

DOI:10.3979/j.issn.1673-825X.2011.06.001

物联网移动性管理关键技术

柴蓉,冉丽丽,陈前斌

(重庆邮电大学移动通信重点实验室,重庆 400065)

摘要:物联网(Internet of Things, IoT)是继计算机、互联网与移动通信网之后世界信息产业的第三次浪潮,其相关研究及应用已引起国内外研究机构及业界的高度关注。典型物联网应用,如智能交通、远程目标监控、智能家居等均存在终端设备独立或群组移动的应用场景。物联网应用中智能终端异构、高混杂;接入网络多元化、动态融合;用户业务丰富多样等特征,对传统的网络控制技术,特别是移动性管理技术提出了新的挑战。对物联网移动性管理体系架构、移动性管理协议以及相关控制机制的研究基础及现状,面临的困难及挑战,以及未来研究方向进行阐述。

关键词:物联网(IoT);移动性管理;体系架构;协议;控制机制

中图分类号:TN915.9

文献标识码:A

文章编号:1673-825X(2011)06-0647-07

Mobility management in Internet of Things applications

CHAI Rong, RAN Li-li, CHEN Qian-bin

(Chongqing Key Lab of Mobile Communications, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, P. R. China)

Abstract: The quick development of Internet of Things (IoT) brings tremendous influence on world information industry, following the development and application of computer, internet and mobile communications. IoT related research and application have raised considerable attention from academy and industry over the world during the past several years. The scenarios of terminal moving individually or in group are commonly employed in typical IoT applications, such as smart transportation, remote target monitoring and smart home, etc. The characteristics of heterogeneity and deep mixing of smart terminals, the diversity and dynamical integration of access networks, and the variety and flexibility of user traffic services pose big challenges to traditional network control technologies, especially the technology of mobility management. In this paper, an overview of current research work on system architecture, protocol and control mechanisms of mobility management in IoT related applications is given, the difficulties and challenges are pointed out, and future research directions on mobility management in IoT system are discussed.

Key words: Internet of Things (IoT); mobility management; architecture; protocol; control mechanism

0 引言

物联网(Internet of Things, IoT)是继计算机、互联网与移动通信网之后世界信息产业的第三次浪潮。物联网的基本含义是:通过射频识别(radio frequency identification, RFID)、红外感应器、传感器等

信息传感设备,按照约定的协议,将任何物品与互联网连接起来,进行信息交换,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。物联网时代的典型特征为网络边缘发生较大变化,越来越多的智能设备将出现在网络边缘,通过多种有线或无线方式互联,这些设备包括各种传感器设备、车载设备、可

收稿日期:2011-11-03 修订日期:

基金项目:国家自然科学基金(61102063);重庆市自然科学基金(CSTC, 2009BB2083);重庆市教委科学技术研究项目(KJ110511)资助

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China(61102063); The Natural Science Foundation Project of CQ CSTC (CSTC, 2009BB2083); The Science and Technology Research Projects of Chongqing Municipal Education Commission of China (KJ110511)

穿戴设备、网关设备、网络终端、智能家电等。

图 1 所示为物联网体系架构图,由应用层的各类物联网应用,网络层的 IP 核心网及有线/无线接入网,感知层的无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)及嵌入 RFID 或 WSN 切点的智能终端设备等组成。典型物联网应用,如智能交通、智能家居、远程目标监控等均存在终端设备独立或群组移动的应用场景。终端设备移动过程中可能跨异构的接入网络,包括蜂窝移动网、无线局域网(wireless local area network, WLAN)、Internet、家庭网、WSN 以及 Ad hoc 网络等。为了实现物联网终端在异构融合子网间的漫游,并保证移动过程中的业务连续性,需对物联网终端的移动性及相关网络资源进行有效管理。现有移动性管理技术主要针对 IP 网络及传统蜂窝网络,而物联网应用环境的异构融合、终端的混杂多样、业务需求的多样化等特性给现有移动性管理技术,特别是移动性管理架构、协议及相关机制均带来新的挑战^[1]。

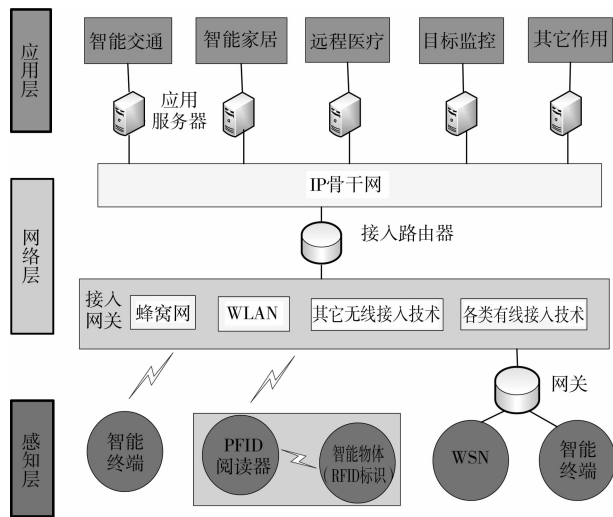


图 1 物联网体系架构

Fig. 1 System architecture of IoT

本文从物联网移动性管理体系架构、移动性管理协议以及相关控制机制三方面对物联网移动性管理面临的挑战、研究基础及现状、未来研究方向进行阐述。

1 物联网移动性管理体系架构

针对物联网应用泛在、异构接入网络融合场景,需设计优化的、面向演进的融合网络体系架构,支持移动终端的无缝漫游及网络联合资源优化,并提供满足应用 QoS 需求的各类业务保障,本节针对泛

在、异构网络及物联网应用的移动性管理体系架构的研究现状、面临挑战及下一步主要研究问题进行分析研讨。

1.1 研究现状

近年来,针对未来通信网络泛在、异构环境下的用户接入及移动性管理问题已得到国内外研究机构及标准化组织的重视。欧盟第六框架计划信息通信领域的环境网络项目(ambient network, AN)^[2]旨在设计一种革新的、工业可利用的融合网络架构,采用环境控制平面(ambient control space, ACS)来支持动态的、分布式的、自管理和自维护的异构网络融合,用户的移动性功能由 ACS 中的移动性管理(mobility management)功能模块实现,支持用户移动过程中无缝地、优化地自我调整以改变物理或逻辑上的连接。欧盟于 2004 年 1 月启动的 WINNER 项目^[3],全称是“无线世界的新无线电技术(wireless world initiative new radio)”。该项目目标是研究开发一个“无处不在的无线网络”,通过采用基于通用无线资源管理(radio resource management, RRM)的协作体系结构,支持不同无线接入网间无缝、高效交互以及终端在各网间的无缝移动性。3GPP 标准化组织于 2004 年正式成立了系统演进架构(system architecture evolution, SAE)研究小组^[4]。目前的研究中,SAE 的基本框架结构已经确定。该架构中引入锚点功能实体,通过移动性管理实体(mobility management equipment, MME)与 SAE 锚点的共同作用,实现各种 3GPP 与非 3GPP 网络的融合。针对 WLAN 与蜂窝网络异构融合场景,欧洲电信标准组织(ETSI)制定了松耦合及紧耦合两种网络互连模式^[5]。

近年来也有较多研究工作考虑异构融合网络架构,以及多网融合场景下用户的无线资源管理、移动性管理等技术。基于 ETSI 制定的网络耦合模式,文献[6]提出松耦合模式下无线接入系统间融合架构(integrated intersystem architecture, IISA),探讨 WLAN 与多类蜂窝网络融合的具体解决方案,从而为移动用户提供泛在或始终最佳的连接。文献[7]基于紧耦合模式提出了 WiMAX 和 3G 的融合架构。针对未来网络在接入技术、终端技术、网络技术和业务平台方面的异构性及多样性特征,文献[8]提出了移动泛在环境(mobility ubiquitous service environment, MUSE)概念,以向个人提供始终最佳业务体验为目标,支持移动通信与泛在网络的协同与融合,

文章介绍了 MUSE 的产生背景及未来 MUSE 发展的远景模型。基于此模型,文献[9]研究 MUSE 模型中业务实现的关键技术及设计原则,提出业务平台体系架构,支持业务的接入,并对业务生命周期进行管理,完成对业务的生成、部署、执行的监控及管理。文献[10]给出 MUSE 模型中的网络构架,讨论网络的关键技术及设计原则,以分布式系统理论为基础,研究面向多种接入技术、多种终端能力、多种业务需求并发的 MUSE 环境网络重构理论;在资源分配方面,MUSE 以可控可管的方式高效地利用异构网络资源,实现资源分配功能实体之间的协同工作机制。在异构的核心网和接入网之间无缝的连接性、可控性基础上,研究 MUSE 中的协同控制机制和方法,主要包括针对 MUSE 智能终端的移动管理,以提供漫游管理、切换管理、寻呼管理等功能在内的通用移动性管理功能。

以上研究主要侧重异构、泛在网络协同融合场景下的通用架构及关键机制,目前已有一些研究针对物联网/泛在网各类典型应用场景,设计异构网络及终端融合架构。如文献[11]提出基于虚拟覆盖网的异构终端融合架构,支持智能家居中各类固定/移动终端的 P2P 操作及互连互通,但该架构未能实现对智能终端的移动性管理及对接入网络联合资源的有效管理。文献[12]针对个人泛在环境中移动终端业务需求,提出基于统一位置服务器的移动性管理架构,该方案虽然能够管理用户终端的移动性,但服务器与设备交互引入的额外信令开销,以及与现有移动性管理方案不兼容等问题均有待解决。针对远程医疗、智能交通等典型物联网应用对多媒体业务流的传输需求,文献[13]提出融合 WSN 及 IP 多媒体子系统(IP multimedia subsystem, IMS)的系统架构,引入 WSN/IMS 网关作为网络融合单元,扩展业务服务器作为核心网络的内容信息管理节点。

1.2 面临挑战

现有的移动性管理体系架构,大多基于异构融合网络设计,所考虑网络环境及终端特性较为简单,仅支持有限的功能集合或特定环境的性能优化,在物联网各类应用融合网络的动态化、多元化,终端特性的异构多元化、业务特性的丰富多样化趋势下,如何综合各类具体应用场景中接入网络管理支持能力及用户终端自主感知、配置及管理能力的差异,有效支持控制网络集中管理及用户终端自主分布管理的有机协作,并实现架构开放性、可扩展性与系统复杂性

的折中,设计出面向演进的、开放通用的物联网移动性管理架构,仍是亟待研究的重要课题。

1.3 主要研究内容

物联网感知层及网络层各类接入技术在功能、性能、业务支持及终端移动性支持等方面均存在较大差异,各类技术所采用的移动性管理协议、机制也存在较大不同,物联网应用要求在支持开放互连和自组织、自管理的原则下,以接入网络异构融合、终端高混杂、业务丰富多样等特征为出发点,建立支持终端受限及规模接入、无缝融合、面向演进的物联网移动性管理体系架构,实现对现有及未来的多种有线、无线接入技术及网络管理方案的修订与整合,支持控制管理网络的自主性及异构网络的高效协作。架构设计中应考虑以下几个方面。

1) 网络侧与终端侧移动性管理功能划分。

针对物联网应用中异构子网、终端、用户业务的复杂特性,结合各类应用具体需求,明确合理、高效的物联网移动性管理架构网络侧与终端侧功能划分,确定接入网络及智能终端在接入网络监测内容、范围及信息传输;接入目标网络选择的评估机制、方案确定及判决实现;切换执行过程中终端与切换源、目的网络在信令交互、终端接入、资源管理、位置管理、QoS 保障等方面的具体功能划分。

2) 网络侧移动性管理功能增强。

针对物联网应用的泛在性、差异性等特点,通过对移动性管理架构中网络侧功能实体的优化设计,实现对用户应用及业务特性透明,支持终端在水平方向感知层、网络层接入技术之间及垂直方向感知层与网络层之间迁移时,能自适应、智能地确定接入网络监测、接入技术选择、网络资源分配及终端切换执行方案。所设计移动性管理架构还应支持网络侧各接入子网无线资源的联合优化及管理、网络与终端的有效协作,在满足终端各项应用功能限定的基础上,实现终端的无缝移动与接入网络的业务支持的联合性能优化。在架构设计上,应充分体现网络与终端协作,无线资源管理与移动性管理相结合的思想。

3) 终端功能实体的增强及特定接入设备的设计。

传统 WSN 的应用通常限定于局域信息的收集及处理,终端的接入及迁徙也局限于同类接入技术之间,如采用 Zigbee 协议的多个 WSN 子网之间,物联网应用将信息传输的范围扩展至广域,WSN 节点收集到的信息可通过蜂窝网络, WLAN, Internet 等承载网络传输至远程,这就要求传感器节点及其他

物联网智能终端在功能性能上能够支持多类接入技术的融合。另一方面,也可通过引入特定接入设备,如融合多类接入技术的多功能智能网关、提供中继及网关功能的固定/移动中继接入设备,以支持物联网感知层终端接入各承载网络,实现网络层接入对感知层技术的透明。通用化、面向应用透明的网关/中继设备的设计,网关/中继设备与智能终端在信息传输、处理、感知层协议封装等方面的功能划分,及与承载网络在接入控制、终端及网络状态监测、终端/网络资源管理、切换信令交互等功能上的明确与划分,网关在移动性管理架构中的具体部署及实现等等均需深入研究。

2 物联网移动性管理协议

移动性管理协议通过定义终端移动性管理机制、移动终端与系统移动性管理功能实体之间的信息交互机制,实现对移动终端的认证授权、信息/状态管理及切换控制等功能。本节在总结现有移动性管理协议的基础上,提出针对物联网应用需求的移动性管理协议的主要研究内容。

2.1 研究现状

现有移动性管理协议主要包括移动 IP (mobile IP, MIP)、流控制传输协议 (stream control transmission protocol, SCTP) 及会话初始协议 (session initiation protocol, SIP), 分别对应开放系统互连 (open system interconnection, OSI) 7 层体系结构中的网络层、传输层及应用层。MIP 技术的基本思想是漫游至外地网络的移动终端实时更新其在家乡网络中家乡代理处的位置绑定关系,通过家乡代理对用户进行信息转发,从而实现移动用户的信息可达。与 SCTP 及 SIP 协议相比, MIP 技术^[14-15] 因其较强的可实现性及更优的协议性能而受到更为广泛的关注。尽管 MIP 是实现异构网络间终端移动性管理的可选方案,但协议绑定过程复杂、IP 地址的身份及位置双重标识等内在缺陷导致切换时延较长、切换过程丢包率较高等问题难以得到有效解决^[16]。

基于名址分离的主机标识协议 (host identity protocol, HIP) 的提出可有效解决 MIP 中 IP 地址双重身份导致的协议性能缺陷,支持主机移动性及多主连接,增强主机通信安全性^[17-18]。HIP 通过为每个通信主机赋予一个全局唯一的主机标识符 (host identity, HI), 与主机的当前 IP 地址动态绑定,实现主机移动对应用层和传输层的连接透明。近年来已

有不少研究考虑将 HIP 应用于同构/异构网络中以实现移动性管理。文献[19-20]研究基于 HIP 的 IP 网络微移动性管理机制,通过引入本地汇聚服务器 (reservoir server, RvS) 实现对本地主机信息的管理,文献[21]研究异构融合网络中基于 HIP 的移动性管理机制,给出了具体实现方式及信令流程。

针对终端群组移动场景, IETF 成立了网络移动性工作小组 (network mobility, NEMO), 研究移动子网作为整体在接入网覆盖范围内变换接入路由器时的移动管理及路由可达性问题,并制订了 NEMO 协议^[22]。目前针对 NEMO 协议的研究主要集中在对基本 NEMO 及嵌套式移动子网的功能及性能增强,包括 NEMO 的路由优化方案^[23-24], 切换机制改进^[25]等。近年来,针对物联网及 WSN 中节点的独立及群组移动性管理已引起广泛关注,文献[26]通过优化设计 WSN 中 Sink 节点的移动特性及路由机制,实现网络生存时间的最大化,文献[27]通过移动 WSN 节点与静态 WSN 节点的合作,实现网络数据检测性能的提升,文献[28]分析了 WSN 中的多种节点移动场景,并提出 WSN 中使用 MIP 及 NEMO 协议进行移动性管理的思想。

2.2 面临挑战

HIP 协议及其与 MIP 的结合是解决物联网终端移动性管理的有效协议,但如何针对各类应用特定移动场景,包括广域及局域移动、终端独立及群组移动,结合应用对系统带宽、连接时延等参数的 QoS 需求,优化设计终端命名与寻址架构、终端位置更新及管理方案,折中考虑协议性能及信令开销,实现 HIP 的优化设计及性能增强还有待深入研究。

文献[26-28]的研究将传统静态 WSN 的应用扩展至动态,并提出了将 MIP 及 NEMO 机制的应用从传统 IP 网络扩展至 WSN 中的基本思路,但较之典型 WSN 应用,物联网应用中终端类型繁多,终端特性不一,终端独立及群组移动建模更为复杂,接入技术种类多样导致终端移动场景更为多样化,移动性管理更为复杂,如何针对具体应用特性,设计优化的物联网移动性管理协议是一个重要且具有挑战性的问题。

物联网应用种类多样,各类业务的 QoS 要求各异,部分业务如智能交通、远程医疗、远程目标监控等对信息的传输时延及可靠性均提出较高要求;终端移动模型方面,除了终端独立移动外,还存在大量终端群组移动场景,如智能交通、智能家居等应用中部署在交通工具内的各类终端,部署在家居设备上

的传感器节点等,以上特性均对现有移动性支持协议提出新的挑战,亟需开发新型满足物联网多类业务需求、多种终端移动特性的移动性管理协议。

2.3 主要研究内容

物联网移动性管理协议研究方面,应针对各类典型物联网应用,设计支持物联网感知层与网络层各类接入技术互连互通、互操作,终端无缝融合的移动性管理协议,同时兼顾不同类型信令协议之间的集成优化,以降低网络的信令传输代价,提高物联网移动性管理综合性能,具体包括以下三方面的研究:

1) 支持各类物联网协议平台连接互通的移动性管理协议。

研究支持 Zigbee, 6LoWPAN, Bluetooth, WiFi、蜂窝技术等物联网通信技术平台之间的互连互通,及在此基础之上的信息交互、联合资源管理及安全可靠访问机制,研究存在基础设施及自组织两种感知层工作模式下,支持协议平台互通、互操作技术的物联网移动性管理协议。

2) 支持物联网终端标识符与定位符相分离的移动性管理协议。

研究基于智能终端标识和定位符分离的新型命名架构及高效的终端标识符与定位符之间的映射机制,探讨可扩展的终端设备命名方法及寻址架构、终端位置更新及管理方案,针对物联网终端多样化、智能化、多模化特性及终端多主连接、终端独立/群组移动等应用需求,研究基于智能终端标识和定位符分离的新型物联网移动性管理协议。

3) 物联网群组移动性管理协议。

研究不同物联网应用场景下终端群组移动特性,建立物联网群组移动理论模型,分析群组移动特性对系统移动性管理及无线资源管理相关协议性能的影响。针对不同物联网应用特性及终端群组移动特性,如智能交通应用中网络拓扑的快速动态变化导致网络的频繁拆分及融合、群组内的位置更新及拓扑变化;智能家居应用中终端局域移动、能耗及信令开销受限等;以及部分物联网应用对传输时延、系统带宽的特殊要求,研究各类物联网应用终端群组移动性管理的共性及个性需求,设计支持共性需求的物联网群移动性管理协议框架,并针对不同应用的个性需求,设计满足特定应用需求的,优化的物联网群组移动性管理扩展协议。

3 物联网移动性管理控制机制

物联网应用中智能终端的混杂多样性、接入网

络的泛在、异构性以及应用需求的复杂多样性,要求终端在多个候选接入网络中按照优化的网络选择机制选择目标网络实现通信连接;对于正在进行通信业务的终端,因终端移动性、接入网络功能、性能差异,导致用户可能需要在异构接入网络间执行切换,即垂直切换,以保持业务的连续性,或提升 QoS 性能。如何综合终端、网络及业务特性,设计优化的垂直切换触发机制及切换决策机制,是泛在、异构网络移动性管理的重要研究内容,也是决定用户无缝业务支持的关键。本节将对异构网络及物联网应用中的垂直切换及网络选择机制的研究现状、面临挑战及下一步主要研究内容进行阐述。

3.1 研究现状

近年来,针对蜂窝网与 WLAN 融合场景下垂直切换机制的相关研究较多,文献[29]提出预测接收信号强度以减少不必要的切换,采用基于跨层优化的自适应垂直切换触发判决机制,从而增加了资源利用率,降低了连接中断率。文献[30-31]分别基于 Markov 决策过程及模糊逻辑(fuzzy logic)实现切换目标网络的优化选择,文献[32]中根据网络负载均衡的思想,提出选择负载较轻的网络作为垂直切换的目标网络;文献[33]采用代价函数法设计垂直切换机制,根据网络带宽,连接延时,用户接收信号强度及用户费用等性能指标设定目标代价函数,通过优化目标函数确定垂直切换的必要性及最佳切换目标网络,文献[34]提出基于业务历史信息的 QoS 可感知的垂直切换技术。

目前已有文献针对物联网特定应用中移动终端的切换机制进行研究,如文献[35]针对智能交通应用中车辆与路边基础设施之间通信时的切换场景,提出基于车辆位置信息的自主预先切换机制,以降低切换时延,满足智能交通安全应用需求。文献[36]针对随机间距的路边基础设施场景,研究移动车辆的网络选择及切换机制,并证实蜂窝网络与 WLAN 的有机融合,并结合 Ad hoc 联网方式,可获得优化的切换性能。文献[37]研究远程医疗应用中监控病人信息的 WSN 节点的切换及信息传输性能,提出以可穿戴 WSN 作为底层网络,传感器协调设备及固定接入点联合组网作为上层网络的两层网络结构,并通过引入临时中继装置优化链路性能,改进 WSN 节点切换性能。

3.2 面临挑战

物联网应用中接入网络更加复杂多样,终端移

动场景更为多样化,终端种类繁多、特性多样,各类应用的 QoS 需求不同,终端独立及群组移动建模也将更为复杂,现有切换触发、切换判决及接入网络选择等机制主要针对蜂窝网络、WLAN 等典型接入网络融合场景设计,虽有研究针对特定物联网应用提出了终端切换机制或切换性能改进方案,但如何针对不同应用场景的具体应用特性及终端功能性能特征,考虑物联网终端移动特性及应用特定的 QoS 需求,如连接时延、系统带宽等,以及终端特性如能耗、信令开销严格受限等,基于终端与网络的高效协作,实现无线资源管理及移动性管理的有机结合,设计智能的、支持终端异构混杂、面向业务透明的物联网智能终端切换机制仍是一个重要及具有挑战性的问题。

3.3 主要研究问题

设计物联网终端移动性管理关键机制,需针对物联网应用接入网络异构融合、终端高混杂、业务丰富多样等特性,建立面向业务类型及终端特性的切换触发机制。需研究物联网异构、高混杂环境下的用户和系统性能评价体系,在兼顾用户侧最优与网络收益最大化原则基础上,联合无线资源管理及上下文感知等关键技术,设计高效能的快速无缝切换判决机制及网络选择机制。针对物联网群移动场景,需综合考虑物联网应用中接入网络、智能终端及用户业务特性,设计优化的物联网群组移动性管理机制。

1) 物联网移动终端切换触发机制。

物联网应用种类繁多,各类应用在传输速率、连接时延、丢包率等特性参数上存在不同要求,另一方面,各类物联网终端在功能、性能上差异较大,相应地,其网络状态监测、信息处理及切换执行能力各异,因此,需综合考虑高层业务特性、网络层状态信息及感知层终端特性,研究面向业务类型及终端特性,动态的、自适应的切换触发机制。同时,针对终端规模接入的物联网应用,还需基于终端及业务优先级要求,确定具有不同优先级,不同有效时间的切换触发机制,以实现无缝切换控制。

2) 物联网移动终端切换判决机制。

针对物联网应用多变的异构环境,复杂多样的应用需求,需分析不同应用场景下的切换功能及性能需求,研究合理的用户和系统性能评价体系,基于应用需求特性、网络状态信息以及终端特性信息,确定各类用户及应用参数对切换性能的影响,并综合切换性能以及算法复杂度,设计智能切换决策及接

入网络选择算法,以满足不同业务的 QoS 需求,获取最佳网络服务。

3) 物联网终端群移动性管理机制。

针对不同群移动模式,应综合考虑物联网应用中接入网络及智能终端特性,设计满足用户业务需求的、结合无线资源管理及上下文感知与适配等关键技术的、优化的物联网群移动性管理机制,包括群组建立及维护、群终端接入网络选择、群组无缝切换及群内路由选择机制等。

4 结 论

物联网应用中接入网络异构融合、终端特性繁杂、业务特性丰富多样给现有的移动性管理技术,特别是移动性管理架构、协议及相关机制均带来新的挑战。本文从物联网移动性管理体系架构、移动性管理协议以及决策控制机制三方面对物联网移动性管理的研究现状进行了阐述,提出相关研究所面临的困难及挑战,并指出下一步重点研究内容。

参考文献:

- [1] 郭贺铨. 物联网的应用与挑战综述[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2010,22(5):526-531.
WU He-quan. Review on Internet of Things: application and challenges [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications; Natural Science Edition, 2010,22(5):526-531.
- [2] Mobility Framework Mechanisms [EB/OL]. [2011-10-07]. <http://www.ambient-networks.org/>.
- [3] IST-2003-507581 WINNER D4.4 v 1.0. Impact of Cooperation Schemes Between RANs [EB/OL]. [2011-10-07]. <https://www.ist-winner.org/>.
- [4] (TR 23.882), v1.3.0. 3GPP Technical Specification Group Services and System Aspects, 3GPP System Architecture Evolution: Report on Technical Options and Conclusions [EB/OL]. (2006-08-29) [2011-10-07]. <http://www.3gpp.org>.
- [5] ETSI TR 101 957, Requirements and Architectures for Interworking Between HIPERLAN and 3rd Generation Cellular Systems [EB/OL]. (2001-08-20) [2011-10-07]. http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101900_101999/101957/01.01.01_60/tr_101957v010101p.pdf.
- [6] MAKAYA C, PIERRE S. An architecture for seamless mobility support in IP-based next generation wireless networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 57(2):1209-1225.
- [7] MUNASINGHE K S, JAMALIPOUR A. Interworked

- wiMAX-3G cellular data networks: an architecture for mobility management and performance evaluation [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2009, 8(4), :1847-1853.
- [8] 张平,纪阳,冯志勇. 移动泛在网络环境(1)[J]. 中兴通讯技术,2007,13(1):58-62.
ZHANG Ping,JI Yang, FENG zhi-yong. Mobile Ubiquitous Network Environment (1) [J]. ZTE Communications, 2007,13(1):58-62.
- [9] 张平,纪阳,李亦农. 移动泛在网络环境(2)[J]. 中兴通讯技术,2007(2):55-60.
ZHANG Ping,JI Yang, LI Yi-nong. Mobile Ubiquitous Network Environment (2) [J]. ZTE Communications, 2007,13(2):55-60.
- [10] 张平,纪阳,李亦农. 移动泛在网络环境(3)[J]. 中兴通讯技术,2007(3):44-46.
ZHANG Ping, JI Yang, LI Yi-nong. Mobile Ubiquitous Network Environment (3) [J]. ZTE Communications, 2007,13(3):44-46.
- [11] PARK H, PARK J H, KIM N. A framework for interoperability of heterogeneous devices in ubiquitous home [C]//2010 Second International Conference on Advances in Future Internet. Venice,Italy:IEEE Computer Society, 2010:51-55.
- [12] JAVAID U, MEDDOUR D E, RASHEED T, et al. Mobility management architecture for personal ubiquitous environments [C]// Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on. Cannes: IEEE Press,2008, pp. 1-5.
- [13] BARACHI M E, KADIWAL A, GLITHO R, et al. The design and implementation of architectural components for the integration of the IP multimedia subsystem and wireless sensor networks [J]. IEEE Communication Magazine, 2010,48(4): 42-50.
- [14] PERKINS C. IP mobility support for IPv4 [S]. RFC 3344. United States:RFC,2002.
- [15] JOHNSON D, PERKINS C. Mobility support in IPv6 [S]. RFC 3775. United States:RFC,2004.
- [16] KARA N. Mobility management approaches for mobile IP networks: performance comparison and use recommendations [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009, 8(10):1312 - 1325.
- [17] MOSKOWITZ R, NIKANDER P, JOKELA P, et al. Host Identity Protocol [S]. IETF RFC 5201. United States:RFC,2008.
- [18] 汪建,方洪鹰. 云计算与无线局域网安全研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2010,3:64-68.
WANG Jian,FANG Hong-ying. Cloud Computing and Research into WLAN Security [J]. Journal of Chongqing Nomal University(Natural Science Edition),2010,3:64-68.
- [19] NOVÁČEK S, BOKOR L, IMRE S. Micromobility support in HIP [C]// IEEE MELECON 2006, May 16-19. Benalmadena, Spain: IEEE Press, 2006.
- [20] MUSLAM M M, CHAN H A, VENTURA N. HIP based micro-mobility management optimization [C]// 2009 Fifth International Conference on Wireless and Mobile Communications, Aug. 23-29, 2009. Cannes, La Bocca: IEEE Press, 2009:291-295.
- [21] PÄÄKKÖNEN P, SALMELA P, AGUERO R, et al. Performance analysis of HIP-based mobility and triggering [C]// World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2008. WoWMoM 2008. 2008 International Symposium on a. Newport Beach, CA :IEEE Press, 2008: 1-9.
- [22] DEVARAPALLI V, WAKIKAWA R, PETRESCU A, et al. Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol [S]. RFC 3963. United States:RFC, 2005.
- [23] SHAHRIAR A, ATIQUZZAMAN M, IVANCIC W. Route optimization in network mobility: solutions, classification, comparison, and future research directions [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2010, 12(1):24 - 38.
- [24] LIM H J, KIM M, LEE J H, et al. Route optimization in nested NEMO: classification, evaluation, and analysis from NEMO fringe stub perspective [J]. IEEE Transaction on Mobile Computing, 2009, 8(11):1554-1572.
- [25] Chang I C, Chou C H. HCoP-B: a hierarchical care-of prefix with BUT scheme for nested mobile networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(6):2942-2962.
- [26] JUN L, HUBAUX J P. Joint sink mobility and routing to maximize the lifetime of wireless sensor networks: the case of constrained mobility [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2010, 18(3):871-884.
- [27] TAN R, XING G L, WANG J P, et al. Exploiting reactive mobility for collaborative target detection in wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2010, 9(3):317-332.
- [28] CAMILO T, PINTO P, RODRIGUES A, et al. Mobility management in IP-based wireless sensor networks [C]// World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2008. WoWMoM 2008. 2008 International Symposium on a, Newport Beach, CA:IEEE Press, 2008:1-8.