

学校编码: 10384
学号: B200124007

分类号__密级
UDC

厦 门 大 学
博 士 学 位 论 文

下一代互联网的移动性管理技术研究
Mobility Management on the Next Generation Internet

乐 德 广

指导教师姓名: 郭东辉 教授

专 业 名 称: 凝聚态物理

论文提交日期: 2006 年 4 月

论文答辩时间: 2006 年 7 月

学位授予日期:

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2006 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，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的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

近年来，互联网和移动通信技术的迅猛发展和普及，以及它们的业务日益融合，移动通信网和计算机互联网的区别正在逐渐消失，将逐步导致计算机互联网成为一个能够统一移动通信网和固定通信网的下一代通信网络。该网络的一个最大特色是移动性，也就是它允许用户在移动的同时，仍保持服务的连续性。因此，下一代通信网也可以称为下一代移动互联网，它的移动性管理研究是目前人们最关注的研究课题之一。

互联网是基于 TCP/IP 协议栈的 IP 网络，传统的 IPv4 是通过补充扩展协议即移动 IPv4 (Mobile IPv4, MIPv4) 来实现 IP 网的移动管理的。但是，它无法满足日益用户增长、通信安全和业务质量控制的需求，因此，IETF 工程小组已经制定出下一代网络协议，即 IPv6 协议，并集成了移动性管理协议，称为移动 IPv6 (Mobile IPv6, MIPv6)。与传统的 MIPv4 相比，MIPv6 的优点在于：可以通过路由广告进行移动性检测，实现无状态地址自动配置和内置的移动路由优化等功能。本论文的工作主要是研究如何基于 MIPv6 来提高下一代移动互联网的移动管理性能：

首先，我们讨论了现有的 MIPv6 移动路由机制，即双向隧道机制和路由优化机制，分析了它们的优缺点。为了能更有效的传输数据报，我们提出了一种新的移动路由机制。与现有的路由机制相比，我们的方法不但具有现有路由机制的优点，同时还能克服它们的缺点。因此，我们的方法能取代现有的路由机制，有效地应用于当通信双方都是移动节点且处在外部网络时的场合。

其次，我们研究了现有的 MIPv6 移动切换管理机制，包括移动发现，转交地址 (CoA) 配置，转交地址注册更新等操作，分析了现有 MIPv6 切换机制所产生的切换延迟。为减少切换延迟，我们提出了基于多宿主连接 (Multihoming) 的移动切换网络结构，并采用多宿切换策略来确定最佳切换时间。该方案能有效减少切换延迟，实现无缝移动切换。

此外，我们研究了 MIPv6 移动特性对传输性能的影响，分析了 MIPv6 在移动管理过程中对传输层 TCP 协议性能影响的根本原因。为了确保在移动通信过程中 TCP 的传输性能，我们提出了一种集成的具有传输意识的移动管理机制，这样传输层的 TCP 协议能够根据网络层的 MIPv6 移动处理信息调整自身的行为，使得 TCP 协议能在 MIPv6 移动环境下保持高效的传输性能。

最后，我们还研究了新出现的基于其它协议层的移动管理技术和解决方案，对不同协议层上的移动管理实例进行了深入分析，并从功能、性能和实际部署等方面进行

了全面的比较。最后，我们总结了为提供一个有效的互联网移动性支持方案所需的特性的建议。

关键词：互联网移动性；移动 IPv6；无缝切换

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

In the recent years, Internet and mobile telecommunications develop rapidly and become popular and ubiquitous in our life. Besides, with the integration of their services, the boundary between mobile telecommunication networks and computer Internet networks is disappearing, which has resulted in a strong convergent trend towards the Internet as the uniform next generation networks for mobile as well as fixed networks. One of the key features of the next generation networks is mobility, namely it allows users to maintain services continuity while moving across the Internet. We call the next generation networks as the next generation mobile Internet. Hence, mobility management is an important issue in the area of the next generation mobile Internet.

As Internet is the IP networks that operate based on the TCP/IP stack. The traditional Internet Protocol version 4 (IPv4) is the current IP layer protocol on the Internet, and the extension to Internet mobility support is called the Mobile IPv4 (MIPv4). However, it has only 32 bits for addressing on the Internet and seems not enough for the future increasing users. Besides, other disadvantages such as less security and Quality of Service (QoS) support will be problems in the future network environments. Therefore, a next generation IP protocol, i.e. the Internet Protocol version 6 (IPv6), has been developed by Internet Engineering Task Force (IETF) to replace the traditional IPv4. Moreover, IETF integrates the IPv6 with mobility support called Mobile IPv6 (MIPv6). Compared to the traditional MIPv4, the benefits in MIPv6 include the route advertisements for the movement detection, the stateless address auto-configuration and the inherent route optimization. This thesis focuses on improving the mobility management for the next generation mobile Internet over MIPv6 from the following aspects:

Firstly, we discuss the current two routing mechanisms over MIPv6 (i.e. the bidirectional tunnelling and route optimization), analyze their advantages and disadvantages. In order to ensure that packets get routed to the current location more efficiently, we propose a new routing optimization approach. Compared with current other two mobility routing mechanisms, our approach not only can maintain the advantages of current routing mechanisms, but also avoid their disadvantages. Therefore, our approach can be use to replace current routing mechanisms and shows more efficiently in the universal scenario, where both communicating endpoints are in the foreign networks.

Secondly, we focus on the handover management over MIPv6 including the movement detection, the CoA of Address (CoA) configuration and the binding update, and analyze the handover latency introduced by these handover procedures. In order to improve the handover

latency, we propose a multihomed handover architecture, and use a multihomed handover initiation strategy to decide the best time moment to perform the handover procedures. Our proposed multihomed handover architecture can decrease the handover latency significantly and provide the seamless handover.

Besides, we present the impact of MIPv6-based mobility features on the transport layer performance, and analyze the essential reasons for degrading the TCP transport performance due to the MIPv6 mobility management. In order to avoid the degradation of TCP transport performance during the mobile communications, we provide an integrated transport-aware mobility management mechanism, so the transport layer may consecutively adapt their behaviours depending on this mobility process information and thus keep the high transport performance in MIPv6-based mobile environments.

Finally, we also investigate the new emerging mobility support techniques and solutions based on other protocol layers to provide mobility support for the next generation mobile Internet. We present paradigms for each other category of layer. We also provide universal comparisons from the following aspects: functions, performance and real deployment. Finally, we conclude this survey with a recommendation of features that need to be satisfied with the Internet mobility support.

Keywords: Internet Mobility; Mobile IPv6; Seamless Handover

目录

第一章 绪论	1
1.1 移动通信和互联网的发展	1
1.1.1 移动通信技术的发展	1
1.1.2 互联网技术的发展	4
1.2 未来互联网发展趋势	6
1.3 研究动机和目标	8
1.4 论文结构	9
第二章 互联网移动性	11
2.1 互联网 TCP/IP 简介	11
2.2 互联网移动性定义	13
2.3 互联网移动性结构	14
2.4 互联网移动场景	15
2.5 互联网在移动性支持中的限制	17
2.5.1 网络接入层的限制	17
2.5.2 网络层地址的限制	17
2.5.3 缺乏层与层之间的信令通信	18
2.5.4 应用层的限制	19
2.6 互联网移动性管理方案	19
2.7 本章小结	20
第三章 移动 IPv6 的互联网移动性管理	21
3.1 移动 IPv6 简介	21
3.2 移动 IPv6 的基本原理和实体	21
3.3 移动 IPv6 的基本操作	23
3.3.1 移动性检测	24
3.3.2 转交地址配置	24
3.3.3 注册绑定	24
3.3.4 数据报移动路由	25
3.4 移动 IPv6 扩展	26
3.4.1 层次性移动 IPv6 管理	26
3.4.1.1 层次性移动 IPv6 简介	26
3.4.1.2 移动 IPv6 的层次性结构	27
3.4.1.3 层次性移动 IPv6 操作	28
3.4.2 快速移动 IPv6 管理	31
3.4.2.1 快速移动 IPv6 简介	31
3.4.2.2 快速移动 IPv6 操作	32
3.5 移动 IPv6 问题	33
3.5.1 移动路由性能	33
3.5.2 移动切换性能	34
3.5.3 移动传输性能	35
3.6 本章小结	36
第四章 端到端隧道路由优化	37
4.1 标准移动 IPv6 路由机制	37
4.1.1 双向隧道路由机制	37

4.1.2 路由优化机制	39
4.2 移动路由问题和优化目标	41
4.2.1 标准移动路由机制的问题	41
4.2.2 移动路由优化的目标	42
4.3 端到端隧道路由优化	42
4.3.1 通信端点的 E ² T 协议结构	42
4.3.2 适应性隧道建立	43
4.3.3 E ² T 数据报路由	43
4.4 仿真评估	44
4.4.1 仿真设置	44
4.4.2 仿真结果和分析	45
4.5 本章小结	48
第五章 基于多宿主连接的移动切换优化	49
5.1 移动切换延迟	49
5.1.1 标准移动切换操作	49
5.1.2 切换延迟分析	50
5.1.2.1 移动性检测延迟	51
5.1.2.2 转交地址配置延迟	52
5.1.2.3 家乡注册延迟	53
5.1.2.4 路由优化注册延迟	53
5.2 移动切换问题和优化的目标	54
5.2.1 标准移动切换操作的问题	54
5.2.2 移动切换优化的目标	55
5.3 移动 IPv6 的多宿切换	56
5.3.1 背景	56
5.3.1.1 多宿主连接回顾	56
5.3.1.2 具有重叠区域的无线网络结构	57
5.3.1.3 假设	58
5.3.2 多宿移动切换网络结构	58
5.3.3 多宿移动切换启始	59
5.3.4 多宿移动切换执行操作	61
5.3.4.1 绑定注册	61
5.3.4.2 多宿路由控制操作	62
5.4 仿真评估	63
5.4.1 仿真设置	64
5.4.2 仿真结果和分析	65
5.5 本章小结	68
第六章 TCP 移动性控制传输优化	69
6.1 传送控制协议回顾	69
6.1.1 确认重传机制	69
6.1.2 定时	70
6.1.3 拥塞控制	70
6.1.4 最大数据段传输	71
6.2 移动传输问题和优化目标	72
6.2.1 移动性对传输性能产生的问题	72

6.2.1.1 失配的拥塞控制窗口和慢启动阈值窗口	72
6.2.1.2 变化的最大数据段	75
6.2.1.3 迂回时间和重传定时器失效	77
6.2.2 移动传输优化的目标	78
6.3 移动 IPv6 下的传输控制协议移动性控制机制	78
6.3.1 传输控制协议与移动 IPv6 之间协作加强	79
6.3.2 传输控制协议在移动 IPv6 下的移动性响应	80
6.3.2.1 移动节点的移动性控制操作	81
6.3.2.2 通信节点的移动性控制操作	82
6.4 仿真评估	83
6.4.1 仿真设置	83
6.4.2 仿真结果和分析	85
6.5 本章小结	89
第七章 移动性管理新技术和解决方案	91
7.1 传输层移动性管理技术研究	91
7.1.1 传输控制协议移动性管理	91
7.1.2 流控制传输协议移动性管理	93
7.1.3 数据报拥塞控制协议移动性管理	94
7.1.4 传输层移动性管理分析	95
7.2 新层移动性管理技术研究	95
7.2.1 主机标识协议移动性管理	96
7.2.2 多地址传输协议移动性管理	97
7.2.3 新层移动性管理分析	98
7.3 应用层移动性管理技术研究	99
7.3.1 会话起始协议移动性管理	99
7.3.2 动态域名系统移动性管理	101
7.3.3 互联网密钥交换移动性管理	102
7.3.4 应用层移动性管理分析	103
7.4 分析比较和讨论	104
7.4.1 管理功能分析和比较	104
7.4.2 性能分析和比较	104
7.4.3 部署分析和比较	105
7.5 本章小结	106
第八章 工作总结及今后的研究方向	108
8.1 工作总结	108
8.2 今后的研究方向	109
参考文献	111
附录	123
附录 A: 读博期间发表和待发表的文章	123
附录 B: 读博期间经常访问的网站和资源	125
致谢	127

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Evolution of Mobile Communications and Internet.....	1
1.1.1 Evolution of Mobile Communication Technologies.....	1
1.1.2 Evolution of Internet Technologies.....	4
1.2 Trend of Future Internet	6
1.3 Motivations and Research Objectives	8
1.4 Thesis Structure.....	9
Chapter 2 Internet Mobility.....	11
2.1 Internet TCP/IP Overview.....	11
2.2 Internet Mobility Definition	13
2.3 Internet Mobility Architecture	14
2.4 Internet Mobility Scenarios.....	15
2.5 Limitations Associated with Internet Mobility	17
2.5.1 Limitation of Network Access Layer	17
2.5.2 Limitation of IP Address	17
2.5.3 Lack of Signalling Mechanism between Layers	18
2.5.4 Limitation of Applications	19
2.6 Internet Mobility Management Solution.....	19
2.7 Summary	20
Chapter 3 Mobile IPv6 for Internet Mobility Management.....	21
3.1 Mobile IPv6 Overview	21
3.2 Mobile IPv6 Mechanisms and Entities.....	21
3.3 Basic Operations of Mobile IPv6.....	23
3.3.1 Movement Detection	24
3.3.2 CoA Configuration.....	24
3.3.3 Registration and Binding.....	24
3.3.4 Location Tracing and Packet Routing.....	25
3.4 Mobile IPv6 Extensions	26
3.4.1 Hierarchical Mobile IPv6.....	26
3.4.1.1 HMIPv6 Overview	26
3.4.1.2 Hierarchical Architecture	27
3.4.1.3 HMIPv6 Operations	28
3.4.2 Fast Mobile IPv6	31
3.4.2.1 Fast MIPv6 Overview	31
3.4.2.2 FMIPv6 Operations.....	32
3.5 Mobile IPv6 Issues	33
3.5.1 Routing performance.....	33
3.5.2 Handover performance	34
3.5.3 Transport Performance.....	35
3.6 Summary	36
Chapter 4 End-to-End Tunnelling for Route Optimization.....	37
4.1 Standard Mobile IPv6 Routing Mechanisms	37
4.1.1 Bidirectional Tunnelling	37
4.1.2 Route Optimization	39
4.2 Problems and Objectives for Routing Enhancement.....	41
4.2.1 Problems with Standard Routing Mechanisms	41
4.2.2 Objectives for Routing Enhancement	42
4.3 End-to-end Tunnelling for Route Optimization.....	42
4.3.1 Protocol Architecture for E ² T at Endpoints	42

4.3.2 Adaptive Tunnel Setup.....	43
4.3.3 Data Packet Routing.....	43
4.4 Simulation Evaluation	44
4.4.1 Simulation Setup	44
4.4.2 Simulation Results and Evaluation	45
4.5 Summary	48
Chapter 5 Multihoming Based Handover Optimization	49
5.1 Latency Contributions to Handover	49
5.1.1 Standard Handover Procedures	49
5.1.2 Detailed Analysis of Handover Latency	50
5.1.2.1 Movement Detection Latency	51
5.1.2.2 CoA Configuration Latency	52
5.1.2.3 Home Registration Latency.....	53
5.1.2.4 Correspondent Registration Latency	53
5.2 Problems and Objectives for Handover Enhancement.....	54
5.2.1 Problems with Standard Handover Procedures.....	54
5.2.2 Objectives for Handover Enhancement.....	55
5.3 Multihomed Handover for Enhanced Mobile IPv6.....	56
5.3.1 Background	56
5.3.1.1 Multihoming Overview	56
5.3.1.2 Wireless Overlapping Network Structure	57
5.3.1.3 Assumption.....	58
5.3.2 Multihomed Handover Architecture	58
5.3.3 Multihomed Handover Initiation.....	59
5.3.4 Multihomed Handover Execution	61
5.3.4.1 Binding Registration	61
5.3.4.2 Changes to Multihoming Routing Control.....	62
5.4 Simulation Evaluation	63
5.4.1 Simulation Setup	64
5.4.2 Simulation Results and Evaluation	65
5.5 Summary	68
Chapter 6 TCP Mobility Control for Transport Optimization	69
6.1 Transport Control Protocol Overview.....	69
6.1.1 Acknowledgment Retransmission.....	69
6.1.2 Timing	70
6.1.3 Congestion Control	70
6.1.4 Maximum Segment Transmission.....	71
6.2 Problems and Objectives for Transport Optimization.....	72
6.2.1 Problems of Mobility on Transport Performance	72
6.2.1.1 Mismatched CWND/SSTHRESH.....	72
6.2.1.2 Protean MSS.....	75
6.2.1.3 Bogus RTT/RTO	77
6.2.2 Objectives for Transport Optimization	78
6.3 TCP Mobility Control Mechanisms in MIPv6.....	78
6.3.1 Enhancement of Inter-layer Interaction between TCP and MIPv6.....	79
6.3.2 TCP Response to Mobility in MIPv6.....	80
6.3.2.1 Activities for Mobile Node	81
6.3.2.2 Activities for Correspondent Node	82
6.4 Simulation Evaluation	83
6.4.1 Simulation Setup	83
6.4.2 Simulation Results and Evaluation	85

6.5 Summary	89
Chapter 7 Emerging Mobility Management Solutions	91
7.1 Transport Layer Solutions	91
7.1.1 Mobility Extensions to TCP	91
7.1.2 Mobile SCTP	93
7.1.3 DCCP	94
7.1.4 Analysis of Transport Layer Mobility	95
7.2 New Layer Solutions	95
7.2.1 HIP	96
7.2.2 MAST	97
7.2.3 Analysis of New Layer Mobility	98
7.3 Application Layer Solutions	99
7.3.1 SIP	99
7.3.2 DDNS	101
7.3.3 MOBIKE	102
7.3.4 Analysis of Application Layer Mobility	103
7.4 Comparisons and Discussions	104
7.4.1 Functional Aspects	104
7.4.2 Performance Aspects	104
7.4.3 Deployment Aspect	105
7.5 Summary	106
Chapter 8 Conclusions and Further Work	108
8.1 Conclusions	108
8.2 Future Work	109
References	111
Appendices	123
Appendix A: Publications for PhD	123
Appendix B: Visited Web Sites	125
Acknowledgements	127

图形列表

图 1.1.	移动通信技术的演进.....	1
图 1.2.	移动互联网的发展.....	6
图 1.3.	未来通信网络的发展趋势.....	7
图 2.1.	TCP/IP 协议栈.....	12
图 2.2.	互联网移动性结构.....	14
图 2.3.	移动节点的协议模型.....	15
图 2.4.	客户/服务移动场景.....	16
图 2.5.	点对点的移动-固定场景.....	16
图 2.6.	点对点的移动-移动场景.....	17
图 3.1.	移动 IPv6 的网络结构及其操作.....	23
图 3.2.	HMIPv6 的层次性结构.....	28
图 3.3.	HMIPv6 中的域间移动性.....	30
图 3.4.	HMIPv6 中的域内移动性.....	31
图 3.5.	快速移动 IPv6 结构和操作.....	32
图 4.1.	移动 IPv6 的双向隧道路由机制.....	38
图 4.2.	移动 IPv6 的路由优化机制.....	40
图 4.3.	路由优化的数据报结构.....	41
图 4.4.	通信端点 E ² T 协议结构.....	43
图 4.5.	E ² T 隧道数据报的报头结构.....	44
图 4.6.	移动 IPv6 路由性能仿真网络模型.....	45
图 4.7.	数据报在不同移动 IPv6 路由机制下传输的网络开销.....	46
图 4.8.	不同移动 IPv6 路由机制下视频会议流量的传输延迟.....	47
图 5.1.	移动 IPv6 切换操作.....	50
图 5.2.	移动 IPv6 切换操作时序.....	51
图 5.3.	移动性检测延迟.....	51
图 5.4.	多宿主机模型.....	57
图 5.5.	无线重叠网络结构.....	57
图 5.6.	多宿移动切换网络结构.....	59
图 5.7.	多宿移动切换起始算法.....	61
图 5.8.	多宿网络拓扑.....	62
图 5.9.	移动 IPv6 的切换性能仿真网络拓扑.....	64
图 5.10.	多宿移动节点模型.....	65
图 5.11.	移动切换中的切换延迟.....	66
图 5.12.	随机移动模式下的移动节点吞吐量.....	67
图 6.1.	拥塞控制机制示意图.....	71
图 6.2.	移动切换过程中数据段从通信节点到移动节点的传输可视化.....	73
图 6.3.	移动切换过程中数据段从移动节点到通信节点的传输可视化.....	74
图 6.4.	网络拓扑仿真模型.....	84
图 6.5.	扩展的 TCP 处理模块.....	85
图 6.6.	TCP 的接收序列数.....	86
图 6.7.	在移动 IPv6 下优化的 TCP 拥塞控制窗口.....	87
图 6.8.	网络开销率性能.....	88
图 6.9.	具有 TCP 移动性控制的吞吐量.....	89

图 7.1.	MSCTP 移动性及其操作	94
图 7.2.	TCP/IP 协议栈中新增的 主机标识协议层	96
图 7.3.	主机标识协议移动性及其操作	97
图 7.4.	基于 MAST 的移动性管理方案	98
图 7.5.	会话起始协议的移动性管理及其操作	100
图 7.6.	动态域名系统的移动性位置管理	102

厦门大学博硕士论文摘要库

表格列表

表 2.1: 互联网移动场景总结.....	15
表 5.1: 移动实体的配置变量及其值.....	55
表 5.2: 移动切换起始总结.....	60
表 5.3: 移动节点上的典型路由表.....	63
表 5.4: 移动节点中具有源路由功能的本地路由表.....	63
表 7.1: 移动性管理方案对移动性功能支持的比较.....	104
表 7.2: 移动性管理方案对网络实体和协议层结构的变化要求的比较.....	106

厦门大学博硕士论文摘要库

专业名词中英文对照及其缩略

认证授权计费	AAA	Authentication Authorization Accounting
先进移动电话系统	AMPS	Advanced Mobile Phone System
接入网	AN	Access Network
接入点	AP	Access Point
接入路由器	AR	Access Router
地址解析协议	ARP	Address Resolution Protocol
高级研究规划局网	ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
地址配置改变	ASCONF	Address Configuration Change
异步传输模式	ATM	Asynchronous Transmission Mode
绑定确认	BA	Binding Acknowledgment
基站系统	BBS	Base Station System
绑定缓存	BC	Binding Cache
带宽延迟积	BDP	Bandwidth Delay Product
绑定更新	BU	Binding Update
绑定更新列表	BUL	Binding Update List
码分多址接入	CDMA	Code Division Multiple Access
通信节点	CN	Correspondent Node
转交地址	CoA	Care of Address
转交地址测试	CoT	Care-of Test
计算机科学网	CSNET	Computer Science Network
拥塞控制窗口	CWND	congestion window
重复地址检测	DAD	Duplicate Address Detection
国防部高级计划署	DARPA	Department of Defence Advanced Research Project Agency
数据报拥塞控制协议	DCCP	Datagram Congestion Control Protocol
动态域名系统	DDNS	Dynamic Domain Name System
动态家乡代理地址发现	DHAAD	Dynamic Home Agent Address Discovery
动态主机配置协议	DHCPv6	Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6
域名系统	DNS	Domain Name System
通信对端故障检测	DPD	Dead Peer Detection
数据服务线	DSL	Digital Service Line
增强型数据速率 GSM 演进技术	EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
显式移动性通告	EMN	Explicit Mobility Notification
欧洲电信标准协会	ETSI	European Telecommunications Standards Institute
快速绑定更新	FBU	Fast Binding Update
移动 IPv6 快速切换	FMIPv6	Fast Handovers for Mobile IPv6
固定节点	FN	Fixed Node
全资域名	FQDN	Fully Qualified Domain Name
文件传输协议	FTP	File Transfer Protocol
通用无线分组业务	GPRS	General Packet Radio Service
全球移动通信系统	GSM	Global System for Mobile Communication
家乡代理	HA	Home Agent

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.

厦门大学博硕士论文摘要库