

物联网—概念与关键点

董占奇

(南阳理工学院 计算机科学与技术系, 河南 南阳 473004)

摘 要:物联网是一个新兴产业,也是研究热点,对它的研究认识目前还处于起步阶段。文中通过对相关文献的深入研究,在对目前关于物联网概念的主要观点进行归纳总结的基础上分析阐述了物联网的概念和正确认识物联网所涉及的有关重要问题,归纳总结了物联网的特征及其与互联网的关系,并在此基础上研究阐述了边缘网设计、物体的规范化标示识别、中间件技术、优化高效的跨媒介协议设计、行业技术的标准化等对物联网技术发展应用有决定性意义的技术关键点。

关键词:物联网;边缘网;中间件;跨媒介协议;标准化

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)04-0195-04

Internet of Things—Concepts and Key Points

DONG Zhan-qi

(Dept. of Computer Science & Technology, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, China)

Abstract: Internet of things is a new industry, also a research hotspot, its research is just on the beginning stage at present. After doing deeply research on some related papers, and also based on the summing up of the present main views about the concept of internet of things, it studies and discusses the concept of internet of things and the key problem to recognize internet of things, induces the characteristics and the relationship of internet of things and the internet, and then, based on all of these, elaborate the design of the marginal network, the label and recognition of the objects, the middleware technology, the advanced cross medium protocol design and the standardization of the industry and the technology, which are all the technology key points and behave decisive significance for the development and application of internet of things.

Key words: internet of things; marginal network; middleware; cross medium protocol; standardization

0 引言

“物联网”(IoT: Internet of Things)是动态的网络,是智慧的网络,是网络的网络,它基于全面感知将各种信息传感设备,如射频识别装置、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器、气体感应器等与互联网结合,实现了人、物体和IT系统的全面连接,它是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业的又一次浪潮,它蕴藏着巨大的商业价值,对新一轮的产业结构调整与升级意义重大。

当前,世界各国都对物联网的发展十分看好,不过,从总体上来说,目前物联网还是停留在概念和研发的起步阶段,业界对其概念的认识还不很统一,在技术上尚有许多重要问题需要研究解决。

1 物联网概念与认识

一般认为物联网是在计算机互联网的基础上,研究发展起来的一种集自动识别、定位、跟踪、监控和管理于一体的智能化网络,主要解决物品到物品、人到物品、人到人之间的互联。由于物联网是融合计算机、通信、网络、智能计算、传感器、嵌入式系统、微电子等多个领域的技术而产生的,不同领域的研究者对物联网概念的理解侧重点不相同,因此,短期内对于物联网的定义还难以达成共识。即便如此,文中认为,通过对不同概念主张方的概念定义进行梳理和做出恰当的综合将可以使人们比较全面而恰当地理解和认识物联网。

1.1 物联网的概念

“物联网”的概念是在1999年提出的,它有源于欧盟、ITU、IBM、EPCglobal以及电信运营商等的多种不同定义,基于对大量文献的研读,文中认为目前对于物联网概念的描述有代表性的主要有以下几种:

物联网^[1,2],一种通过开拓运用数据捕获和通信能力建立起物理对象和虚拟对象之间联系的全球性网络基础设施。这一网络基础设施包括现存的、正在改进的和未来可能发展的网络,它能够提供独立性的协

收稿日期:2011-08-27;修回日期:2011-11-29

基金项目:河南省高等学校青年骨干教师资助计划项目(2010GGJS-214);河南省教育自然科学基金项目(2008C510006)

作者简介:董占奇(1973-),男,河南南阳人,副教授,博士,研究方向为物联网技术、通信信号检测。

作服务与应用所赖以发展的特别的物体识别、传感与连通能力。它具有鲜明的高度自动化的数据捕获、事件传递、网络连通与互操作特征。

物联网^[3]是未来网络的整合部分,它以标准、互操作的通信协议为基础,是具有自我配置能力的全球性动态网络基础设施。在这一网络中,所有物理的和虚拟的事物都有特定的编码和物理特性,它们通过智能界面无缝隙融入信息网络,信息高度共享。

物联网^[4]是指通过信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通讯,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

以上关于物联网概念的描述虽然各不相同,但都涉及到全球性的网络连接、物物相连、识别/感知与信息的共享交流等,通过对有关概念观点的综合,文中认为物联网是物联化、互联化、智能化的网络,它是万物的智慧互联,是物理世界与虚拟世界沟通和联系的平台,它基于全面感知将人、物体和 IT 系统全面连接,使物理世界的信息可以自动地被虚拟世界所接受,实现了物品之间、物品与人之间、人与人及人与现实环境之间的自动、智能而高效的信息交流;通过它可以实现对物品的智能化识别和管理,极大地扩展和延伸人类的智能。

1.2 认识物联网需明确的问题

由于物联网融合有计算机、通信、智能计算、传感器等多方面的技术,更由于它的发展还是处于概念和研发的起步阶段,对它进行深入的研究首先需要的是正确而恰当地认识它,文中认为认识物联网应着重把握以下两点。

(1) 物联网的核心在于规模化物联和智能感知管理。

首先,物联网是物物互联,是规模化联网,各种物体/对象通过外在的或自身所附带的信息传感设备或其它可能的末端设备以无线或有线的 Ways 与互联网互联,从而形成了一个前所未有、不断拓展的巨大网络^[5~9];在那里电信运营商的网络种类、网络规模和网络覆盖优势得以充分发挥,各企事业单位公用的或专用的网络通过某种方式以安全可靠的方式与骨干核心网络相连,网络覆盖规模空前;

其次,物联网的关键之笔在于自动的、智能化的感知与管理,物联网是物理世界和虚拟世界沟通和联系的平台,各种物体/对象通过它实现信息的共享与交流,这些信息的交流是以 RFID 装置、红外传感器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备的自动化的数据信息获取为基础,以先进的智能化信息处理、监视控制技术为保障,以实现“万物”的“高效、节能、安

全、环保”的“管、控、营”一体化的管理为目标的,可以说,智能化的信息感知处理和高效管理是物联网精髓所在。

(2) 物联网的宗旨是服务,对它的恰当把握在于对服务、全球网络设施、事件响应与信息交互处理等的理解。

首先,服务人类社会是现代先进技术发展的动力和目标,物联网发展应用的宗旨是服务人类,物联网的服务是独立性的协作服务,是允许某一对象使用特定网络设施的服务,是允许某一对象利用网络设计发展某种应用管理的服务^[2,10],特别地,物联网的发展广泛应用云计算的先进技术成果,具有明显的软件即服务、平台即服务、网络设施即服务的特征,它的服务具有对各个不同用户(对象)的独立性和网络平台侧设备的协作性特点。

其次,物联网的全球性网络体系在许多方面与互联网相似,它允许消息经过路由设备按照正确的顺序送达目的地^[2];就目前而言,物联网肯定是要利用互联网的公共基础设施的,不过除了互联网之外,现在已经出现的和未来可能出现的专用的或通用的用于数据信息采集和对象跟踪监视与控制处理的边缘性网络也将在需要时成为它的一部分,正是这样的全球性网络才使得为用户提供方便、灵活、高效的服务称为可能。

第三,物联网具有事件响应与信息交互处理的能力^[2],它通过射频标签、电子产品编码、红外等信息获取和传感技术手段实现对物体的智能识别、跟踪与监视,它允许终端设备自动地对来自网络的指令做出响应或主动触发某一事件并通过网络传递事件信息,从而实现了物与物、人与物的智能对话交流,这为开展用户主导的业务和为用户提供全方位的服务奠定了基础。

1.3 物联网与互联网

互联网是指将两台或两台以上的计算机终端、客户端、服务端通过现代信息技术手段互相联系起来的结果,通过它人们可以与远在千里之外的朋友共享信息、互发邮件、共同完成一项工作。而物联网是基于互联网的一种泛在网络^[6,8,9,12~15],它以互联网为基础,同时又具有鲜明的特征。

1.3.1 物联网的特征

物联网的特征涉及技术与应用等方面的问题,与互联网相比其主要特征体现在以下几个方面:

首先,物联网是人与人、人与物、物与物全面互联的网络,它通过人与人、人与物、物与物的相联解决信息化的智能管理和决策控制问题,它不像互联网那样通过信息的共享互联解决人与人的信息沟通问题;其所涉及的技术比互联网更复杂、产业辐射面更宽、应用

范围更广,对经济社会发展的带动力和影响力更强。

其次,物联网是以有效的应用为主,主要通过传感器、射频识别等技术手段获取物理世界的各种信息,结合互联网、移动通信网等网络进行信息的传送与交互,采用智能计算技术对信息进行分析处理,从而提升对物质世界的感知能力,实现智能化的决策和控制,它着眼于先进高效技术手段在各行业领域的应用,以最大限度地提高社会生活与生产经营效益、效率为目标。

第三,物联网广泛应用各种感知技术,其上部署了海量的多种类型的传感器,每个传感器都是一个信息源,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同;同时,它们获得的数据具有实时性,通常按一定的频率周期性地采集环境信息,不断更新数据,物联网对于“万物”的高效“管、控、营”一体化管理就是以各种感知技术的应用为前提的。

第四,虽然物联网是建立在分组数据技术的基础之上,它也采用数据分组网作为它们的承载网,但与互联网不同的是物联网的主干网和它的边缘网是否采用单一的网络,是不确定的,其体系结构与互联网是有差异的。一方面,它的主干网可以是IP网,但它对于网络在安全、可信、可知、可管、可控资源方面的要求远高于目前基于IP的互联网的提供能力,它更有可能采用较目前更为先进的分组数据网作它的主干网;另一方面,物联网的边缘网不一定为IP网,特别是对智能小物体的物联网,无论是组网形式或通信协议等相对于互联网来说均有很大的差异,同时,物联网的边缘网是多样的,它可以为现有的家庭网络、个域网、汽车网、传感网、企业生产经营监视控制网、未来可能出现的其它网络等等,可以预见,物联网端到端将会采用不同的协议体系。

1.3.2 物联网的基本架构

物联网不同于互联网,相对于互联网来说,一方面它具有庞大而基础性的感知层面,另一方面,其具有涵义更广、覆盖面更宽的应用层,其体系架构从技术层面来看可分为三个大的层面:感知层、网络层和应用层。

感知层作为底层是用来获取数据信息的,它包括传感器等数据采集设备以及数据接入到网关之前的传感器网络。对应的数据采集感知设备主要有二氧化碳浓度传感器、温度传感器、湿度传感器、二维码标签、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS 等,主要用于采集物理世界中发生的物理事件和数据,包括各类物理量、标识、音频、视频数据。感知层是物联网发展和应用的基础。

网络层作为第二层,是用来进行数据信息的交互传输的,由各种私有网络、互联网、有线和无线通信网、网络管理系统和云计算平台等组成,它是在现有通信

网和互联网的基础上建立起来的,它综合使用2G/3G、有线宽带、PSTN、Wi-Fi、NGN 通信技术,可以保证对感知信息的无障碍、高可靠性、高安全性传送。在网络层中感知数据的管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术。

应用层作为上层,是物联网和用户(包括人、组织和其他系统)的接口,它利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的特定服务。应用层主要包含应用支撑平台子层和应用服务子层。其中应用支撑平台子层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通的功能。应用服务子层包括智能交通、智能医疗、智能家居、智能物流、智能电力等行业应用。应用是物联网发展的目的,软件开发、智能控制为物联网提供丰富多彩的服务创造了条件。

2 物联网技术关键点

物联网的发展应用涉及多个学科领域的重要问题,就目前来说比较关键的有边缘网结构与设计、物体的规范化标示识别、中间件技术、优化高效的跨媒介协议设计、行业技术的标准化等。

2.1 边缘网

物联网由主干网和边缘网组成^[6,13,15],这里的边缘网可以是一般的传感器网络、工业企业的监视控制网络、经营企业的跟踪监视服务网络、一般国家单位及社区的综合性信息服务网络、家庭及个域网等,这些边缘性网络为物联网提供多种类型的服务——联网类服务(物品标识、通信和定位)、信息类服务(信息采集、存储和查询)、操作类服务(远程配置、监测、远程操作和控制)、安全类服务(用户管理、访问控制、事件报警、入侵检测、攻击防御)、管理类服务(故障诊断、性能优化、系统升级、计费管理服务)创造了条件,提供了可能,但是由于这些边缘性的网络因为行业领域、所解决和关心的问题、应用环境和使用技术等的不同,使得它们在组网形式或所使用的通信协议方面存在着较大的差异,如何实现它们和主干网的安全便捷连接、如何设计更多与更适合需要的边缘性支持网络是实现物联网物物智慧相连和提供高效服务的关键。

2.2 物体标示与识别

物联网是联系物理世界和虚拟世界的平台,在物联网中,如何标示和识别物理对象是实现全面感知和广泛互联的前提与基础,目前对于物体的标示识别主要涉及的是电子产品编码技术和基于其的RFID技术、激光扫描技术^[6,8,9,11,12]等,这些技术通过物体的编码组织、接口协议的约定、网络的编码传递存储与检索实现对物体的标记识别,虽然能够在一定程度上实现物联的目标,但是对于复杂电磁环境下、大量堆叠物

品、大工作范围的物品检索识别(如:钢铁生产经营企业、大型物流港、大型仓储)来说仍存在着效率低下、可靠性差等明显不足,然而这正是物联网技术产业的重要社会经济价值体现点,是必须要解决的问题。

2.3 中间件

在物联网中由于大量物品、对象的接入,更由于对于它们的跟踪监视,使得每时每刻都有海量的数据需进行处理传输,很容易因信息量过大而导致网络瘫痪,对于此问题的解决,需要通过使用中间件^[16-18]的技术手段来解决。这里所说的中间件是一个应用程序接口定义的软件层,是软件构件化发展的一种表现形式,按照功能和采用技术的不同可以分为数据库访问中间件、远程过程调用中间件、消息中间件、对象中间件、事务处理中间件等几类,主要完成数据过滤(消除冗余数据,并过滤掉无用信息)、数据聚合(将多种类型的、单一的数据融合提炼成有意义的信息)、信息传递(将经过过滤和聚合处理后的数据传递需要的实体)等工作;从某种意义上说,在物联网中中间件是灵魂与核心,它对实现行业中需要遵循的统一规范、降低不同硬件和软件基础设备的互联互通成本、消除信息冗余、保证信息的可靠传递、保障整个网络平稳运行意义重大。虽然目前有不少单位和个人对物联网中间件进行了一定的研究,但是,这些研究存在着针对性强、普适性差等缺点,在未来的物联网发展应用中研究开发基于公共基础的智能型中间件也是非常关键的问题。

2.4 基于跨媒介设计的优化高效协议

物联网是全球性网络,是典型异构网^[1,6,13-15],在这一网络——特别是其边缘网中,由于信息获取手段(传感器、终端、终端感知网络)的多样性、传输媒介的不同、传输手段的差异性使得其对于网络互通相关协议的要求更高;特别地,基于实现物联网的广泛覆盖性与普适性,终端感知设备之间的通信不能采用传统的协议,而是需要自适应的优化协议,同时终端设备的低处理能力、低功耗等特性也要求物联网必须采用轻量级和高能效的协议。另外,在物联网中,多种通信手段并用,无线通信多级互联,采用传统的协议处理方法存在着系统复杂性高、效率低、时效性差、成本开销大等明显缺点,为了实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的一体化“管、控、营”,需要我们在对现有协议的优化裁剪、便捷高效的协议适配、新的轻量级先进高效的协议设计、基于跨媒介处理的数据可靠性保证、数据信息的快速高效融合、边缘动态网络的分簇和路由选择等方面做大量的研究工作。

2.5 行业与技术的标准化

物联网由于其所能带来的巨大商业价值和对于产业高端化发展所具有的重要战略意义,引起了世界各

国的广泛关注,有很多国家和团体都在从事物联网相关技术的研究,但是就目前来说,这些研究还比较分散,尤其是,物联网技术的发展应用是一个巨大的系统性工程,它的发展需要全球性的系统性的标准的支撑制约^[8,9,11-13],但这方面的工作相对于具体的应用技术的分散研究来说更显得分散无序,标准的缺乏将阻碍产业发展已是业界的共识,推动物联网发展需要尽早研究建立统一的标准体系。

考虑到物联网发展应用是一项系统而宏伟的工程,对其标准体系的设计建立也应是一个渐进的发展成熟的过程,在其标准化工作进程中,重要的是首先成立相应的标准化联合工作组,做好各相关标准化组织间的协调和物联网的顶层架构设计;而后针对其在各行业的应用实际,分离其共性技术特点和应用特殊要求,形成相应的基础性、共性技术标准,保证必要的统一;进而依托共性技术标准,根据不同行业成熟程度和特点,构建各行业应用标准,并统一面向公众的应用标准。

3 结束语

物联网是现代信息通信技术与网络的最新发展应用,是一场新的划时代的科技与产业革命。作为一个新产业,物联网目前仍然处于定义和起步性研究发展阶段,作为一种由各种技术融合而成的新型技术体系,它涉及到嵌入式系统、网络与通信系统、控制系统、软件系统、安全系统等多种技术体系,其中有许多需要我们潜心研究解决的理论和技术问题;另外,由于物联网是一个庞大而复杂的系统,它的发展具有长期性特征,它的真正扩展应用可能需要十年或更长的时间,在物联网这一存在巨大潜在商业价值的技术的发展应用中,应该在正确认识它的基础上,努力在边缘网设计、物体的标示与识别、中间件技术、跨媒介优化协议设计和技术标准化方面做深入的研究工作,力争使我们在物联网的发展应用上拥有更多的话语权和更大的技术优势。

参考文献:

- [1] CASAGRAS-Final Report:RFID and the Inclusive Model for the Internet of Things[R/OL]. 2010. <http://www.rfidglobal.eu/userfiles/documents/Final Reports.pdf>.
- [2] CASAGRAS an EU Framework 7Project. CASAGRAS and Internet of Things - Definition and Vision Statement Agreement, CASAGRAS-Defining the Internet of Things[EB/OL]. (2006-02)[2011-01]. <http://www.rfidglobal.eu/userfiles/documents/CASAGRAS26022009.pdf>.
- [3] European Research Projects on the Internet of Things (CERP

(下转第203页)

3.5 指定路径运动

在本系统中,小轿车在小镇中随意穿行,可以通过基本模块 Pathings 和 Navigators 来设置固定路径,使得小轿车沿着固定路径(如公路)行驶,增加虚拟场景的真实感。由于 Vega 中 Pathtool 工具本身存在很多 Bug,这个功能实现起来有一定的难度。

3.6 增加交互性

本系统只有简单的交互功能,在未来的工作中,应增加系统的交互性。从而增加系统的真实感,提高用户的临场感。

4 结束语

文中在介绍 Vega 软件的基础上,详细介绍了虚拟小镇漫游系统的设计,并对本系统存在的问题和需要进一步完善的地方进行了阐述。对进行虚拟现实系统开发的科研人员具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 李文,马纯永,刘寿生,等.虚拟城市仿真平台日照分析方法的研究和实现[J].计算机技术与发展,2010,20(11):189-196.
- [2] 肖甫,王汝传,孙力娟.多关联性虚拟现实系统的设计与实现[J].计算机技术与发展,2009,19(12):36-39.
- [3] 涂超.虚拟现实真实感树木的实时绘制[J].计算机技术与发展,2009,19(6):206-209.
- [4] 张占军,程行甫,柳平,等.电台三维虚拟维修仿真系统的研究[J].计算机技术与发展,2011,21(2):250-253.
- [5] 刘巧红,单贵.粒子系统在虚拟校园中的应用研究[J].计算机技术与发展,2011,21(2):246-249.
- [6] Aylett R, Louchart S. Towards a narrative theory of virtual reality[J]. Virtual Reality, 2004, 7(1):2-9.
- [7] Nasios K. Improving chemical plant safety training using virtual reality [D]. Nottingham, UK: University of Nottingham, 2001.
- [8] 杨利明,王培俊,王文静,等.基于Vega-MultiGen实验中心虚拟漫游[J].计算机技术与发展,2010,20(4):240-242.
- [9] 李明,汪峥.基于Creator/Vega Prime的单元生产系统虚拟现实仿真[J].计算机技术与发展,2011,21(1):197-201.
- [10] 王乘,李利军,周均清. Vega 实时三维视景仿真技术[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [11] 董卓蓉. Vega 程序设计[M]. 北京:国防工业出版社,2002:68-73.
- [12] MultiGen Paradigm, Inc. Creating Models for Simulations[M]. USA: MultiGen Paradigm, 2003.
- [13] 周志永,韩勇,李文庆,等.虚拟海洋环境中碰撞检测的研究与实现[J].计算机技术与发展,2011,21(4):25-28.
- [1] 李文,马纯永,刘寿生,等.虚拟城市仿真平台日照分析方法的研究和实现[J].计算机技术与发展,2010,20(11):189-196.
- [2] 肖甫,王汝传,孙力娟.多关联性虚拟现实系统的设计与实现[J].计算机技术与发展,2009,19(12):36-39.
- [3] 涂超.虚拟现实真实感树木的实时绘制[J].计算机技术与发展,2009,19(6):206-209.
- [4] 张占军,程行甫,柳平,等.电台三维虚拟维修仿真系统的研究[J].计算机技术与发展,2011,21(2):250-253.
- [5] 刘巧红,单贵.粒子系统在虚拟校园中的应用研究[J].计算机技术与发展,2011,21(2):246-249.
- [6] Aylett R, Louchart S. Towards a narrative theory of virtual reality[J]. Virtual Reality, 2004, 7(1):2-9.
- [7] Nasios K. Improving chemical plant safety training using virtual reality [D]. Nottingham, UK: University of Nottingham, 2001.
- [8] 杨利明,王培俊,王文静,等.基于Vega-MultiGen实验中心虚拟漫游[J].计算机技术与发展,2010,20(4):240-242.
- [9] 李明,汪峥.基于Creator/Vega Prime的单元生产系统虚拟现实仿真[J].计算机技术与发展,2011,21(1):197-201.
- [10] 王乘,李利军,周均清. Vega 实时三维视景仿真技术[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [11] 董卓蓉. Vega 程序设计[M]. 北京:国防工业出版社,2002:68-73.
- [12] MultiGen Paradigm, Inc. Creating Models for Simulations[M]. USA: MultiGen Paradigm, 2003.
- [13] 周志永,韩勇,李文庆,等.虚拟海洋环境中碰撞检测的研究与实现[J].计算机技术与发展,2011,21(4):25-28.

(上接第198页)

- IoT) Strategic Research Agenda (SRA). Internet of things-strategic research roadmap[EB/OL]. (2009-09-15)[2010-03-15]. http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/in_cerp.pdf.
- [4] 温家宝. 2010年政府工作报告[R/OL]. 2010-03-15. http://www.gov.cn/2010lh/content_1555767.htm.
- [5] SAP Research. Internet of Things: An Integral Part of the Future Internet[EB/OL]. (2009-05)[2011-01]. http://services.future-internet.eu/images/1/16/A4_Things_Haller.pdf.
- [6] Atzori L, Iera A, Morabito G. The Internet of Things: A Survey[J]. Computer Networks, 2010, 54(15):2787-2805.
- [7] Association Institutes Carnot-White Paper: Smart Networked Objects and Internet of Things V1.1[EB/OL]. 2011-07-01. http://www.institut-carnot.eu/files/AiCarnot-White-Paper-Smart_Networked_Objects_and_Internet_of_Things.pdf.
- [8] 岳善勇,张玉波.物联网:人与物理世界的智慧交流-访国务院发展研究中心国际技术经济研究所陈宝国博士[J].中国自动识别技术,2010(2):49-52.
- [9] 孙其博,刘杰,黎彝,等.物联网:概念、架构与关键技术研究综述[J].北京邮电大学学报,2010,33(3):1-9.
- [10] Dohr A, Modre-Oprian R, Drobits M, et al. The Internet of Things for Ambient Assisted Living[C]//ITNG'10 Proceedings of the 2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations. Las Vegas, Nevada, USA: [s. n.], 2010:804-809.
- [11] 宁焕生,徐群玉.全球物联网发展及中国物联网建设若干思考[J].电子学报,2010,38(11):2590-2599.
- [12] 王保云.物联网技术研究综述[J].电子测量与仪器学报,2009,23(12):1-7.
- [13] 蒋林涛.互联网与物联网[J].电信工程技术与标准化,2010(2):1-5.
- [14] 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.
- [15] Zou Junwei, Wu Yuexin, Zhang Xiaoying. An Open Architecture for Converged Internet of Things[J]. China Communications, 2011, 18(1):151-155.
- [16] Song Zhexuan, Cardenas A A, Masuoka R. Semantic Middleware for the Internet of Things [C]//Internet of Things (IOT). Tokyo: [s. n.], 2010:1-8.
- [17] Katasonov A, Kaykova O, Khriyenko O, et al. Smart Semantic Middleware for the Internet of Things [C]//Proceedings of ICINCO-ICSO 2008. [s. l.]: [s. n.], 2008:169-178.
- [18] 甘勇,郑富娥,吉星,等. RFID 中间件关键技术研究[J].计算机技术与应用,2007(9):130-132.