

物联网管理技术的研究和开发

张顺颐, 宁向延

(南京邮电大学 信息网络技术研究所, 江苏 南京 210003)

摘要: 分析了物联网网络结构的特点, 指出物联网的网络管理的重要性。借鉴 IPU-T 的网络管理定义和模型, 提出了物联网网络管理的内容和结构模型。根据对当前研究情况和动向的介绍, 着重对分布式物联网网络管理模型、DNA 功能模型的设计及原型的实现、DNA 中性能监测和 QoS 控制功能模型及其实现、物联网网络安全接入与认证进行了分析和讨论。最后介绍了基于位置的物联网网络管理方案、基于移动性感知的管理方案和基于代理和策略驱动的管理方案。

关键词: 物联网; 网络管理; 分布式网络代理

中图分类号: TP393.07 文献标识码: A 文章编号: 1673-5439(2010)04-0030-06

The Research and Development of the Internet of Things Network Management Technology

ZHANG Shun-yi NING Xiang-yan

(Institute of Information Network Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications Nanjing 210003, China)

Abstract This paper analyzed the characteristics of the IOT (Internet of Things) and pointed out the importance of the IOT network management. It described the contents and structure model of the IOT network management based on the IPU-T network management model. According to the introduction of current research circumstance and trend, it particularly analyzed and discussed the distributed IOT network management model, the model of DNA (Distributed Network Agents) performance monitor, the function model of QoS (Quality of Service) control and their realization, the safety access and authentication of the IOT network. At the end, it discussed the IOT network management schemes based on location management, mobility aware management, and agent & policy-driven management.

Key words the Internet of Things; network management; distributed network agent

0 引言

物联网并不是新的事物。不论称为物联网或者是传感网, 物联网的基本组成可以看成为传感器网络接入互联网构成, 当然也有仅仅是传感器网络组成的简单的物联网系统。但是总的来说, 物联网有许多新的特点, 这些特点导致物联网对于其网络的管理有新的要求。因此电信网和互联网传统的网络管理的五大功能, 在物联网时代已经感到滞后而难以适应。

由于上述原因, 物联网的网络管理还是一个新的

工作。迄今为止还少有专门针对物联网网络管理的研究和开发。本文一部分是笔者在国家高技术研究发展计划(863计划)和其他项目中对自组织网络的管理、检测和控制方面的研究总结, 另一部分是国内外同行们的研究成果的材料整理。因此, 本综述包括了物联网网络管理和相关领域同行们的研究成果。

1 物联网的网络结构及其特点

物联网, 是一种传感器网加上互联网的网络结

构。传感器网作为末端的信息拾取或者信息馈送网络,是一种可以快速建立,不需要预先存在固定的网络底层构造(infrastructure)的网络体系结构。物联网,特别是传感网中的节点可以动态、频繁地加入或者离开网络,不需要事先通知,也不会中断其他节点间的通信。网络中的节点可以高速移动,从而使节点群快速变化,节点间的链路通断变化频繁。传感器网络这些使用上的特点,导致物联网或者是传感网具有如下几个特点:

(1) 网络拓扑变化快。这是因为传感器网络密布需要拾取信息的环境之中,独立工作。因为传感器数量大,设计寿命的期望值长,结构简单。但是实际上传感器的寿命受环境的影响较大,失效是常事。传感器的失效,往往造成传感器网络拓扑的变化。这一点特别在复杂和多级的物联网系统中表现突出。

(2) 传感器网络难以形成网络的节点和中心。传感器网的设计和操作与其他传统的无线网络不同,它基本没有一个固定的中心实体。在标准的蜂窝无线网中,正是靠这些中心实体来实现协调功能,而传感器网络则必须靠分布算法来实现。因此,传统的基于集中的HLR和VLR的移动管理算法,以及基于基站和MSC的媒体接入控制算法,在这里都不再适用。

(3) 传感器网络的作用距离一般比较短。传感器网络其自身的通信距离一般在几米、几十米的范围。例如射频电子标签RFID中的非接触式IC卡,阅读器和应答器之间的作用距离,密耦合的工作环境是二者贴近,近耦合的工作距离一般小于10mm,疏耦合的工作距离也就在50mm左右。有源的RFID,例如电子自动交费系统ETC,其工作距离在一至数米的范围。

(4) 传感器网络数据的数量不大。物联网中,传感器网络是前列的信息采集器件或者设备。由于其工作特点,一般是定时、定点、定量的采集数据并且完成向上一级节点传输。这一点与互联网的工作情况有很大的差距。

(5) 物联网网络对数据的安全性有一定的要求。这是因为物联网工作时一般少有人介入,完全依赖网络自动采集数据和传输、存储数据,分析数据并且报告结果和应该采取的措施。如果发生数据的错误,必然引起系统的错误决策和行动。这一点与互联网并不一样。互联网由于使用者具有相当的智能和判断能力所以在发生网络和数据的安全性受

到攻击时,往往可以主动采取措施。

(6) 网络终端之间的关联性较低。使得节点之间的信息传输很少,终端之间的独立性较大。通常物联网的传感和控制终端工作时通过网络设备或者上一级节点传输信息。所以,传感器之间信息相关性不大,相对比较独立。

(7) 网络地址的短缺性导致网络管理的复杂性。众所周知,物联网的各个传感器都应该获得唯一的地址,才能正常的工作。但是,恰恰是IPv4的地址数量即将用完,连互联网上面的地址也已经非常紧张,即将分配完毕。而物联网这样大量使用传感器节点的网络,对于地址的寻求就更加迫切。尽管IPv6就是从这一点出发来考虑的。但是由于IPv6的部署需要考虑到与IPv4的兼容,而巨大的投资并不能立即带来市场的巨大的商机。所以营运商至今对于IPv6的部署一直是小心谨慎。目前还是倾向于采取内部的浮动地址加以解决。这样更加增加了物联网管理技术的复杂性。

2 物联网网络管理的内容和管理模型

国际电联与ISO(国际标准化组织)合作公布了网络管理的文件X.700,对应的ISO文件为ISO7498-4。对于网络管理。该标准提出系统管理的五个功能域为故障管理、配置管理、计费管理、性能管理和安全管理。在一般情况下,这五个功能域基本上涵盖了网络管理的内容,目前的通信网络、计算机网络基本上都是按照这五个功能域进行管理的。

但是,无论对于物联网的接入部分,即传感器网络,还是对于物联网的主干网络部分,这五个功能域显然已经不能全部反映网络管理的实际情况了。这是因为,物联网的接入部分,即传感器网络有许多不同于通信网络和互联网络的地方。例如,物联网的接入节点数量极大,网络结构形式多异,节点的生效和失效频繁,核心节点的产生和调整往往会改变物联网的拓扑结构;另外,物联网的主干网络在各种形式的网络结构中,也有许多新的特点。这些不同导致传统的五个功能域已经不能全部反映传感器网络和物联网网络的性能和工作情况了,因为物联网和传感器网络的许多新的问题,不仅以上的功能域不能完成管理的任务,甚至连物联网和传感器网络的覆盖都有许多新的情况需要加以解决。这些问题我们可以从物联网和传感器网络的特点加以分析。

根据物联网网络管理的需要 物联网网络管理

的内容,除普通的互联网和电信网络网络管理的五个方面以外,还应该包括以下几个方面(见图 1):

传感器网络中节点的生存、工作管理(包括电源工作情况等等);传感网的自组织特性和传感网的信息传输;传感网拓扑变化及其管理;自组织网络的多跳和分级管理;自组织网络的业务管理等。

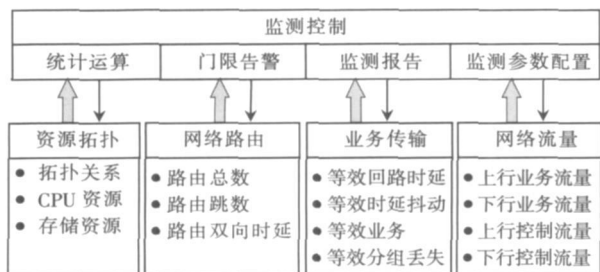


图 1 物联网网络管理的基本内容划分和功能域

对于物联网网络管理的模型,笔者认为可以出以下三个方面来进行研究:

(1) 分布式物联网网络管理模型的研究

该网络管理模型由网管服务器(network management system, NMS)、分布式网络代理(distributed network agent DNA)和网管设备组成的,其中 DNA 是基于自组织的网络监测、管理和控制系统的基本单元,具有网络性能监测与控制、安全接入与认证管理、业务分类与计费管理等功能,监测并管理各 DNA 中的网络管理元素。DNA 之间是以自组织的方式形成管理网络,按研究制定的通信机制进行通信,在数据库级别上共享网管信息。各 DNA 定时或在网络管理服务器发送请求时,传递相关的统计信息给网管服务器。如此大大减轻了网管服务器的处理负荷,同样大大减少了管理信息通信量,此外,即使管理站临时失效,也不影响 DNA 的管理,只是延缓了相互之间的通信。用户还可通过图形化用户接口进行配置管理功能模块,提高用户可感知的 QoS。

为实现物联网网络监测、管理与控制的模型,须研究适合 DNA 之间交换信息的通信机制,研究适合于 DNA 网络的拓扑结构、路由机制、节点定位和搜索机制、节点加入与离开以及邻居节点的发现机制、引入相应的安全和信任机制、以及网络的相对稳定性、恢复弹性和容错能力,以实现分布式管理系统对于 DNA 网络动态变化的适应能力和鲁棒性。自组织的 DNA 通信网络平台要监控网络间的通信控制和信息传输,协调网络通信,保证网间数据的可靠安全。除了研究与对等 DNA 之间的通信模块的设计和实现,同时研究 DNA 与网管服务器、用户以及与内部功能模块的接口 这些机制和结构之间的关系

如图 2 所示。

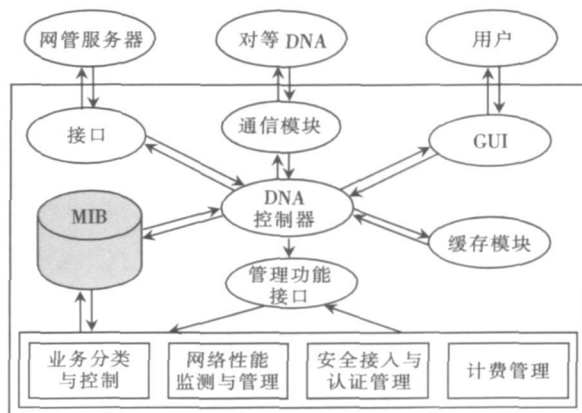


图 2 DNA 功能模型

(2) DNA 功能模型的设计及原型实现的研究

DNA 是本项目所设计的物联网网络监测、管理和控制系统的核心,是其所在管理群内唯一授权的管理者。根据网管服务器和用户的请求策略配置服务功能,采用轮询机制,对群内各设备进行特定数据采集、提取、过滤分析,监控网络的运行状态,感知群内节点的动态,维护本地数据库,独立地完成对本群的管理工作,能够实现有效的业务分类,并按业务特点进行流量控制与整形,以及合理计费等功能,并且维护一个本地的 MIB。各 DNA 应能动态地发现其他的 DNA,在数据库级别上共享网管信息,并且并能实现相互间消息发送和传递,完成彼此之间的定位和通信。同时还要负责维护物联网管理网络的正常运行,实时维护 DNA 节点及备用节点的创建或选择、移动、退出及网络重构。最后能够实现与用户和 NMS 的交互和管理策略的制定。除了研究 DNA 应具备的功能,形成功能模型外,研究并实现 DNA 结构原型系统。

(3) DNA 中性能监测和 QoS 控制功能模型与实现的研究

为了评估网络的服务质量以及动态效率从而为网络结构调整优化提供参考依据,物联网网络监测与控制系统的的基本功能是连续地收集网络中的资源利用、业务传输及网络效率相关参数,如收集网络路由、网络流量、网络拓扑和业务传输的各测度进行分析汇聚和统计,形成汇聚报告,同时根据用户和 NMS 的性能监测管理要求执行监测配置并按此配置进行监测控制,实现统计运算、门限告警、监测报告并根据监测管理策略设置监测参数。

研究物联网网络的拓扑发现。对于不同拓扑结构的物联网网络,由于其搜索算法、网络形成机制、

节点加入、离开机制、网络波动程度、网络结构(有分级的和平坦的体系结构形式)等都不尽相同,所以必须按照实际网络特性制定不同的拓扑发现策略和测量方法,实现拓扑测量。

(4) 物联网网络安全接入与认证研究

由于物联网网络的分散式体系结构、动态路由和拓扑特性,传统的接入认证、密钥分发和协商机制很难应用,因此必须建立物联网访问控制模型和认证体系。

传统的访问控制策略主要有自主访问控制(DAC)、强制访问控制(MAC)和基于角色的访问控制(RBAC)策略。然而由于物联网网络环境的特殊性,在此环境下,节点之间均无法确认彼此身份;其次,由于用户出于自身考虑,一般不愿意把自己的相关信息提供给对方,虽可采用匿名等方法来实现这种目的,但却增加了访问控制的难度;此外,在物联网网络环境下大量用户频繁进出网络,使得网络的拓扑频繁变化,也给访问控制带来复杂性。

建立物联网网络的访问控制策略,首先要建立物联网网络的信任管理模型,在信任模型的基础上给每个节点给出信任权重和可靠度,然后在这个基础上应用相应的访问控制策略。如何建立信任模型,这与网络的环境密切相关,主要是物联网网络的节点可用性、数据源的真实性、节点的匿名性和访问控制等方面的问题。

3 物联网网络管理协议和应用

总的说来,物联网的网络管理协议还是在TCP/IP协议之下的管理。但是也有许多新的特色。

例如,如果物联网的节点处于运动之中,则网络管理需要适应被管理对象的移动性。这一方面,目前使用的MANET(mobile Ad-hoc network)可以给我们一些借鉴。MANET与无线固定网络的不同点在于,MANET的拓扑结构可以快速变化。MANET节点的运动方式会根据承载体的不同有明显差异,包括运动速度、运动方向、加速或减速、运动路径、活动高度等。

由于拓扑的快速变化,网络信息(如路由表)寿命可能很短,必须不断更新。为了反映当前网络状况,节点间不得不频繁交换控制信息。而信息的有效时间又很短,部分信息甚至从未使用就已经被丢弃,这使网络的有限带宽资源浪费在信息更新之上。如何节省信息交换对网络管 提出了新的问题

目前国内外在与物联网相近的网络领域已经有不少研究,并且去了一些积极的成果。这些研究和成果虽然没有标记是物联网的应用,但是从网络应用和管理的角度来看,应该是适用于物联网网络管理技术的。现在根据我们掌握和了解的部分的资料,稍作整理,目的是供物联网管理技术的人士借鉴,以便开发出更加适用的物联网管理系统,以便推进物联网技术及其应用的发展。更加具体的材料可以参见本文的参考资料。

从网络的工作形态来看,物联网技术与MANET更加接近。因此这些网络的网络管理技术有可能率先移植进入物联网领域。

MANET等网络的网络管理特点和相应的网管要求主要体现在以下几个方面:(1) 拓扑结构变化频繁;(2) 低可靠性、电池容量有限;(3) 移动设备的多样性;(4) 安全性。

虽然Ad hoc网络是通信领域内的一个研究热点,ETF为此专门成立了MANET工作组^[1],另外瑞士洛桑联邦技术学院提出了一项长期研究计划即Tem nodes计划(2000~2010),其目的是设计一个大范围、自组织的移动Ad hoc网络,并用于商业以及其他潜在的社会环境中。但目前的研究主要集中在路由协议以及MAC层等方面,而在网络管理、QoS保障以及实时应用方面目前还处于起步阶段^[2]。

由于Ad hoc网络中节点地位的对等性以及有限的节点能力,集中式网络管理不能适应其实际管理的需要,所以现Ad hoc网络管理方案以分布式网络管理为主,大致可以分为以下三类^[3]:基于位置管理(base location management LM)的方案、基于移动性感知的管理(base mobility aware management MAM)方案以及基于代理和策略驱动的管理(base agent and police-driven management APDM)方案。

(1) 基于位置管理的方案

① CAANM方案^[4]

CAANM(clustering algorithm applied to the network management)方案是Feng Yongxin等^[5]人提出的一种基于位置管理的方案,基于SNMP(simple network management protocol),采用同ANMP(Ad hoc network management protocol)类似的结构,不同之处主要体现在管理者可以直接与代理以及簇头间进行信息交互。CAANM方案还对ANMP的MIB(管理信息数据库)做了一些改进。

MUQS(management with uniform quorum system)方案是由 Haas 等人提出的另一种基于位置管理的方案,在逻辑上使用了两级结构,将网络中的节点分为骨干节点和非骨干节点。这个两级结构仅用于移动性管理,路由协议仍在整个平面进行,即多跳路由可以跨越骨干节点和非骨干节点。

③ DIM 方案^[7]

DIM(distributed location management)方案是由 Yuan Xue 等人提出的一种分布式位置管理方案,使用的是一种格状的分级寻址模型,不同级别的位置服务器携带不同级别的位置信息,当节点移动时,只有很少一部分的位置服务器需进行更新。在 DIM 中每个节点具有唯一 ID,并能通过 GPS 获知自身的位置。在每个节点传输范围相同的情况下, DIM 要求网络最小分区对角线长度要小于节点的传输范围。与 DIM 方案类似的还有 SLALM 方案^[8]。

(2) 基于移动性感知的管理方案

① LFIM 方案^[9]

LFIM(locally forwarding location management)方案是由 Liang Wang 等人提出的一种能感知节点运动的管理方案。在 LFIM 中使用了一种混合的网络结构,总体上分为两级,第一级是由网络中的节点构成组,每个组具有组头(类似于簇和簇头);然后由这些组头组成第二级,采用第一级中组的构成方法,在第二级中又形成队。LFIM 是对传统分级网络中基于指针的位置管理方案的一种改进。文献[10]给出了类似的一种利用指针技术的位置管理方案。

② GMM 方案^[11]

GMM(group mobility management)方案是一种基于节点组移动性的管理方案,通过观察节点群组的运动参数如距离、速度以及网络分裂的加速度等来预测网络的分裂。GMM 的运动模型比较准确,主要是采用了组运动加速度这个参数,从而提高了对节点运动速度的估计准确度,同时也提高了对网络分裂和融合预测的准确性。

③ PBCA 方案^[12]

PBCA(prediction-based clustering approach)方案采用了移动性预测的管理方法,主要有四个方面的内容:虚拟簇、移动预测模型、分簇算法和协议以及管理结构

由 Chien-Chung Shen 等人提出的一种基于策略的管理方案。GMA 中能力较高的节点成为管理节点,承担智能化的管理任务, GMA 采用两级结构。管理者(supervisor)进行策略的控制和分配,游牧式管理节点(nomadic manager)通过相互协同完成整个网络管理。

② PBNM 方案^[14-15]

PBNM(policy-based network management)方案是基于策略管理的方案,对标准的公共开放策略服务(COPS)^[16]进行了扩展,包括 k-hop 分簇、动态服务冗余、策略协商和自动服务发现四个部分。

在三类管理方案中,IM 方案最为简单,管理性能与节点的分布情况以及管理节点的能力相关,适用于节点移动性较低的网络,随着网络节点移动性的增加,管理开销上升较快,同时管理效率迅速下降。MAM 相对 IM 而言,由于要完成移动性感知,对节点处理能力要求相对要高一些,同时由于移动性的计算将会增加能量的消耗。MAM 通过感知节点移动性,可降低管理开销,获得较好的管理性能,但需指出的是一旦网络中节点的群组运动特征不明显时, MAM 同 IM 相比,并没有什么优势。MAM 方案有较好的适用性,因为在实际的网络中节点的运动行为往往不是孤立出现的,通常具有一定的群组运动特性。APDM 方案是适用范围最广的方案,方案设计的复杂度、难度最大。从某种意义上讲, IM 和 MAM 只是 APDM 的某些特例,但 APDM 却与 IM 和 MAM 有明显的区别, APDM 注重管理策略如何交互,而 IM 和 MAM 更多的是注重管理策略的具体实现。APDM 的应用范围较广,由于其策略代理具有复制和迁移等特性,使其能适应网络的动态变化,具有较高的管理效率。

总的来说,针对 MANET 网络管理需求,重点研究其中的几个问题,旨在提供一体化的管理机制,解决共享性、自治性等一系列问题,对系统资源、资源配置、性能、故障、安全、通信等进行统一的管理和维护,以保障网络系统安全、稳定、可靠、高效的运行。

笔者的研究发现,物联网网络管理的内容,要比 MANET 还要繁杂。但是,可以借鉴它的管理形式,丰富其管理内容,扩大其适用范围。

- [2] WEN GER K, ZITTERBART M. Mobile Ad hoc networks: current approaches and future directions[J]. *IEEE Network*, 2004, 18(4): 6– 11.
- [3] 文凯, 陈劫, 郭伟. Ad hoc 网络管理方案研究 [J]. *电信科学*, 2005(9): 41– 46
WEN Kai CHEN Jié GUO Wei Management Schemes in Ad Hoc Network[J]. *Telecommunications Science*, 2005(9): 41– 46. (in Chinese)
- [4] FENG Yongxin ZHAO Liliang WANG Guangxing A clustering algorithm applied to the network management on mobile Ad hoc network[C]// *Proc of the ICII 2001*. 2001, 2: 626– 631
- [5] CHEN Wenli JANN N, SINGH S. ANMP: Ad Hoc Network Management Protocol[J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 1999, 17(8): 1506– 1531
- [6] HASS Z J LIANG B. Ad hoc mobility management with uniform quorum systems [J]. *IEEE/ACM Transactions on Networking* 1999, 7(2): 228– 240
- [7] XUE Yuan LI Baochun NAHRSTEDT K. A scalable location management scheme in mobile Ad hoc networks[C]// *Proceedings of the 26th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks*. Washington: IEEE Computer Society, 2001
- [8] CHENG C T, LEMBERG H L, PHILIPS J, et al. SIA-M: A scalable location management scheme for large mobile Ad hoc networks[C]// *Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference*. Piscataway: IEEE, 2002: 574– 578
- [9] WANG Liang ZHANG Naibong. Locally forwarding location management in ad-hoc networks[C]// *Proceedings of IEEE 2002 International Conference Communications Circuits and Systems and West Sino Expositions*. Piscataway: IEEE, 2002
- [10] MASA JEDIAN S M S, KHOSHIB N H. A novel location management method based on Ad hoc networking[C]// *Networks 2004– 11th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium*. Berlin: VDE Verlag GmbH, 2004
- [11] CHEN W T, CHEN P Y. Group mobility management in wireless Ad hoc networks[C]// *Proceedings of Vehicular Technology Conference*. Piscataway: IEEE, 2003
- [12] SWAVAKEESAR S, PAVLOU G, BOHORIS C, et al. Effective management through prediction-based clustering approach in the next generation Ad hoc networks[C]// *Proceedings of 2004 International Conference on Communications*. Piscataway: IEEE, 2004
- [13] SHEN C C, SRISATHAPORNPHAT C, JAKAEO C. An adaptive management architecture for Ad hoc networks[J]. *IEEE Communications Magazine* 2003, 41(2): 108– 115
- [14] PHANSEK S, DASILVA L A. Protocol support for policy-based management of mobile Ad hoc networks[C]// *Proceedings of the IEEE Symposium Record on Network Operations and Management Symposium*. Piscataway: IEEE, 2004
- [15] VERMA D. Policy-Based networking: Architectures and Algorithms[M]. 1st ed. Berkeley: New Riders Publishing, 2000.
- [16] BOYLE J, COHEN R, DURHAM D, et al. The COPS (common open policy service) protocol [S]. IETF RFC 2748, January 2000.
- based management for mobile hosts in Ad hoc wireless networks [C]// *Proceedings of the 15th International Conference on Information Networking*. Amsterdam: Elsevier, 2001.
- [18] CHEN Wenli JANN N, SINGH S. ANMP: Ad Hoc Network Management Protocol[J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 1999, 17(8): 1506– 1531
- [19] KULKARNI A B, SPACKMANN R, KUTHETHOOR G. Self organized management of mobile adhoc networks[C]// *Proceedings of IEEE Military Communications Conference*. Piscataway: IEEE, 2006
- [20] PHANSEK S, DASILVA L A, MCKIFF S F. Design and demonstration of policy-based management in a multihop ad hoc network [J]. *Ad Hoc Networks* 2005, 3(3): 389– 401.
- [21] SHEN C C, SRISATHAPORNPHAT C, JAKAEO C. An Adaptive Management Architecture for Ad Hoc Networks[J]. *IEEE Comm*, 2003, 41(2): 108– 115.
- [22] LI Jun, ZHANG Shunyi, ZHANG Zaihong, et al. A Novel Network Management Architecture for Self-organizing Network [C]// *Proceedings of IEEE International Conference on Networking Architecture, and Storage*. Piscataway: IEEE, 2007
- [23] SONG W C, REHMAN S U, LUTFIYA H. A Scalable PBNM Framework for MANET Management[C]// *Proceedings of 2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*. Piscataway: IEEE, 2009: 234– 241
- [24] 赖旭东, 张光昭. 移动 Ad Hoc 网络 (MANET) 的网络管理几种协议的分析 [J]. *数据通信*, 2003(1): 1– 4.
LAI Xudong ZHANG Guangzhao. Analysis of Some Network Management Protocols of Mobile Ad hoc Network[J]. *Data Communications* 2003(1): 1– 4. (in Chinese)
- [25] 刘晓丹, 苗付友, 熊焰, 等. 基于移动代理的分布式 Ad Hoc 网络管理 [J]. *计算机工程*, 2004(17): 47– 49.
LU Xiaodan MIAO Fuyou XIONG Yan, et al. Mobile Agent Based Distributed Ad Hoc Network Management [J]. *Computer Engineering* 2004(17): 47– 49. (in Chinese)
- [26] 刘福杰, 常义林, 沈中, 等. 一种自组织网络管理实现方法的研究 [J]. *西安电子科技大学学报: 自然科学版*, 2004(2): 182– 185.
LU Fujie CHANG Yilin SHEN Zhong, et al. An implementation method for self-organized network management [J]. *Journal of Xi'an University: Natural Science* 2004(2): 182– 185. (in Chinese)