

# 无线传感器网络管理综述<sup>①</sup>

毕 斌<sup>1,2</sup> 王金一<sup>1</sup> 陈文亮<sup>1,2</sup> 阎保平<sup>1</sup> (1.中国科学院计算机网络信息中心 北京 100190; 2.中国科学院研究生院 北京 100190)

**摘 要:** 作为一种新兴的网络范型,无线传感器网络为我们提供了一种新的监测和控制模型。由于传感器网络自身特性,给网络管理带来许多挑战,传统的网络管理不再适用于无线传感器网络。目前对于传感器网络管理的研究,尚无一个统一的管理标准。文中总结了当前所提出的一些管理系统和框架,并阐述了对于 IPv6 的支持及基于 ZigBee 的无线传感器网络管理。

**关键词:** 无线传感器网络;WSN;网络管理;管理框架;ZigBee

## A Survey of Network Management in Wireless Sensor Network

BI Bin<sup>1,2</sup>, WANG Jin-Yi<sup>1</sup>, CHEN Wen-Liang<sup>1,2</sup>, YAN Bao-Ping<sup>1</sup> (1.Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2.Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** As a new network paradigm, Wireless sensor networks (WSN) have promised us a new monitoring and controlling model. Owing to its Characteristics, Sensor networks pose unique challenges for network management that make traditional network management techniques impractical. Until now there still doesn't emerge a considerable, common agreed network management solution for WSN. This article summarizes some of the current management system and framework, and presents the supporting of IPv6 and the ZigBee-Based wireless sensor network management.

**Keywords:** wireless sensor network; WSN; network management; management framework

传感器网络是由一些体积小,造价低,能量和处理能力受限,能够感知和采集数据并相互协作的传感器节点组成的密集型无线网络。它能够实时地感知、采集和处理网络覆盖范围内的对象信息并发送给管理站,具有覆盖区域大、可远程监控、监测精度高、部署速度快等优点。与传统网络相比,它具有能量受限、自组织性、网络动态性和移动性、与特定应用等相关特点。

无线传感器网络的发展最初起源于战场监测等军事应用,现已广泛应用于环境与生态监测、健康监护、家居自动化、视频监控、以及交通控制等领域。

自第一个无线传感器网络管理架构 MANNA<sup>[1]</sup>被

完整提出以来,目前对于传感器网络管理的研究,尚无一个统一的管理标准。由于传感器网络自身的特点,给网络管理带来许多挑战。

本文的主要内容包括:介绍了网络管理的发展及传感器网络的管理;总结了一些无线传感器网络管理系统及结构;阐述了对 IPv6 的支持及基于 ZigBee 的无线传感器网络管理。最后,对无线传感器网络管理的发展提出了一点看法。

## 1 网络管理的发展及传感器网络的管理

### 1.1 网络管理的发展

纵观计算机网络管理,其发展过程大致如下。网

① 基金项目:中国科学院十一五信息化专项(INFO-115-D02);中国科学院计算机网络信息中心知识创新工程青年人才领域基金资助项目(CNIC-QN-09005);中国科学院知识创新工程重大项目(KGGX1-YW-13)

收稿时间:2010-05-04;收到修改稿时间:2010-05-27

络诞生之初,许多管理操作是现场的物理操作;到国际标准化组织提出的基于远程监控的管理框架,即早期的基于公共管理信息协议(CMIP)的OSI系统管理框架;再到如今工业界事实上的网络管理标准,即基于简单网络管理协议(SNMP)的SNMP网络管理架构;以及随着网络技术的发展产生的一些新的网络管理技术,如基于策略的网络管理(PBNM)、基于智能Agent技术的网络管理等<sup>[2]</sup>,面向服务的管理,下一代互联网网络管理中对IPv6的支持等。

### 1.2 简单网络管理协议思想

如今工业界事实上的网络管理标准——简单网络管理协议(SNMP)<sup>[3]</sup>,其基本思想是:SNMP基于消息的请求/应答(Request/Response)和陷阱(Trap),通过访问被管元素的管理信息来监控被管元素。管理站给网络设备发送各种查询报文,代理负责接收、处理来自管理站的请求报文,然后从设备上其他协议模块中取得管理变量的值,形成响应报文发送给管理站。同时,设备对于自身重要状态的变化,主动向管理站发送消息。

### 1.3 传感器网络的管理

无线传感器网络为我们提供了一种新的监测和控制模型。网络中包括大量的传感器节点,它们密集分布于特定区域,用于采集信息或监测跟踪特定的物理现象等。传感器节点是电池供电的,由微处理器、传感器、收发器及其它部件构成。节点通常只提供有限的资源(包括能量、通信和处理能力)。节点长时间是自治的,同时它们之间需要协作来完成复杂的任务。

可以看出,传感器网络是资源受限,以数据为中心,网络中节点采取协作方式执行一个共同的应用,网络部署后无人看管,故障经常发生。为此,传感器网络管理系统应该1)让网络自形成,自组织,自配置;2)能基于传感器节点采集到的相关信息进行一系列管理控制任务,如控制采样频率,控制节点工作状态,控制无线带宽使用率,重新配置网络等;3)通过确保特定的网络覆盖区域来控制整个网络。

## 2 无线传感器网络管理系统

### 2.1 MARWIS

利用无线Mesh网(WMN)作为骨干网来构建异构WSN, Gerald, Markus等人提出了MARWIS<sup>[4]</sup>——异构无线传感器网络管理体系结构,支持异构WSN环

境。MARWIS支持普通的管理任务,包括监测,配置和程序代码更新等。

为处理大型的异构WSN,同一种类型的传感器节点建立一个传感器子网,不同的传感器子网间不能直接通信,提出采用无线Mesh网络作为骨干网,并将Mesh节点(MN)作为传感器子网之间的网关。有如下优点:1)Mesh节点除了具备网关功能,还执行管理任务;2)不同传感器子网中不同类型的传感器节点可以相互通信;3)利用无线Mesh网可以将大型WSN划分成小的传感器子网,而且通过将传感器节点网关插入到Mesh节点就可以很方便的将新类型的传感器节点平台加入到异构WSN中。

MARWIS包括如下一些结构化元素:1)带有用户接口和无线Mesh网络管理系统的管理站;2)带WSN管理程序的Mesh节点。Mesh节点建立多跳无线Mesh网,并提供管理功能。WSN管理程序位于每一个Mesh节点中,为不同的传感器子网提供管理功能。它包含三个数据库(WSN信息数据库,程序版本数据库,传感器值数据库)、含有三个程序模块(WSN监测模块,WSN配置模块,代码更新管理模块)的MARWIS服务器、和CFEngine(负责在无线Mesh网络内分发管理数据);3)被插入至Mesh节点的传感器节点网关,允许无线Mesh网与无线传感器网络通信;4)带传感器节点代理的传感器节点,它包含一个传感器节点监测器,一个传感器节点配置器,和一个代码更新器。

MARWIS管理功能主要包括:1)监测,可以采取管理站探测无线Mesh网和传感器子网,及用户直接查询所选择的传感器这两种方式对WSN监测;2)配置,对传感器节点的配置与节点类型无关;3)代码更新。

MARWIS的优点有:由于Mesh节点提供异构WSN的管理功能,因此传感器节点只需执行少量的管理功能,减少了内存和计算开销。同时,使用无线Mesh网作为骨干网,网络中数据包的跳数减少,对节点的直接请求的通信开销主要发生在无线Mesh网,减少了WSN中的负载和拥塞。其缺点包括:在MARWIS中,无线Mesh网是进行异构无线传感器网络有效管理的前提,对许多应用环境,这是一种局限。

### 2.2 H-WSNMS

当前可用的WSN管理工具是与特定应用相关或者平台相关的,因此异构WSN的管理中,基本管理命

令服务的可重用性差。针对这一问题,Wei Zhao, Yao Liang等提出了H-WSNMS<sup>[5]</sup>——基于Web的异构无线传感器网络管理系统框架。其基本思想是将无线传感器网络管理的功能与具体应用相分离,因此已有的无线传感器网络管理系统能够被利用和扩展以适应不同的应用需求。同时为用户提供一个统一的管理系统,便于异构无线传感器网络管理。

H-WSNMS能够直接地支持异构无线传感器网络的管理。并提供丰富的管理功能,从传感器网络监测和重配置,到数据查询,每一功能以独立的组件形式工作。H-WSNMS中的一个核心概念是虚拟命令集VCS(Virtual Commands Set)。通过VCS,每一个管理功能被看作是由虚拟命令集中的一个或一组虚拟命令来实现的。另一方面,每一个虚拟命令被部分或全部地映射到一些已有的命令服务的组合。

H-WSNMS采用基于client-server的三层体系结构:1)顶层的客户层,包括不同的无线传感器网络管理组件,每一个组件都是与应用需求相关的,并独立执行一些客户定义的特定功能;2)底层的网关层,包括多个异构无线传感器网络网关,及与此关联的基本管理命令服务;3)中层的代理层,负责将每一个虚拟命令解释并映射到一个具体的无线传感器网络网关命令服务。代理层作为管理组件和具体WSN网关之间的扩展接口,将客户层中与特定应用相关的网络管理功能与网关层中具体的WSN网关分离开。通过代理层和它的虚拟命令集,H-WSNMS使得异构WSN平台下,管理组件变得更加可重用并容易开发。因为开发者可以基于预定义的虚拟命令集来构造管理组件。

H-WSNMS的优点主要有:1)H-WSNMS中针对数据处理,有专门的数据查询组件。它采用了一种称为TSA-DataNodes树的异构数据源数据集成模型,提高了数据查询和检索的性能;2)当异构WSN的数目增多时,H-WSNMS具备伸缩性;3)通过虚拟命令集,增强了对每个WSN的基本管理命令服务的可重用性。同时为用户提供统一的管理接口。其缺点包括:如果需要扩展命令以支持更多的功能,需要针对不同的异构节点进行编程。

### 2.3 TinyCubus

随着传感器网络及其应用的扩展,传感器网络系统变得越来越复杂。同时,传感器网络越来越异构化,WSN中的节点程序会根据应用场景不断更新。这些因

素造成开发、部署和优化传感器网络应用变得困难。基于此,Pedro, Daniel等人提出了TinyCubus<sup>[6]</sup>——一种自适应的传感器网络跨层管理框架,TinyCubus包含三个部分:跨层结构,配置引擎,数据管理结构。

跨层结构为要进行跨层交互(如优化时需要其它模块的信息,通过对高层组件的回调执行特定应用的代码等)的模块提供了一个通用的参数化接口。TinyCubus的跨层结构中设置了一个“状态容器”来存储所有组件的跨层数据,这样组件之间不用直接进行交互。跨层结构充当各组件之间的中介,支持组件之间的数据共享。

配置引擎基于传感器节点的角色进行代码分发,并支持动态安装程序代码。其目的是支持系统和应用组件的配置。它包括拓扑管理器和代码分发程序。拓扑管理器基于每个节点的功能为其分配相应的角色(角色是根据节点特性(如硬件能力,网络邻居,位置等)赋予它的相应职责),以便进行网络的自配置。基于角色的代码分发算法会只对那些特定角色的节点或者需要代码更新的节点进行代码更新。

数据管理结构提供了一组标准数据管理组件(如数据的复制,缓存,预取,囤积,聚合等)和系统组件(如时间同步和广播策略等),并根据当前系统中的信息选择最恰当的一些组件用于管理。数据管理结构用一个立方体定义,它包含三个维度:1)优化参数,如能量,通信延迟和带宽;2)应用需求,如可靠性;3)系统参数,如节点移动性和网络密度。

TinyCubus具备传感器应用的常见功能,具有自适应、重配置、灵活性、扩展性等特性。提供通用组件的参数化机制以满足特定应用的需求。包含基于角色的有效的程序代码更新策略,能够适应应用场景变化并支持优化。但是,TinyCubus也面临一些难题,如对各种不同的跨层优化支持,状态容器中数据的访问模式,节点角色分配的有效性,代码更新的有效策略,传感器节点上组件的动态安装等问题。配置引擎利用节点的角色信息进行代码更新时,只适合于特定的传感器网络(如节点不可移动等)。

### 2.4 WinMS

Louis Lee等人提出了WinMS<sup>[7]</sup>——一种自适应的基于策略的无线传感器网络管理系统。WinMS体系结构包含底层的MAC和路由协议,局部网络管理,

和中央网络管理。同时, WinMS 还提出了一个新的称为系统资源转移的管理功能。WinMS 中, 终端用户预先定义传感器节点中用于触发事件的管理参数阈值, 并指定该事件发生时执行的管理任务。WinMS 根据当前事件和预测事件对网络进行自配置, 来适应网络状态变化。

系统资源转移允许网络中的资源从网络的一部分转移到另一部分, 以达到局部和全局的自动自配置和自稳定。WinMS 采用了基于 TDMA 的 MAC 协议 FlexiMAC 以支持资源转移。FlexiMAC 作为底层的 MAC 和路由协议, 用于节点之间的同步通信并连续有效地收集和分发数据。

局部网络管理功能主要包括网络状态更新和事件检测, 包含数据分发和数据收集这两个核心组件。局部系统资源转移找出并选择资源提供节点。节点根据其邻居网络状态(如拓扑变化和事件检测)执行管理功能。

中央网络管理利用拥有网络全局信息的中央管理站(基站)来可靠的执行更改和故障预防等操作。中央管理器维护 MIB, 并通过分析 WSN 模型来检测相关事件(如网络效率低的区域, 数据变化快的区域等)。中央系统资源转移为需要资源的子网分配资源。

WinMS 网络管理功能包括配置管理、故障管理、性能管理、计费管理等。WinMS MIB 维护着如下一些传感器网络模型: 感知数据映像、拓扑映像、链路质量映像、网络利用率映像、能量映像。

WinMS 采取先应式监测方式, 不需要特别的代理来实行管理任务, 并为传感器节点提供自治能力, 并利用中央管理器分析网络状态并执行更正和预防管理。轻量级 TDMA 协议提供了有效的能量管理, 数据传输和本地修复。资源转移功能允许网络中的不同部分非均匀的和反应式感知, 提供了局部和全局的自动自配置和自稳定。但是, 初始化时, WinMS 构建数据采集树与节点表的开销与网络密度成正比, 不过这只是一次性开销, 因为节点在整个生命期内都将维持所采集的信息。

## 2.5 BOSS

Song, Kim 等人提出了 BOSS<sup>[8]</sup>——基于 UPnP(网络管理的标准服务发现协议)的传感器网络管理协议。其基本思想是通过实现 BOSS, 使资源有限的非 UPnP 传感器设备能够接入 UPnP 网络, 同时让用户可以通

过多种 UPnP 控制点对 WSN 进行管理。

BOSS 系统主要由 UPnP 控制点, BOSS 和非 UPnP 的传感器节点组成。控制点(如 PC, PDA 等)有充足的资源运行 UPnP 协议, 并通过 BOSS 提供的服务控制和管理传感器网络。如控制点可以通过 BOSS 从传感器网络检索基本的网络状态信息(如节点设备描述, 网络中节点数目, 网络拓扑等), 并对这些信息进行分析处理, 再通过 BOSS 进行诸如同步、节点定位和能量管理等基本管理服务。

传感器网络和 BOSS 之间使用私有协议通信, BOSS 能够发现传感器网络所提供的服务列表。控制点使用 UPnP 协议与 BOSS 通信, 发现 UPnP 设备并得到其设备描述和设备提供的服务之后, 便可以使用 UPnP 事件来接受有关设备状态变化的信息。

BOSS 包含 5 个组件: 服务管理, 控制管理, 事件管理, 服务表, 传感器网络管理服务。BOSS 的三个主要功能包括: 1) 在传感器网络和控制点之间传输 UPnP 消息; 2) 理解并翻译传输的 UPnP 消息; 3) 从传感器节点采集网络管理信息, 并提供全面的网络管理服务。

使用 BOSS, 不同的传感器网络应用(如结构监测, 火灾检测, 自动光控制)可以通过多个 UPnP 控制点(如 PC, PDA 等)来管理。同时, 使得网络能适应拓扑变化, 支持先应式网络管理。通过 UPnP, 基于 BOSS 的传感器网络能够容易地与其它的网络互操作(如 WLAN, IEEE1394, PLC 等), 因此能最大化地利用传感器网。但是, BOSS 需要终端用户观察网络状态并做出相应的管理操作。另外, 对于大规模的传感器网络, 由于设备和服务的多样性, 对于采用集中式控制结构的 BOSS 来说同样是一个考验。

## 2.6 MANNA

Ruiz 等人综合考虑了 WSN 网络管理的各个方面(管理功能, 逻辑管理层, WSN 特性), 提出了一个集成网络管理系统——MANNA<sup>[1]</sup>。MANNA 的设计思想是将网络管理与网络应用分离, 其设计目标是建立自我管理、自组织、自治愈、自由化、自保护、自维护和自诊断的无线传感器网络。

MANNA 是一个基于策略的管理结构, 收集动态管理信息, 将其映射到 WSN 模型, 并基于 WSN 模型执行相应的管理功能和服务。MANNA 的管理策略指定了特定网络条件下将被执行的管理功能。这样, 就

不必为每一种应用定义新的管理方案,而可以在网络部署前考虑好应用可能会涉及到的所有情况,统一制定相应的网络模型和管理功能,当网络发生变化时,对相应的网络模型和管理功能进行修改和增删就可以继续提供管理服务了。

MANNA 体系结构包括功能架构,信息架构和物理架构。功能架构定义了网络管理中各角色(Manager, Agent 和 MIB)的功能和位置。信息架构定义了 WSN 的信息模型。物理架构描述了管理实体(簇头,普通节点和管理站)间信息交互的方式。

MANNA 的组成要素包括管理服务、管理功能和网络模型。管理服务定义了应该在什么时候使用那些数据来执行那些管理动作,而管理功能是用户所能看到的管理动作的最小粒度(如拓扑发现、数据融合、时间同步、节点定位和能量图生成等),网络模型则维护网络状态信息。

MANNA 吸收了传统网络管理的思想,又充分考虑了无线传感器网络的特点。但是它仅仅是设计一个网络管理体系结构,并未完成所有的细节如提出具体的 MAC 或路由协议。它是第一个被完整提出并论述的无线传感器网络管理框架,对无线传感器网络管理的研究产生了很大的影响。

## 2.7 对 IPv6 的支持

### 2.7.1 LNMP

Hamid Mukhtar 等人提出了 LNMP<sup>[9]</sup>——基于 IPv6 的低功耗无线个域网管理结构。相比于 MANNA, LNMP 是基于 WSN 的 IP 管理结构,它实际上是与应用无关的。LNMP 由业务结构和信息结构组成。业务结构用于减少通信开销。信息结构通过定义 6LoWPAN(基于 IPv6 的低功耗无线个域网)适配层管理信息库(MIB),规定了设备上需要被管理的信息。

6LoWPAN 网络模型中,6LoWPAN 设备包括 PAN 协调器、协调器或终端设备,网关用于连接 IPv6 网络和 6LoWPAN 网络。终端设备周期性的向协调器报告其状态,同时要对协调器的查询请求做出响应。协调器负责维持其下层网络中设备的状态信息,并向其父节点报告设备的状态更新。IPv6 网络端支持 SNMP, 6LoWPAN 网络支持特定格式的数据包,网关解析收到的数据包并将其在 SNMP 格式与 6LoWPAN 网络端支持的数据包格式之间转换。但是, LNMP 没有考虑 SNMP 数据包的压缩与聚合等。

### 2.7.2 6LoWPAN-SNMP

针对 6LoWPAN 网络的特点,及利用 SNMP 管理 6LoWPAN 网络的一些问题, Haksoo Choi 等人提出了 6LoWPAN-SNMP<sup>[10]</sup>——6LoWPAN 网络管理协议。6LoWPAN-SNMP 协议能够在启用 IPv6 的低功耗无线个域网上传输 SNMP 消息,是对 SNMP 协议的简单修改及扩展。

为减少 6LoWPAN 网络中的 SNMP 通信总量, 6LoWPAN-SNMP 采取如下一些措施: 1) 不修改 SNMP 的任何协议操作,压缩 SNMPv1, SNMPv2 消息,减小 SNMP 消息的大小; 2) 提出新的协议操作,并在 SNMP 引擎中支持广播和多播,减小网络中传输的消息数量; 3) 采用代理转发器,与当前 SNMP 版本兼容,并增强 6LoWPAN-SNMP 的效率。

具体地,报头压缩技术通过压缩 SNMP 报头,压缩 SNMP PDU 变量绑定部分内容,能有效地减小消息的大小。对协议操作的扩展,新增 PeriodicGetRequest/StopPeriodicGet 等消息,并结合广播和多播技术,能有效地降低网络中传输的消息数量(例如网络管理系统广播一条 PeriodicGetRequest 消息,则网络中的所有节点会周期性的发送各自的 Response 消息,直到节点收到网络管理系统发送的 StopPeriodicGet 消息)。6LoWPAN 网关中的代理转发器: 可以将各个版本的 SNMP 消息相互转换,并可以同时应用报头压缩技术。另外, 6LoWPAN-SNMP 还能够自动的将旧协议操作转化成新的协议操作,以支持新的协议操作。

## 2.8 基于 ZigBee 的无线传感器网络及其管理

ZigBee 标准是一组近距离、低复杂度、低功耗、低数据率、低成本的双向无线通信标准。基于 ZigBee 的无线传感器网络,国内已有较多的研究与开发。

基于 ZigBee 的无线传感器网络管理是基于协调器的集中管理。ZigBee 协议定义了三种拓扑结构(星型结构、簇状结构和网状结构)和两种物理设备(全功能设备 FFD 和精简功能设备 RFD)。全功能设备的协调器承担了整个网络的管理工作,包括驱动整个网络的通信、存储网络拓扑、识别网络设备及其功能和角色、与新节点动态建立链接等。

可见,当网络容量很大时,协调器很容易成为整个网络的瓶颈。因此,为防止网络负载过重造成网络瘫痪,有必要对基于冗余网关的集中管理等技术进行

相关研究。

### 3 总结

随着传感器网络应用的扩展,网络越来越趋于异构化,文中总结了两种异构无线传感器网络管理结构(MARWIS, H-WSNMS),阐述了网络管理中对异构WSN环境的支持。同样,考虑到对IPv6的支持,简单探讨了两种6LoWPAN网络管理协议和结构(LNMP, 6LoWPAN-SNMP)。随着WSN网络与IPv6网络互联技术的逐渐成熟,IPv6的优越性将在无线传感器网络的管理中得以体现。文中还提到了基于ZigBee的无线传感器网络及其管理。

另外,文中还提到了自适应的跨层管理结构TinyCubus,它提供了通用组件的参数化机制来满足应用的特定需求。自适应的基于策略的管理系统WinMS,它提供了系统资源转移功能使得网络局部和全局的自配置和自稳定。基于UPnP的管理协议BOSS,使得资源有限的非UPnP传感器设备能够接入UPnP网络,用户通过多种UPnP控制点对WSN进行管理。文中还总结了第一个被完整提出并论述的无线传感器网络管理框架MANNA。

传感器网络管理的发展可能包含以下几点:1)基于Web的网络管理将成为一种趋势,通过传感器网络与Internet互联,真正实现无处不在的管理;2)面向服务的异构网络管理,利用网络管理业务流程来有效的管理异构WSN,并利用SOA和Web服务技术的松耦合和相互协作等优势,定义通用的管理服务,解决因WSN资源有限和对应用的依赖所产生的问题;3)针对网络管理中的管理信息,需要结合无线传感器网络特性,将全局网络及节点间的协作作为测量对象,开发相应的测量技术;4)基于中间件技术的智能管理,随着分布式管理框架成为主流,分布式智能管理也将得到重视;5)开发统一的网络编程模型。随着应用环境的不断变化,程序模块的升级、程序代码更新等对传感器网络的重配置对传感器网络管理是一种挑战。

#### 参考文献

- 1 Ruiz L, Nogueira J, Loureiro A. MANNA: A Management Architecture for Wireless Sensor Networks. *Journal of the IEEE Communications*, 2003,41(2): 116 – 125.
- 2 李晓维, 徐勇军, 任丰原. 无线传感器网络技术. 北京: 北京理工大学出版社, 2007:330 – 358.
- 3 李明江. SNMP 简单网络管理协议. 北京: 电子工业出版社, 2007:5 – 12.
- 4 Wagenknecht G, Anwander M, Braun T, Staub T, Matheka J, Morgenthaler S. MARWIS: A Management Architecture for Heterogeneous Wireless Sensor Networks. Harju J, eds. *Proceedings of the 6th International Conference on Wired/Wireless Internet Communications*. Berlin: Springer-verlag, 2008: 177 – 188.
- 5 Zhao W, Liang Y, Yu Q, Sui Y. H-WSNMS: A Web-Based Heterogeneous Wireless Sensor Networks Management System Architecture. *Proceedings of 2009 International Conference on Network-Based Information Systems*. USA: IEEE Computer Society, 2009:155 – 162.
- 6 Marron P, Minder D, Lachenmann A, Rothermel K. TinyCubus: An adaptive cross-layer framework for sensor networks. *Journal of Information Technology*, 2005,47(2):87 – 97.
- 7 Lee W, Datta A, Cardell-Oliver R. WinMS: Wireless Sensor network-Management system, An Adaptive Policy-based Management for Wireless Sensor Networks. UWA-CSSE-06-001: Australia, The University of Western Australia, 2006.
- 8 Song H, Kim D, Lee K, Sung J. UPnP-Based Sensor Network Management Architecture. *Proceedings of the Second International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking*. Japan, 2005.
- 9 Mukhtar H, Kang-Myo K, Chaudhry S, Akbar A, Ki-Hyung K, Yoo S. LNMP-Management Architecture for IPv6 Based Low-power Wireless Personal Area Networks (6LoWPAN). IEEE, ed. *Proceedings of the IEEE Network Operations and Management Symposium*. New York: IEEE, 2008:417 – 424.
- 10 Choi H, Kim N, Cha H. 6LoWPAN-SNMP: Simple Network Management Protocol for 6LoWPAN. IEEE, ed. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*. New York: IEEE, 2009:305 – 313.