

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 23020071151252

UDC _____

厦门大学

硕士学位论文

无线自组网中路由协议与信道接入协议的
研究

Research On Routing Protocol and Channel Access

Protocol in Wireless Ad hoc Networks

陈 学 瑜

指导教师姓名: 倪子伟 副教授

专业名称: 计算机软件与理论

论文提交日期: 2010 年 月

论文答辩时间: 2010 年 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: 汤碧玉

评 阅 人: _____

2010 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 陈学琨

2010年6月7日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

()2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名): 陈学琦

2010年 6月 7日

摘要

近年来,随着研究的深入和相关硬件技术的发展与成熟,无线自组网(Wireless Ad hoc Networks)技术在实际应用中得到越来越多的部署。无线自组网是一种无中心、自组织的无线移动通信网络。无线自组网中没有中心访问节点或者固定的基础设施,各个节点通过分布式算法相互协调完成网络的通信功能。由于自组网节点能量有限,路由的选择很大程度上影响了节点的寿命。信道接入协议是无线自组网协议栈的重要组成部分,决定了节点如何通过共享的无线空间信道发送和接收数据包。信道接入协议能否高效的利用有限的无线信道资源对无线自组网的性能有决定性的影响。

本文正是在这样的时代背景下,针对无线自组网中的路由协议与信道接入协议进行研究,目的是设计节能的路由协议以支持更长的网络寿命,同时对已有的信道接入协议进行改进,以提高网络吞吐率并减少数据包发送时延。

论文首先介绍电池理论以及图论中经典的深度优先搜索算法,结合电池放电曲线提出改进的深度优先搜索能量感知路由协议以及双向搜索能量感知路由协议。这两种协议是基于电池放电特性,前一种使用改进深度优先搜索得到的路径的方法,后一种使用双向搜索的方法。同时本文还研究了无线自组网信道接入协议并着重分析了经典的五步预留协议,该协议得到的 TDMA 时隙分配几乎无碰撞。但是由于其严格限制了每个节点只允许竞争一个时隙,使得后面时隙几乎没有节点参与竞争,网络的信道资源没有得到充分利用。本文提出改进的五步预留协议,该协议允许节点在竞争到一个时隙之后允许其以较小概率继续进行竞争。

论文设计的路由协议不但可以减少路由跳数,而且减少电池放电损失,使得整个网络的节点能量得到均衡消耗,一定程度上延长了网络寿命。本文设计的信道接入协议更充分利用信道资源,提高了网络吞吐率,并且保证了节点竞争的公平性,减少了时延。

关键词: 无线自组网 路由协议 能量感知 时隙分配

Abstract

In recent years, with the in-depth research of related technologies and the improvement in hardware, there are more and more deployed wireless ad hoc networks in practice. Wireless Ad hoc Network is a kind of self-organized communication network without center. There are no central nodes or fixed communication infrastructures in the network, in which all the nodes communicate with each other by distributed protocols. Because of the limit lifetime of the network energy, routing is critical to the lifetime of the whole network. As one important part of the wireless ad hoc network protocol suite, the channel access protocol determines how one wireless communication node transmits and receives packets through wireless channel. Thus, the channel access protocol largely determines the network performance which can be measured in terms of throughput, transmission delay and energy consumption, etc.

Given this background, this thesis points at the research of routing protocol and channel access protocol, aims at designing energy-saving routing protocol to prolong the lifetime of the whole network, meanwhile by modifying the existed channel access protocol, this thesis enhances network throughput and decrease the transmission delay of the packets.

This thesis introduces the battery theory and the classical depth-first search in the graph theory in advance, then we proposed the improved battery-aware depth-first search routing protocol and battery-aware bi-directional search routing protocol by combining the curve of the discharge of the battery, both of which are based on the discharge property of the battery. The former adopts the modified depth-first search routing protocol to obtain the path, whereas the later introduces bi-directional searching methods. At the same time, this thesis researches the channel access protocol in wireless ad hoc networks and plays emphasis on the analysis of the classical FFRP, which can obtain a TDMA slot allocation almost without collision. However, since the protocol limits that each node can only contend for one slot, this result in the inadequate use of channel resource. The improved FFRP allows nodes to

continue contending with relatively small probability after a successful contention.

The routing protocol proposed in this thesis can not only reduce the number of routing hops, but also reduce the loss of the discharge of the battery, thereby balance the energy consumption and prolong the lifetime of the whole network to some extent. The channel access protocol in this thesis can exploit the channel resource much more sufficient, enhance the throughput of the network, as well as guarantee the fairness among nodes and decrease delay.

Key Words: Wireless Ad hoc Networks; Routing Protocol; Battery-Aware; Time distribution

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 研究现状及存在问题	2
1.3 主要研究内容	3
1.4 论文结构安排	4
第二章 无线自组网中的电池研究	5
2.1 无线自组网中电池研究背景	5
2.2 化学电源理论	6
2.2.1 电池的容量	6
2.2.2 电池模型公式	8
2.2.3 电池参数和电池寿命的关系	9
2.3 小结	12
第三章 能量优化路由协议的研究	13
3.1 深度优先搜索	13
3.1.1 算法介绍	13
3.1.2 深度优先搜索的性质	15
3.2 无线自组网路由协议研究	17
3.3 改进的深度优先搜索能量感知路由协议	21
3.4 双向搜索能量感知路由协议	27
3.5 小结	31
第四章 无线自组网信道接入协议的研究	33
4.1 无线自组网信道接入技术	33
4.1.1 无线自组网信道接入协议分类	33
4.1.2 时分多址分配协议	34
4.2 FPRP 协议的研究	34
4.2.1 FPRP 概述	34
4.2.2 FPRP 的信道划分与帧结构	36

4.2.3 FPRP 的五次握手竞争机制	37
4.2.4 多跳算法描述及竞争概率 P 的确定	39
4.2.5 FPRP 中存在的死锁现象	41
4.2.6 预约信道算法描述	43
4.2.7 FPRP 中存在的问题	46
4.3 小结	47
第五章 无线自组网信道接入协议设计	49
5.1 无线自组网信道接入协议设计难点	49
5.2 吞吐量分析及改进	51
5.2.1 FPRP 协议吞吐量问题	51
5.2.2 IFPRP 协议设计	52
5.2.3 协议仿真及分析	54
5.3 时延性能分析及改进	59
5.3.1 FPRP 协议中的时延问题	59
5.3.2 MFPRP 协议设计	60
5.3.3 协议仿真及分析	61
5.4 小结	62
第六章 总结与展望	63
6.1 工作总结	63
6.2 对将来研究工作的展望	64
参考文献	65
攻读硕士学位期间发表的论文	71
致 谢	73

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Contents

Chapter 1: Introduction	1
1.1 Background and Significant	1
1.2 Status and Problems	2
1.3 Research Point	3
1.4 Arrangement of Thesis	4
Chapter 2: Battery Research in wireless ad hoc networks	5
2.1 Battery Research Background in wireless ad hoc networks.....	5
2.2 Research of Chemical Power Source Theory	6
2.2.1 Battery Capacity.....	6
2.2.2 Battery Model Formula.....	8
2.2.3 Relation between Battery Parameter and Lifetime	9
2.3 Summary	12
Chapter 3: Research of Energy Optimized Routing Protocol.....	13
3.1 Depth-First Search Algorithm.....	13
3.1.1 Introduction to Algorithm	13
3.1.2 Nature of Depth-First Search Algorithm.....	15
3.2 Research of Routing Protocol in Wireless Ad Hoc Networks.....	17
3.3 Battery-Aware Improved Depth-First Search Routing Protocol.....	21
3.4 Battery-Aware Bi-directional Search Routing Protocol.....	27
3.5 Summary	31
Chapter 4: The Research of Channel Access Protocol of Wireless Ad hoc Networks	33
4.1 Channel Access Technique in Wireless Ad Hoc Networks.....	33
4.1.1 Classification of Channel Access Protocol in Wireless Ad Hoc Networks	33
4.1.2 Time Division Multiple Address.....	34
4.2 Research of FPRP	34

4.2.1 Introduction of FPRP	34
4.2.2 Channel Segmentation and Frame Structure of FPRP	36
4.2.3 The Five-Time Handshake Contention Scheme of FPRP	37
4.2.4 Description of Preudo-Baysian Algorithm.....	39
4.2.5 Deadlock Phenomenon Existed in FPRP Protocol	41
4.2.6 Description Of Channel Reservation Algorithm.....	43
4.2.7 Disadvantage of FPRP	46
4.3 Summary	47
Chapter 5: Design of Channel Access Protocol of Wireless Ad Hoc Networks	49
5.1 Difficulties lie in the Design of Channel Access Protocl of Wireless Ad Hoc Networks	49
5.2 Analysis and Adaption of Throughput Performance	51
5.2.1 Throughput Performance in FPRP.....	51
5.2.2 Design of IFPRP	52
5.2.3 Simulation and analysis of IFPRP	54
5.3 Analysis and Adaption of Delay Performance	59
5.3.1 Delay Performance in FPRP	59
5.3.2 Design of MFPRP	60
5.3.3 Simulation and Analysis of MFPRP Protocol.....	61
5.4 Summary	62
Chapter 6: Conclusions and Prospections	63
6.1 Conclusion of the Thesis	63
6.2 Prospections of the Future Work	64
References	65
Publications and Works.....	71
Acknowledgement.....	73

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

近年来,移动通信技术得到飞速发展,蜂窝移动通信技术、无线局域网、蓝牙技术等移动通信技术纷纷涌现。这些技术的出现,不但方便了人们的生活,同时也推动了无线通信技术的发展^[1]。无线网络一般分为具有基础设施的网络(Infrastructure-based Network)与没有基础设施的网络(Infrastructure-less Network)两大类。前者都有固定以及有线的基站,网络中节点从基站接收并向基站发送所有需要的业务,典型例子是蜂窝移动通信系统,需要依靠基站和移动交换中心等基础设施的支持^[2]。在军事方面,在战争、自然灾害等非常情况下,通信基础设施遭到破坏,现在通信系统有可能很难正常运行。以面向战争及灾害救助为目的,不依赖于基础设施,仅由无线终端就能快速构成通信环境的移动无线自组网组织(Mobile Ad Hoc Wireless Network, MANET) 受到了国内外众多研究者和研究机构的关注^[3]。

由于无线自组网节点依靠电池供电,并且由于自组网的环境因素,节点的电源更换或再充电等工作通常无法进行,能源无法替换。近来关于电池的研究表明,电池的放电行为比大家普遍认为的要复杂,如果没有很好考虑电池放电特性,则很可能浪费更多的能量^[4]。同时网络的负荷一般是不平衡的,关节点的能量可能迅速衰竭,使得这些节点不能继续工作,整个网络的寿命也将受到影响。因此设计一种既能减小节点放电损失,又能均衡消耗全网络节点能量消耗的路由协议成为当今自组网一个研究热点。

自组网的无线信道不同于普通的共享广播信道、点对点无线信道和蜂窝移动通信系统中由基站控制的无线信道,它是多跳共享的无线信道。网络的多跳共享广播信道会带来隐藏终端和暴露终端的问题,从而导致整个网络的代吞吐量以及高延时等特性。到目前为止所提出的大量用于网络的信道接入协议尽管在一定程度上解决了不同环境下信道接入问题,但都存在一定的局限性。因此,如何设计高效的信道接入协议,满足多跳共享无线信道的需要,也是自组网研究领域的一个关键问题^[5]。

1.2 研究现状及存在问题

路由协议是无线自组网的一个关键问题。在传统的贪心算法中,节点将邻居节点中离目标节点最近并且比当前节点离目标节点更近的节点作为路由的下一跳,当节点的所有邻居节点都比自己离目标节点更远时,该协议就无法工作了。深度优先搜索算法的回溯方法刚好解决该问题。文献^[6]改进深度优先搜索算法,通过减少邻居节点间不必要的通信可以减少节点搜索目标节点的跳数。节点必须记录目前正在进行的传输任务。然而该改进只是在搜索目的节点时减少跳数,其搜索经历的路径可能跳数较多。在像类似流媒体传输这样数据流传输任务中,由于传输的数据量很大,这样会造成能量的更大浪费,该改进无法取得很好的性能。

现阶段的电池理论的研究,使我们可以更精确地计算出电池的放电行为^[7],电池的放电行为比我们普遍想象的要复杂,即使电池工作在恒定电流环境下,电池消耗的能量也不与电流成线性比例,当电池放电时,电池可能会消耗更多的能量,并且在其后的时间里慢慢恢复这些被多消耗的能量^[4]。有些自组网中基于电池放电特性的协议均取得很的性能^{[4][8][9][10][11]},然而这些协议没有考虑到路由跳数的重要性,当节点发送数据流时,可能经过更远的一条路径。

无线自组网信道接入决定了节点如何通过共享的无线空间信道发送和接收报文。MAC 协议能否高效的利用有限的无线信道资源对无线自组网的性能有决定性的影响。基于随机竞争的 MAC 协议开销低,适合在无线自组网环境下单个节点上实现且实现开销不高,而成为无线自组网 MAC 协议研究中最主流的技术^[5]。作为基于随机竞争的无线自组网 MAC 协议最典型和最成功的代表,IEEE 802.11 协议在研究和实际应用中最为广泛^[12]。但是,IEEE 802.11 通过 RTS/CTS 控制报文预约信道的通信方式牺牲了邻近节点可能的并发传输机会,导致网络的吞吐量不高。无线自组网共享信道的接入方式决定了节点在通信过程中不可避免的面临流内竞争乃至流间竞争,而 IEEE 802.11 协议处理这些 MAC 竞争不够完善是导致其在无线自组网多跳环境下性能不够理想的主要原因^[12]。

1.3 主要研究内容

本文有两个研究重点，一是无线自组网中路由协议，另一个是无线自组网中信道接入协议。

在自组网节能路由协议方面：首先研究电池放电行为，以分析影响电池放电损失的因素，同时研究图论中经典的深度优先搜索算法，该搜索算法得到的路径可能比最优路径跳数多很多。本文提出改进的深度优先搜索能量感知路由协议，该协议改进深度优先搜索得到的路径，以减少路由跳数，该协议结合电池放电曲线，尽量选择放电损失较小的节点进行路由，尽量让之前一直工作的节点处于休息状态，同时该协议也选择剩余能量较多的节点进行路由以均衡消耗整个网络节点的能量。该协议主要应用于数据流等业务量比较大的数据传输中，当需要传输数据流时，可以通过该协议找到一条较优的路径，再将数据包一个一个发送过去，此时路径寻找过程的消耗与数据流传输相比可以忽略不计。另外本文也提出双向搜索能量感知路由协议，该协议也结合电池放电曲线，并在搜索时通过先从起始节点搜索目的节点，接着从目的节点搜索起始节点，并在两条路径的节点集中选择其中一部分组成一条较优的路径。

在信道接入协议方面：本章介绍了无线自组网信道接入协议的三种类型：固定分配多址、随机访问多址和按需分配多址，并重点分析了固定分配多址中 TDMA 类的 FPRP (the Five-Phase Reservation Protocol) 协议。由于 FPRP 协议允许一个节点最多占用一个时隙，大多数节点都竞争到前面的时隙，而参与后面时隙竞争的节点非常少，整个信道资源没有得到充分利用。为了提高吞吐量，本文提出 IFPRP 协议(the Improved Five-Phase Reservation Protocol)，允许节点竞争到一个时隙后以较小概率继续参与后面时隙的竞争，以更好利用后面时隙的资源，同时尽量保证节点竞争的公平性。另外 FPRP 协议中每个时隙对应的预约轮次数都相同，而后面时隙的时延相对前面的要大些，因此仍有一部分节点竞争到后面的时隙而使得时延较大。本文提出 MFPRP 协议(the Modified Five-Phase Reservation Protocol),该协议修改 FPRP 协议中的预约帧结构，使得在总轮次数不变的情况下，增加前面时隙对应的轮次数，以使得更多节点竞争到前面的时隙，减少更多节点的时延。

1.4 论文结构安排

第一章 介绍本课题的背景意义、意义、存在问题及主要研究内容。

第二章 介绍了无线自组网中电池研究背景及进展，对电池容量以及影响电池容量的各种因素进行分析，此外还对电池基础模型进行研究。

第三章 首先介绍无线自组网特点，概括了无线自组网中路由协议的特点及评价标准，然后分析了无线自组网中的基本的节能技术，分析现在的能量感知路由协议。介绍了图论中深度优先搜索算法，并分析目前自组网中深度优先搜索算法，改进该搜索算法以减少路由跳数，然后结合电池放电曲线选择适宜的节点进行路由以减少不必要的放电损失，均衡消耗并延长电池寿命，以达到延长整个网络寿命的目的。

第四章 先介绍信道接入问题，概括各信道接入协议方法及特点，着重介绍 TDMA 中五步预留协议(FPRP)，分析其优缺点，及可改进点。

第五章 提出两种改进 FPRP 方法，一种基于减少时延，另一种主要增加网络包吞吐量，通过包基于泊松分布的情况仿真各种情况，并给出仿真结果，最后对各种协议进行综合分析。

第六章 总结全文工作，并对将来工作提出一些建议和设想。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库