问题,这些都需要设计专门的信道接入技术来解决。

(4) 网络互联技术。在 Ad-Hoc 网络中,网络中的可移动节点不仅能够对已存在的有限网络进行资源访问,而且还能够访问其他 Ad-Hoc 网络,具体指与它们的移动节点进行数据收发。无线 Ad-Hoc 网络与现有的无线网络相比,具有较强的应用相关性,即是一种在特定应用场景中使用的无线网络。当 Ad-Hoc 网络接入到广域网,可以将 Ad-Hoc 网络看成是一个 IP 子网。部分网内分组的传递由网内路由协议完成(可能以多跳的形式到达目的节点)。当网络发生变化时,例如有分组退出网络或接入网络,应采用标准 IP 路由机制,这就要求网关拥有可以运行多种路由协议的能力。

(5) 服务质量。当今,部分 Ad-Hoc 网络也会有传输多媒体信息的需求,这需要 Ad-Hoc 网络能够提供一定的 QoS。在 Ad-Hoc 网络中各个网络层次需要提供的机制不同,数据链路层、网络层、应用层所提供的机制分别是:资源预

留解决方案、QoS 路由解决方案、压缩技术和具有自适应性的信源编码解决方案。

(6) 安全问题。区别于传统无线网,Ad-Hoc 网络通过节点间的相互协作来维持网络,并不依赖任何固定设施。所以任何节点都是网络的一个重要组成部分,这降低了 Ad-Hoc 网络的安全性。由于 Ad-Hoc 网络容易受到安全攻击,所以如何设计安全的 Ad-Hoc 网络是一个重要挑战。

1.3 动态自适应网络背景介绍

根据上述对无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络关键技术的概述,发现其生命周期内仍有许多待解决的技术难点和待完善的技术方案。

针对无线传感器网络 MAC 协议的研究对 WSN 其他关键技术具有深远影响,例如拓扑控制、时间同步、定位技术、数据管理等。现有的传统无线网络 MAC 协议在大量事实的验证下并不能适用于 WSN 中,而新提出的针对 WSN 的 MAC 协议又具有很强的应用相关性,特定应用场景对 MAC 协议在一些方面的要求具有很大差别,例如技术手段、所面向的应用、网络协议栈交互及处理、性能指标等。因此针对 WSN 中 MAC 协议的局限性,还有大量的基础问题有待研究和改善。本书针对无线传感器网络 MAC 协议进行研究,旨在解决和改善 MAC 层的碰撞率、重传率和能耗等问题。

无线传感器网络的网络层路由协议在不同的应用场合是有区别的,没有一个路由协议是通用的,需根据特定的应用需求设计满足其需求的路由机制。在 WSN 中,节点能量有限,在特定应用场景中无法进行能量补充,所以延长网络的生命周期成为无线传感器网络路由协议设计的重要目标。并且在设计路由协议的过程中还需要考虑节点能耗问题以及网络能量均衡使用问题。节点的存储和计算资源有限,只能获取局部拓扑信息,因此 WSN 中的另一个基本问题是如何设计一个简单高效的路由机制。本书针对无线传感器网络网络层路由协议进行研究,旨在解决和改善网络层的能耗问题,延长网络生命周期。

在无线传感器网络的应用层的技术中,定位技术一直是 WSN 领域的研究热点。网络节点地理位置信息对无线传感器网络的监测活动至关重要,监测信息中的一个重要数据就是事件发生的地理位置信息,监测信息如果没有地理位置信息就毫无意义。定位信息除报告事件发生的地理位置外,还具有目标跟踪、路线实时监视、预测前进轨迹、协助路由等用途。网络中传感器节点有能量受限、节点规模大、随机播撒、通信距离受限等问题,对定位算法的定位精度要求较高。本书针对无线传感器网络应用层定位技术进行研究,旨在解决定位精度和定位

覆盖问题。

Ad-Hoc 网络由于具有采用无线信道通信、独立组网、由节点充当路由器等特性,更易受到被动窃听、主动入侵、拒绝服务等网络攻击^[17,18],而传统的网络安全方法和措施已不适合解决这些问题。在 Ad-Hoc 网络安全问题中,路由协议是网络攻击的主要目标,攻击结果会导致路由协议性能下降,甚至使路由协议无法正常工作。因此,在 Ad-Hoc 网络路由协议研究领域中如何防御网络攻击成为了一大难点,本书针对防御虫洞攻击对 Ad-Hoc 网络路由协议进行研究,旨在提高 Ad-Hoc 网络安全性。

1.4 主要内容及结构安排

1.4.1 主要内容

在动态自适应网络中,无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络应用广泛并具有应用相关性。它们将物理世界与信息世界融合,改变人类与自然的交互方式,使得人们的生活发生了巨大变化。由于二者从最初在军事领域应用发展到民用领域应用,其应用范围广泛、发展迅速,并且二者的动态性和自适应性特点较为突出。本书主要针对动态自适应网络中无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络关键技术展开讨论。

针对无线传感器网络进行深入研究。

首先研究了无线传感器网络 MAC 层协议的基础理论,系统介绍了国内外 MAC 层协议研究领域的研究成果以及研究现状,主要针对 MAC 层协议提出创新和改进方法。

详细分析了已有的功率有效的 MAC 协议(PEMAC),发现 PEMAC 协议未考虑节点收到发往其他节点的 RTS/CTS 后进入休眠的情况。并针对此问题在 PEMAC 协议的基础上提出两点假设,对 PEMAC 协议进行改进。仿真实验验证该协议能够有效维持高效吞吐量,降低数据碰撞概率。

针对无线传感器网络的一个重要应用分支——无线体域网,详细分析了 CSMA/CA 协议,在此基础上提出了一种基于时隙的 CSMA/CA 退避算法,并将二维马尔可夫链应用到算法中。仿真实验验证该协议可以减少网络的数据碰撞率和重传率。

然后对 WSN 中网络层路由协议的基础理论进行了研究,系统阐述了国内外 WSN 路由协议研究领域的研究成果和现状。针对 LEACH 协议提出创新和改进方法。详细分析了已有 LEACH 协议的研究现状和研究成果,发现 LEACH 协议簇首选举机制无法保证簇首均匀分布在网络中,并且未考虑节点地理位置这一

重要因素,而在数据传输阶段簇首直接与基站进行数据传输,未考虑直接通信过程中数据量过大造成堵塞等问题。提出了一种基于地理位置的层次路由改进 LEACH 协议,将层次路由的思想引入 LEACH 协议中,并结合遗传算法进行簇首选举,应用蚁群算法选择数据传输最优路径。仿真实验验证此算法可以延长网络生命周期,网络负载重时可以平均网络能耗。

最后研究了无线传感器网络中应用层定位技术的基础理论,系统介绍了国内外应用层定位技术研究领域的研究成果以及研究现状,主要针对基于非测距的 DV - HOP 定位算法提出创新和改进方法。主要工作如下。

详细分析了 DV - HOP 算法的研究现状和研究成果,发现 DV - HOP 算法中用来计算节点距离的平均每跳距离误差较大从而影响节点定位精度,以及节点误差分布具有稳定规律。针对平均每跳距离误差,提出从均匀分布信标节点、引入二级参考节点辅助定位、使用节点最近跳距距离 3 个方面对获取平均每跳距离方法进行改进。针对节点误差分布规律,提出使用中间信标节点平均每跳距离。在实验验证过程中,分析三边测量法发现其浮点运算量较大,提出了 Max - Min 方法,分析公式可知此方法算法复杂度小于三边测量法。仿真实验验证以上算法均能够有效提高 DV - HOP 算法定位精度。

针对 Ad - Hoc 网络安全问题进行深入研究。

研究了无线 Ad - Hoc 网络的特点,发现传统网络相比其具有严重的安全问题。针对路由协议分析了 Ad - Hoc 网络安全问题的分类情况。系统介绍了防御虫洞攻击的研究成果和研究现状。在 Ad - Hoc 网络众多路由协议中选择了 OLSR 协议和 AODV,提出了创新和改进方法。主要工作如下。

详细分析了 OLSR 协议和 AODV 协议的基本理论和研究现状,从防御虫洞攻击的角度提出了更安全的 SOLSR 协议和 MHAAODV 协议。仿真实验验证 SOLSR 协议和 MHAAODV 协议均可以提高虫洞攻击的规避率。

总结以上提出的创新和改进方法,并指出其中不足,对未来动态自适应网络关键技术发展做出了一些设想。

1.4.2 结构安排

本书结构安排如下。

第一章:介绍了动态自适应网络的研究意义和技术要点。动态自适应网络中应用广泛的是无线传感器网络和 Ad - Hoc 网络,分别阐述了这两个网络的技术要点。

第二章:介绍了动态自适应网络研究所依托的基本理论以及关键技术,为动态自适应网络进行分类并总结其特点,从精准农业、医疗护理、交通领域、军事应

用4个方面系统地介绍了目前动态自适应网络的国内外发展现状以及应用项目。选择无线传感器网络和Ad-Hoc网络这两个典型的动态自适应网络,对其关键技术进行详细介绍,深入分析这些关键技术的评价指标以及研究现状。

第三章:针对无线传感器网络MAC层协议,在PEMAC协议的基础上提出两种假设,改进PEMAC协议,提出MEMAC协议。在体域网的基础上结合CSMA/CA协议提出了一种改进的退避算法,根据网络负载条件的变化动态地改变每次CSMA/CA开始时的最小竞争窗口,并引入了二维马尔可夫链,对以上算法进行仿真模拟实验,验证算法可以提高网络吞吐量并降低数据碰撞概率。

第四章:针对无线传感器网络网络层路由协议,在LEACH协议的基础上提出了一种基于地理位置的层次路由改进LEACH协议。将层次路由的思想用于LEACH协议中,把网络节点分为四层,其中包括中央基站、I层簇首、II层簇首以及普通节点。使用遗传算法寻找I层簇首、II层簇首以及簇内节点。最后提出一种基于蚁群算法避免拥塞路由协议,引入蚁群算法为数据传输寻找最优路径,并加入了拥塞预警模型和MMAS模型,将其应用到LEACH协议的数据传输阶段。通过仿真实验验证改进协议能够平均网络能耗,延长网络生命周期。

第五章:针对无线传感器网络应用层定位技术,在DV-HOP算法的基础上提出了改进的DV-HOP算法。由于DV-HOP算法平均每跳距离的估算存在较大误差,本书引入了均匀分布信标节点的模型,并使用全网信标节点平均每跳距离的平均值作为修正的平均每跳距离;引入二级参考节点来辅助定位,先选择二级参考节点,其定位后作为信标节点为其他待定位节点进行定位;选择离节点最近一跳的跳距作为平均每跳距离参加距离的估算。在实验过程中发现节点误差分布具有稳定规律,针对这一规律提出使用中间信标节点的平均每跳距离进行修正。还发现三边测量法在计算过程中浮点运算量较大,提出Max-Min方法。通过仿真实验验证以上改进算法可以提高定位精度和定位覆盖率。

第六章:针对Ad-Hoc网络的路由协议安全问题,从防御虫洞攻击的角度在OLSR协议和AODV协议的基础上提出了更安全的路由协议,它们分别是SOLSR协议和MHAAODV协议。SOLSR协议在OLSR协议的基础上加入了本地广播密钥的思想,本地加密数据包,然后动态改变数据包解密密钥,从而使恶意攻击节点即使获取到数据包也无法解密。MHAAODV协议在AODV协议的基础上首先通过跳数选择安全路由,并在安全路由中随机选择一条路由进行数据通信。通过仿真实验验证以上协议可以提高Ad-Hoc路由协议虫洞的规避率和路由协议的安全性。

第七章:对本书提出的创新和改进方法进行了总结,指出了相关的不足之处,对未来的发展作出大胆设想。

第二章 动态自适应网络关键技术概述

动态自适应网络包括无线传感器网络^[19]、Ad-Hoc 网络^[20]、3G 网络^[14]、4G 网络^[21]、WLAN 网络^[22]、P2P 网络^[23]、神经网络^[24]等网络,这些网络均具有动态性、自适应性的特点。动态自适应网络广泛应用于军事、医疗、环境监测、智能家居等领域。

在动态自适应网络中无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络的应用较为广泛,在无线传感器网络中,MAC 层协议主要作用是避免点到点通讯时发生冲突;网络层路由协议主要作用是建立高效路由和可靠传输数据;应用层定位技术主要作用是在组网初期获取传感器节点位置以便其他层研究时使用;在 Ad-Hoc 网络中每个节点都兼有主机和路由的双重功能,因此又存在着新的安全问题,其中路由协议的安全是网络攻击的主要目标。

本章首先介绍了动态自适应网络的分类、特点和应用,然后对无线传感器网络和 Ad-Hoc 网络这两个动态自适应网络的生命周期内若干关键技术进行深入研究。具体包括对无线传感器网络的数据链路层 MAC 协议、网络层路由协议、应用层定位技术进行研究;对 Ad-Hoc 网络的路由协议的安全问题进行研究。

2.1 动态自适应网络

2.1.1 动态自适应网络分类和特点

动态自适应网络包括无线传感器网络、Ad-Hoc 网络、3G 网络、4G 网络、WLAN 网络、P2P 网络和神经网络等网络。

(1) 无线传感器网络(WSN)是一种自组织、多跳的网络,它由大量的传感器节点组成。这些廉价、微小的传感器节点被播撒在目标监测区域中,并以无线方式进行通信。WSN 具有协作感知、采集数据、处理感知信息以及发送信息的功能。

(2) Ad-Hoc 网络是一种无基础设施的网络,是由大量可移动的节点临时性组成的多跳网络系统。这些节点均配有无线通信设备,即无线收发装置,并可

以随时与邻居节点进行无线通信,保持动态联系。

(3) 3G 网络是一种基于第三代移动通信技术的通信网络。该技术是一种蜂窝移动通讯技术,支持高速数据传输。3G 网络是新一代移动通信系统,它将无线通信与多媒体通信手段(如 Internet)结合。

(4) 无线局域网(Wireless Local Area Networks, WLAN)是一种非常方便的数据传输网络,无线局域网使用射频技术,替换曾经使用的网线,让用户可以在一定区域内不受双绞铜线的限制使用设备上网。

(5) 4G 网络是一种基于第四代移动通信技术的通信网络。4G 具有比拨号快二千倍的下载速度(即 100Mb/s),并能以 20Mb/s 的速度上传。4G 将 WLAN 和 3G 融为一体,它能传输高清晰度、高质量的视频图像,为大部分用户提供高质量的无线服务。

(6) P2P 网络是对等网络,又称对等计算,它是一种分布式网络,与客户端/服务器模式有很大差别。在 P2P 网络中,各计算机都有两个身份:服务器和客户端,计算机在作为服务器时可以提供服务与资源,网络中各计算机之间的关系是对等的。

(7) 神经网络是一种数学模型,它模仿动物的神经网络对信息进行分布式的并行处理。神经网络以网络复杂度为依据,以协调网络节点间关系为方法,对大量节点的信息进行处理。

与通常的网络相比,动态自适应网络的特点有以下 2 点。

(1) 动态的网络拓扑结构。在动态自适应网络中节点可以随意移动,并且可以随意加入和离开,这造成了组网节点数目的变化;网络中的无线发送装置发射功率也会有变化,无线信道间相互干扰以及地形因素等的影响,节点之间形成的网络拓扑结构可能随时都会发生变化,并且变化的方式和速度都是难以预测的;而在恶劣的外界环境之中,传感器节点在工作和睡眠状态之间切换,传感器节点随时可能由于各种原因发生故障而失效,可能会有新的传感器节点补充进来以提高网络的质量。

(2) 自适应性。动态自适应网络不依赖固定基础设施,节点可以在任何时刻、任何地点开机或者关机,节点一旦开机就可以自组成网络,并进行数据通信。节点在网络环境下的位置信息和节点间的相邻关系都无法预知,因此要求节点能够通过分布式网络协议和拓扑控制机制协调各自行为,如节点的移动、加入和退出,传输功率的调整和剩余能量的变化等。

2.1.2 动态自适应网络应用

动态自适应网络由随机播撒在监测区域的节点组成,网络节点成本低,具有