

物联网丛书

物联网系统

INTERNET OF THINGS - ARCHITECTURE

杨震 毕厚杰 王健 胡海峰 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

物联网丛书

物联网系统

杨 震 毕厚杰 王 健 胡海峰 编 著



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

对应于信息化时代的到来,本书系统地阐述了物联网的由来及其发展,较详细地阐明了物联网软硬件系统,指出了亟待解决的问题及展望。着重介绍了我国物联网产业化及商业模式。本书可供有关技术人员和高校师生的科研和教学参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

物联网系统/杨震等编著.--北京:北京邮电大学出版社,2012.4

ISBN 978-7-5635-2892-9

I. ①物… II. ①杨… III. ①互联网络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 016478 号

书 名:物联网系统

著作责任者:杨震 毕厚杰 宝健 胡海峰 编著

责任编辑:孔玥

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:12.25

字 数:266千字

印 数:1—3000册

版 次:2012年4月第1版 2012年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-2892-9

定 价:26.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

《物联网丛书》编委会

主 编 杨 震 毕厚杰

编 委 沈苏彬 杨 庚 宗 平

吴 蒙 王 健 胡海峰

前 言

19世纪中叶,在蒸汽机基础上,人类出现了机械化社会;过了半个世纪,出现了电气化时代,生产力明显地提高;20世纪70年代开始,出现了个人计算机,从此人类步入了信息化时代。信息化时代的到来,促进了全球一体化,促进了生产力进一步高速发展,使人类适应自然界的能力大大加强,人们的必须劳动时间大大减少,自由支配时间大大增加,人们开始进入全面自由发展的时代。信息化时代到目前为止,已经经过了二次高潮:计算机网,互联网被人们称为信息网发展的第一、第二次高潮。

现在,又进入物联网的发展时期,人们称之为信息网发展的第三次高潮。物联网使信息的接通范围由人与人之间,扩大到人与物之间、物与物之间,不仅其范围显著扩大,而且其内容较之传统互联网也大大地丰富,可以预期,其通过的信息量将远远超过互联网。

在这样的背景下,我们编著了这一套有关物联网的丛书,主编为杨震、毕厚杰。本书作为丛书的第一本,较系统深入地阐述了物联网的由来及其发展。阐述了其发展历史,较详细地叙述了物联网的体系、节点、数据处理、相关协议、标准化进展等;还着重介绍了我国物联网产业技术及商业模式,指出了物联网中亟待解决的问题及展望。

后续丛书还将分别出版以物联网的关键技术和理论,物联网的应用为主题的内容。

本书的第1、2章由毕厚杰、王健撰写,第3、4、5章由杨震、胡海峰撰写,第6章由毕厚杰、王健撰写。

本书可供有关科技人员、高校师生作为教学、科研参考用书。由于物联网技术和应用正在不断发展,而且我们的水平有限,欢迎广大读者不断指出该书存在的问题和不足,以便不断改进和完善。

编著者

目 录

第 1 章 物联网的意义、由来和发展	1
1.1 什么是物联网?	1
1.2 物联网的应用价值	1
1.2.1 传输和物流	3
1.2.2 健康保护	3
1.2.3 智能环境领域	4
1.2.4 个人和社会领域	4
1.2.5 未来的应用领域	5
1.3 物联网的定义及其各种形式	5
1.3.1 面向“物体”的形式	6
1.3.2 面向“互联网”的形式	7
1.3.3 面向“语义”的形式	7
1.4 物联网的由来及发展	7
1.5 传感器网络、物联网、互联网和泛在网络的关系	8
本章参考文献	8
第 2 章 物联网的体系和组成	11
2.1 物联网的体系	11
2.1.1 物联网的体系结构	11
2.1.2 物联网体系结构的感知、传输、处理与反馈	12
2.1.3 单层物联网体系	13
2.1.4 多层物联网体系	13
2.2 物联网的节点	14
2.2.1 WSN 和 WMSN 节点特点	14
2.2.2 传感器节点硬件结构	15
2.2.3 传感器的节点实例简介	18
2.3 物联网的数据处理技术	24
2.3.1 中间件技术	24
2.3.2 云计算简介	25

2.3.3 物联网中数据挖掘和融合	27
2.4 物联网的网关简介	28
本章参考文献	30
第3章 物联网技术及相关协议	32
3.1 概述	32
3.1.1 物联网感知层的技术和协议	32
3.1.2 物联网传送层的技术和协议	33
3.1.3 物联网应用层的技术和协议	33
3.2 ZigBee 协议及相关技术	34
3.2.1 ZigBee 的由来	34
3.2.2 ZigBee 技术概述	34
3.2.3 ZigBee 技术在物联网中的应用	42
3.3 RFID 协议及相关技术	45
3.3.1 基于 RFID 的物联网结构	45
3.3.2 RFID 技术概述	46
3.3.3 EPC 无线通信协议	50
3.3.4 RFID 技术的应用	54
3.3.5 RFID 技术应用前景	57
3.4 无线传感器网络的相关协议	58
3.4.1 物理层协议	59
3.4.2 WSN MAC 协议概述	62
3.4.3 网络层路由协议	68
3.4.4 研究发展方向	76
3.5 IPv6 协议	77
3.5.1 IPv6 与物联网	77
3.5.2 IPv6 技术概述	80
3.5.3 应用前景展望	88
本章参考文献	91
第4章 物联网的标准化进展	95
4.1 引言	95
4.2 物联网标准化现状	97
4.2.1 物联网总体架构的标准化	97
4.2.2 物联网感知层的标准化	98

4.2.3 物联网传送层的标准化	104
4.2.4 物联网应用层的标准化	109
4.3 国内外物联网标准化活动现状	110
4.3.1 国外物联网标准化活动现状	110
4.3.2 国内物联网标准化活动现状	111
4.4 物联网标准化活动发展趋势	118
本章参考文献	119
第5章 我国的物联网产业、技术和商业模式	121
5.1 我国物联网发展分析	121
5.1.1 我国物联网发展历程	121
5.1.2 我国物联网发展概况	124
5.1.3 我国物联网产业发展	126
5.2 我国物联网市场分析	133
5.2.1 总体市场发展分析	133
5.2.2 应用市场发展分析	134
5.2.3 产业链各环节市场发展分析	136
5.2.4 产业规模分析	140
5.3 物联网产业技术体系分析	146
5.3.1 物联网产业链构成及发展	146
5.3.2 物联网技术链体系设计	148
5.3.3 物联网四核星型技术链图谱	151
5.3.4 物联网技术链成熟度分析	162
5.4 物联网产业投资分析	166
5.4.1 我国物联网产业发展前景分析	166
5.4.2 物联网产业发展的制约因素分析	168
5.4.3 物联网产业投资策略研究	169
5.5 物联网商业模式现状与创新	170
5.5.1 商业模式的界定	170
5.5.2 我国物联网商业模式创新	171
5.6 我国物联网产业发展政策建议	173
5.6.1 物联网产业发展难点	173
5.6.2 发展战略政策建议	174
5.6.3 构建物联网有效商业模式的政策建议	175
本章参考文献	178

第 6 章 物联网亟待解决的问题与展望	179
6.1 概述	179
6.2 标准化活动	180
6.3 地址和网络化	181
6.4 安全和隐私	183
本章参考文献.....	185

第 1 章 物联网的意义、由来和发展

1.1 什么是物联网？

众所周知,互联网由于其标准的统一,结构的简单,已广泛应用于多个领域,它能向人们提供多种信息,能方便地进行人与人之间的通信,但从根本上来说,这些通信对象可以是真实的,也可以是虚拟的。虚拟的通信对象使得互联网面临着安全性、隐私性等诸多问题。

在真实的世界中,存在着许多人,也存在着大量的动物、植物、矿山、森林等物体,在这样的环境中,不仅人与人之间需要通信,需要交换信息,人们还希望感知其周围的物理的多种信息,例如,环境的温度、湿度、光线、二氧化碳含量、污染情况,等等,以便改进人们的生活条件。于是呈现在人们面前的将是一个人与人之间、人与物之间、物与物之间的相互通信的信息网络,它们能通过该网络中唯一的地址(当然,不是现在的 IPv4 地址,它已经不够用了)相互作用,相互交换信息。最终目标是人们能更好地、和谐地生活在这个全球化、信息化的地球上。这个网络一般被称为“物联网”(Internet of Things, IoT)。

稍具体地说,如果一个信息网络的物体附近存在大量的传感器节点,人们可以方便地在远离节点的地方,通过该信息网络感知这些真实物体的信息,这个网络就可称之为物联网。它由真实的物体、其附近的传感器节点,以及通信网络等组成。

由此可见,虽然互联网和物联网都是信息网络,但前者的通信对象可以是虚拟的,而后者则是真实世界中的真实物体,这是两者根本的区别。后者的信息内容要广泛得多,它们的通信对象可以是在任何时间、任何地点的任何物(包括人)。

1.2 物联网的应用价值^[18]

物联网可应用于多个领域。从个人应用看,物联网最引人注目的应用是工作和家庭。由于物联网能提供有关工作和周围环境的信息,使个人工作效率明显提高;由于物联网可提供家庭有关信息,使家庭更安全、更舒适。远程医疗、个人健康监护、远程教学已成为广泛应用的实例。从产业链看,物联网可广泛应用于工业自动化生产,智能电力供应和管理,农产品生产自动维护和管理,食品、物品在运输存储中的质量管理,等等,这些功能呈现给人们的是一派无比美好的前景。

图 1-1 给出了物联网的应用分布图,物联网(IoT)在运输、物流、家庭、安全、工业、农业、林业、石化、气象、电力、水务、移动 POS、环保、消防、医疗、遥感、矿业,以及军事等多

个方面都有着丰富多彩的应用。

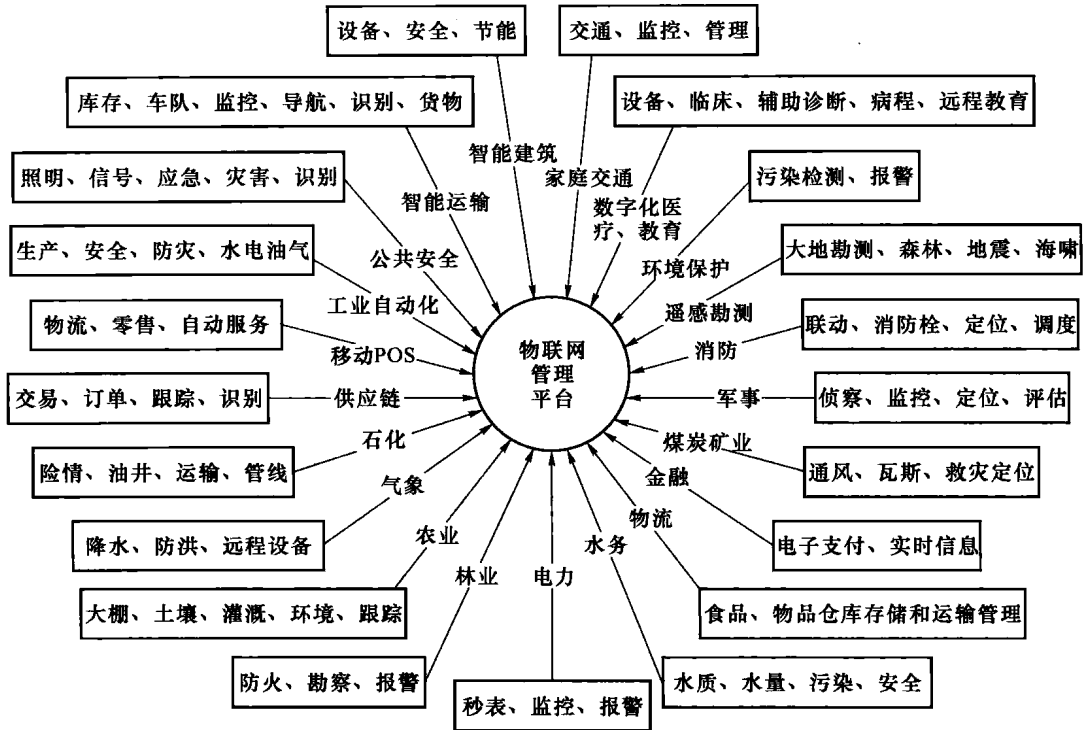


图 1-1 物联网的多种应用

根据物联网的应用领域,可以将上述应用归纳成五类,如图 1-2 所示。

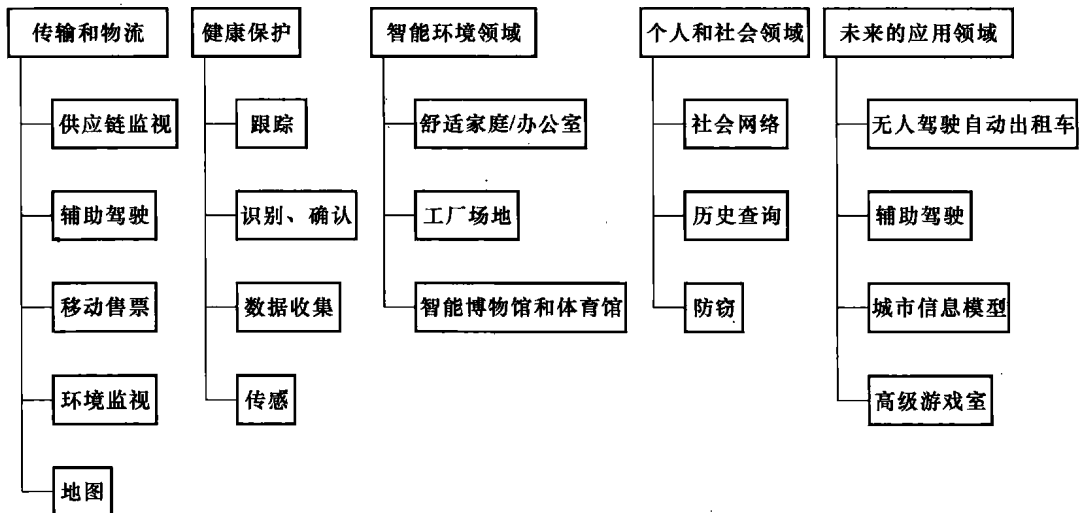


图 1-2 物联网的应用领域

1.2.1 传输和物流

目前在马路上、铁路上行驶的汽车、火车、公交车等正在日益变成这样的设备,它们往往带有传感器、执行器,并具有通信和信息处理能力。道路本身和被传递的货物也装有标记器和传感器,它们把重要信息传送到交通控制中心和传输中的车辆,以便更好地为人们提供交通路由,帮助民航管理中心提供旅游所需适当的传输信息,监视被传送的货物的状态,等等。下面举些具体例子进行说明。

(1) 产品供应链的实时监视和信息反馈

基于电子标签(Radio Frequency Identification,RFID)技术和近距离通信技术(Near Field Communication,NFC)的实时信息处理技术,可实现产品供应链的每个链的实时监视,包括从日常用品的统计、原始材料的购买、产品(成品和半成品)的生产、传输、存储、销售以及售后服务的信息反馈等。企业能够实时完整地获得有关产品的信息,使其能在最短时间内获得市场可能变化的信息和应用的结果。现代企业由于使用这些技术仅需几天,而且能做到零库存^[19,20],而传统企业从用户需求到日用产品的供应则需120天。

(2) 辅助驾驶

如果汽车、火车、公交车,以及马路、公路和铁路等都装有传感器,执行器和具有通信和信息处理能力的设备,就能向驾驶员和(或)乘客提供重要的导航信息和安全信息。其中,碰撞防止系统和危险品监视是安全的典型功能。当道路出现拥挤和堵塞,以及偶发事件时,辅助驾驶可帮助驾驶员找到正确的行驶路径。运输公司如能执行更有效的优化路由,可使汽油得以节省。移动车辆传送食品时,如能由物联网获知食品形式和状态,则可得到食品的传送延迟时间、保险状态等重要信息。

(3) 移动售票

点击移动电话的人机交互指示,可得到相应所需的若干菜单目录,给出业务站点、客户数目、业务类型、业务价格等有关信息,并购得所需业务的飞机票、火车票和汽车票,并可预订宾馆房间等。

1.2.2 健康保护

跟踪的目的是对运动中的人与物的识别。如对医院中病人流的跟踪,对财务清单的连续跟踪,对外科手术时使用的血液、材料的跟踪。

识别和确认也是健康保护中常用的,如对药品品种、用量、服药时间、服用程序的确认,还有对电子医疗记录的确认,医院中婴儿的识别和防止出错的确认,对重要仪器的识别与确认等。

自动数据收集和传送,如远程电子医疗,可减少疾病处理时间,减少病人往返时间,监视病人是否服从医疗团队的医疗方案,向病人发出警告等,利用不同传感技术和远程病

人监视系统可诊治任何地方的病人。

1.2.3 智能环境领域

(1) 家庭和办公室

分布于家庭和办公室的传感器和执行器,使人们的生活和办公更舒适,室温可随着人的出现、气候变化而自动调节;室内光线可按一天的不同时间而自适应地变化;监视和告警系统,避免突发事故;电器设备不需用时可自动关掉,以节约电能;按不同时间启用电力,以节省电费;等等。

(2) 工厂

利用电子标签(RFID),可使合格部件自动进入流水线下一程序,否则就利用机器人剔除该部件。工厂管理人员凭借企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)平台对生产过程,设备状态进行系统管理,以便企业合理调配资源,最大化地提高生产效率。

1.2.4 个人和社会领域

该领域中物联网的应用,主要是使用户与其他有关人员进行互通,以维持和适应和谐的社会关系。物联网中的用户会自动触发消息并传递给一些朋友,让他们知道自己正在做什么,或过去已经做了些什么,例如,正在家、正在办公室、正在旅游、正和朋友见面、正踢足球,等等。

(1) 社会网络

该应用与自动修改在 Web 入口上的人们社会活动信息有关,人们可利用 RFID,使它产生关于人、物的事件,给出其在社会网络中的实时修改,并载入网络化的网站上,应用用户的接口,于是可显示事件的反馈,即其朋友已准备好做些什么。用户可控制其朋友名单,以及什么事件应告诉哪些友人,等等。

(2) 历史查询

关于物体和事件数据的历史查询是很有用的,它可让用户掌握这些活动的时间变化趋势,这对支持长期的商业项目和合作是很必需的。例如,谷歌的历史记录和显示的每天的数字应用就可提供日后的精读。历史趋势曲线可以用谷歌 Chart Tools 自动产生以回答何时、何地、何人、如何完成哪些项目等。

(3) 防窃

用户通过物联网可知道严格限制区域中的某些贵重物体被移动过了,这往往表明物体正被偷窃。该事件必须立即自动发短信告知用户本人或关闭保险门。这些物品可以是笔记本式计算机、挂壁上的重要设备、贵重的装饰品等。

1.2.5 未来的应用领域^[21]

(1) 无人驾驶自动出租车

在未来城市中,将出现许多自动出租车,它可提供及时、高效的服务,从而大大减少城市中交通阻塞现象。它们自动寻找最佳路由,以最快最安全速度到达指定的目的地,用户的位置会自动地被跟踪;用户可利用移动电话或手势向路边打招呼,用户只需指向街边的带有传感器的地图,指出在某一特定时间到达某一位置,该自动出租车就会自动编成相应的交通程序,并按时把用户送到目的地。

(2) 城市信息模型(City Information Model, CIM)

一个城市的信息模型是基于这样的概念:每一建筑物和市区结构,例如,步行街、环形路,以及重要应用基础设施,如铁路线、公交线路等,被连续地由政府有关部门监视,并可通过一系列应用编程接口(API)被第三方所应用,用户的管理业务与 CIM 平台相互通信,从而以最有效的价格,共享资源、共享能量。他们相互自动交换过剩的能量,价格则按供应点需求相适配的原则被计算。每一项的业务性能被实时地向 CIM 报告,并相互比较。在这个意义上,计划和设计是一个进行中的社会过程。在此基础上,可推出城市最佳总体性能、总体效率。

1.3 物联网的定义及其各种形式

物联网有多种定义,本章文献[1]给出了确定的定义:“物联网是通过信息传感设备,按约定的协议实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络,其主要特征是通过射频识别、传感器等方式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,从而提高对物质世界的感知能力,实现智能化的决策和控制”。当然,这里指的互联网并不是目前的互联网,而应在地址、规模、安全性、质量保障等方面有明显提高的下一代互联网。

IoT 从字面意思上看,一个是“面向网络”的,另一个是“面向物体”的,这二者放在一起,IoT 就意味着是一个互相连接的、大量的不同物体在世界范围内构成的网络。这些物体都具有基于标准规程^[2]的唯一地址。

物体的大量地址如何表示,相互交换信息,如何存储和进行,成为最具挑战性的问题。于是直接带来了 IoT 的第三个“面向语义”的定义。

图 1-3 则把 IoT 看成为这三个“面向”形式的融合的结果,它对 IoT 的形式作了技术标准的综述和分类。

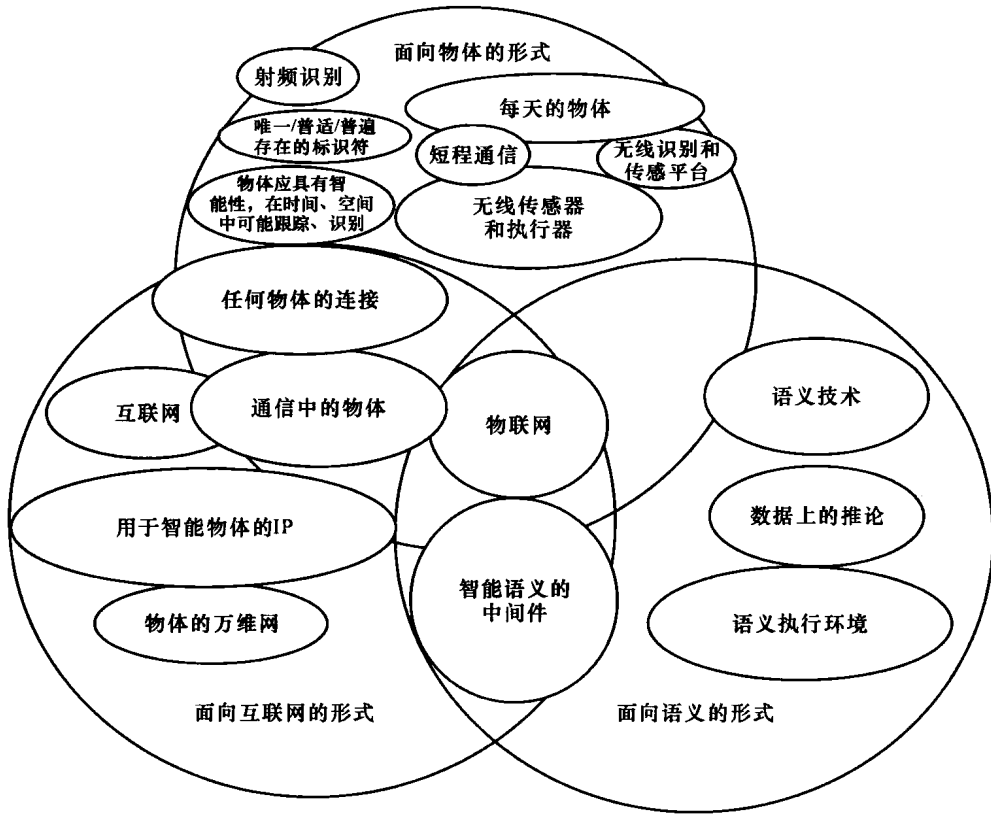


图 1-3 物联网是不同形式网络综合的结果

1.3.1 面向“物体”的形式

这里的物体可以是十分简单的物品,每个物体可带有电子标签或射频识别(RFID)。RFID与电子产品码(Electronic Product Code, EPC)一起,构成了可用于IoT的EPC global体系^[3,4],用于全球的物联网的物体识别。这个EPC global标准可描述物体的状态和位置,这是使物联网得以充分利用的一个关键部分,但不是唯一的部分。

从更广的意义上说,IoT除了RFID EPC global系统,另一个UID体系也已被提出^[5],Sakamura认为:以RFID为中心是对的,确实是主要的,RFID着重于物体可能跟踪和可寻址,但要设法使IoT中的物体的全球可视性更完备些。Presser则认为,短程通信(NFC)和无线传感器以及执行网络(WSAN)与RFID一起,被认为是连接真实的数字世界的自动分量,我们的目标是开发诸如无线识别和传感平台(WISP)。

联合国的一份建议提出“一个新时代正来临,人将变成产生和接收信息流的少数,而在互联网中每天的物体(Everyday Objects)则成为主要的”^[3]。

Sterling^[8]提出了Spime(Space time)的概念,即“物体应增强其智能性。物体能在其

寿命期内通过空间和时间被跟踪,并将是可持续的、可增强的和唯一可识别的”。虽然十分理论性,但 Spime 的定义找到了所谓智能物体(Smart Object)在真实世界中的具体实现。

ITU 对物联网的定义为:“通过在各种各样的日常用品上嵌入一种信息传感装置,如射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描仪等,将它们与互联网相连,使我们在信息与通信的世界里获得一个新的沟通维度,将沟通从任何时间、任何地点、任何人之间的沟通连接,扩展到人与物、物与物之间的沟通连接”。

欧盟对于物联网定义为:“为了在社会、环境和用户中相互连接和通信,应在智能空间中,利用智能接口后,使物体可以被识别和具有虚拟个性”^[2]。

1.3.2 面向“互联网”的形式

为了使互联网规程成为连接世界上智能物体(Smart Object)的网络技术,2008年9月,25家前沿性公司成立了一个 IPSO(IP for Smart Object,用于智能物体)联盟^[10]。按 IPSO 的建议,IP 堆栈应是一个轻型规程,它连接大量有电池供电的嵌入式通信设备,并运行于 tiny 操作系统,使其保证 IP 具有使物联网成为一个实体的质量。根据 IPSO 的白皮书可知,只需通过一个合理的 IP 自适应性,可把 IEEE 802.15.4 融入 IP 体系中,从 6 Lo WPAN^[11]的观点看,物联网的充分利用将自动地被实现。

互联网^[11]则是一种减少 IP 堆栈的复杂性的方法,它可获得设计与跟踪“IP 于任何物体”的规程。根据 IPSO 和互联网方法,物联网将可通过对现有 IP 的简化,使其自适应于任何物体,并使这些任何物体位置是可寻址的和可到达的。

1.3.3 面向“语义”的形式

由前述可见,物联网的面向“语义”形式是可以应用的^[12-16]。由于未来互联网中物体的数目将变得非常大,因此,如何表示、存储、互连、搜索和组织由物联网产生的信息将变成一个十分具有挑战性的问题。于是,语义技术就可能扮演一个关键的角色。事实上,对物体的描述、由物联网产生数据的理由、满足物联网需求、可扩展存储及通信结构的语义执行的环境和体系,都可开发适当的模型化方案解决^[14]。

还有,与物联网有关的进一步的形式有所谓的“物体的万维网”(Web of Things),按这种形式,Web 标准被再利用于连接,和综合到包括一个嵌入式设备或计算机的所谓的 Web 每天生活(every-day-life)的物体中^[17]。

1.4 物联网的由来及发展

1995年,比尔·盖茨在他的著作《未来之路》中,首次提出世界上多个事物均将连接到信息高速公路中。

1999年, EPC global 全球电子产品编码联盟与 100 多家企业成立 IoT 联盟。2003年,世界上第一本以物联网为名称的书为 *Das Internet der Dinge*^[15] 问世。

2005年,国际电联(ITU)发布了《ITU 互联网报告 2005:物联网》,指出:无所不在的“物联网”通信时代即将来临。

2009年8月,温家宝总理视察无锡,提出“尽快建立在中国的感知中国中心”。

2010年11月29日至12月1日,在日本东京召开了全球“Internet of Things 2010 Conference”。

综上所述,物联网已不再是一个概念,而正在逐步向标准化、应用方面发展。有一个概念正在逐渐浮起,即物联网的标准化是作为未来互联网标准化的一个部分。这个断言是欧洲关于物联网的 RFID 项目(CERP-IoT)最近提出的。因此,把不同物体综合到更广泛的网络中,不论移动或固定网络,将实现与未来互联网的互连互通^[16]。

1.5 传感器网络、物联网、互联网和泛在网络的关系

最后,简述一下物联网与无线传感器、互联网、泛在网络之间的关系。

传感器网络包括传感器,以及短程通信网,实际上只是传感单元的延伸,它不一定连接到公用通信网络。

物联网则包含各种不同的传感单元,诸如 RFID、激光扫描器、GPS、传感器等,一般认为为了实现远程的感知信息,它应包括公用或专用通信网络。于是物联网可实现人与人、人与物、物与物之间的远程通信。传感器网络只是物联网的子集。

至于泛在网,它着重于若干异质网络之间信息的互连与通信。它支持的通信,其方式不仅仅是人与人,而且有物与物、人与物之间的通信。根据 ITU 的定义,泛在网应具有对人与物的接入业务与通信能力,而且可在任何地方、任何时间,以任何方式接入业务,并且其技术限制是最小的。

可见泛在网包括了物联网和传感器网。

至于物联网与互联网的区别,正如前述的,前者通信对象是具体物体的物理世界,而后者可以是虚拟的。

本章参考文献

- [1] 江苏省人民政府. 江苏省物联网产业发展规则[Z]. 2010.
- [2] INFSO D. 4 Networked Enterprise& RFID, INFSO G. 2 Micro& Nanosystems in co-operation with the WORKING GROUP RFID OF THE ETP EPOSS. Internet of Things in 2020, Roadmap for the future[R]. 2008, 1(1).
- [3] Auto-Id Labs[EB/OL]. <http://www.autoidlabs.org>.