

物联网与传感网 工程实践

范茂军 主 编
张 丽 刘晓为 副主编

- ★ 以直观与感性为着手点，让读者认识到物联网即物流与电子信息流融为一体的有针对性的服务网络
- ★ 主要内容涉及物联网技术的基本原理、系统组成、关键技术、典型案例等
- ★ 由业内多名专家精心打造，化繁为简，集专业知识与实践内容于一体
- ★ 专业类入门书籍，为读者解决工程实际问题奠定一定的基础



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

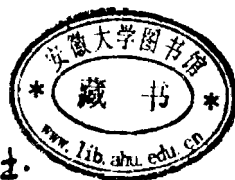
<http://www.phei.com.cn>

物联网与传感网工程实践

范茂军 主 编

张 丽 刘晓为 副主编

卜雄珠 付敬奇 孙为民 于梅芳 丁 群
施云波 段成丽 周晓宁 齐久成 高鹏麟 参 编
雷 垒 李明云 张新忠 唐 洁 王勃然



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

为了给物联网的参与者和初涉信息技术应用的年轻工程师们提供一个较为简单的系统知识结构和专业技术构成的入门类书籍,本书把基本知识和应用实践案例等联系在一起,主要内容包括物联网应用技术,物联网中物体的标记、定位与时间同步,物体信息传输网络与要素控制,物体特征数据的传输与路由,物联网与传感网中故障诊断、容错、修复与安全,无线传感网的设计与测评,传感网与物联网的服务管理与应用等。

本书适用于物联网的参与者和初涉信息技术应用的工程师们,以及对物联网感兴趣的读者,也可作为高等院校物联网工程专业以及电气信息类专业的本科生、研究生教材和教学参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

物联网与传感网工程实践/范茂军主编. —北京:电子工业出版社, 2013.3

ISBN 978-7-121-19819-9

I. ①物… II. ①范… III. ①互联网络—应用 ②智能技术—应用 ③无线网 IV. ①TP393.4 ②TP18
③TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 048387 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:李 洁 齐 岳

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:18.5 字数:408.8 千字

印 次:2013 年 3 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

P R E F A C E

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，对于许多非专业人员很难用简单的语言表述它是什么样的技术。为了使读者，尤其是初学者，尽快掌握其内涵及在工程中的实现方法，本书从直观的感性知识角度入手，让读者认识到物联网就是物流和电子信息流融为一体的有针对性的服务网络。也可以简单地说，实现这样的信息服务网络主要解决四个问题：人与物、人对人、物对物之间的信息交流，以及各种需求的配送与交换。现有的各种网络技术体系更多地体现了服务和信息交流，这就是现阶段的物联网。

对于学习物联网技术的人们来说，只有了解它的基本原理、系统组成、关键技术、典型案例等问题，才能较全面地掌握其系统知识。为帮助非电子信息类的毕业生、工作不久的工程师及非电子信息类的成熟工程师了解物联网的基本理论和工程实现所涉及的基本技术。本书用了较大篇幅讲解了物联网工程实现中所涉及的基本理论、概念。中间部分介绍了传感网、物联网技术和面对应用的服务等技术。从对象之间的时间、空间关系出发，根据人们对物联网的要求，将人与人、物与物、物与人之间的联络和服务联系在一起。从人们在任何时间、地点的各种需求都能被及时满足的角度出发，将各种需求与现有的技术和网络相结合。从互联网、物流网、远程教学、远程医疗、网上购物、网上交友等信息技术现实的应用等方面，让人们感受到物联网技术已融入到我们的生活之中。

在物联网中，随着新技术的不断加入，工程实现中必须考虑将许多新的软件和硬件更新到应用终端中，以满足用户对服务不断增长的需求。如果站在服务与被服务的角度来看，物联网所涉及的信息技术除了经典的三大关键技术，即信息采集——传感器技术、信息传输——有线无线通信及网络技术、信息处理——计算机与信息处理技术外，更多的是信息处理方面的内容和面向对象的服务。

从技术层面来看，这种服务的网络，面对各种需求引发的信息，其数据量几乎以每年一倍的速度增长。在硬件方面，全球生产的存储器几乎都用到了这类商业服务之中；在软件方面，随着这种快速增长的需要，各种应用工具和管理软件应运而生。计算机走向了超大存储，大数据提出了云计算，这些都是在物联网概念产生之前就已经孕育出来的。再

如应用中的软件问题：大数据处理和服务带来的应用和技术问题；服务中的软硬件结合的问题；大数据存储、分发与路由，分布式存储与信息处理等问题。今天人们常用的分布式处理和嵌入式技术、中间件到“云计算”为解决大数据的处理与信息汇聚提供了技术发展的支持；网络与通信中的有线无线传输，使电信运营商变成物联网的网络层；传感器与信息采集系统，成为传感网和感知层。尤其在感知的概念下，传感器和传感网更成为人们热议的话题。

从服务信息交换过程看，首先要获得对象的相关信息，通过传感器和汇聚结点组成的传感网，将信息传送到公共网络上，再由公共的网络——通信和网络，进行远距离传送、分发、交换，最后将众多的信息传送到信息处理中心——计算机，由计算机进行计算处理，物联网的服务商再将这些信息汇聚、存储、分类、归并，按用户的需要，分发传送给各个用户，为他们提供所需的各种信息服务。服务是物联网的最大特点，人们随时就能直接体会到谷歌、百度、维基解密等网站提供的信息服务，享受到物流公司提供的将在线购买的产品送到客户手中的服务，以及其他可通过网络实现的各种服务。而且，很多服务网站甚至可以跟踪我们的生活习惯，将我们每天上网观看的信息整理汇总、分析，当我们再次输入自己关心的词汇时，网站就会马上提供给我们相关的内容和链接。物联网的应用就在人们身边，并且相关技术还会不断进步与发展。

物联网是电子信息技术的应用，它会为人们提供所需要的数据和信息。利用档案技术建立日志、目录的方法，可以实现对所有信息的建档和检索。利用无线传感网和移动互联网技术实现的物联网信息服务技术，使网络应用从原来的信息资源由网络拥有者提供，变为网络信息资源可由使用者和拥有者共同提供，这就是物联网的技术特点之一。现在，人们只要将需要的服务和内容的关键词输入到搜索引擎中，各种信息就可被检索到。如果需要深度服务，可将它们汇聚一起，再通过后台的服务器及软件，筛选出人们所需要的内容。

随着物联网应用规模的扩大，数据存储、处理与服务必然会遇到大数据问题。大量用户同时使用，必然会出现因数据流量引起的冲突并发等问题。因篇幅限制，本书对此只做了简要的介绍，相关内容可参考更专业的书籍。最常见的数据汇聚方法，就是利用爬虫工具将想搜索的各种信息，通过引擎和对象特征在网上的数据和信息，“爬”到需要的资源数据库中。通过分类、排序为用户及时提供来自各方的信息，并完成数据的汇聚和提炼。

物联网中有关数据创造、连接和更新等问题，如对物体的语音与图像识别等，都是建立在传感和数据处理之上，通过统计与运算的技术方法实现的。物联网应用系统所涉及的技术，多是现有的电子技术，其产品形态就是现有的和正在开发的电子产品。现阶段具有代表性的产品就是智能手机，它就是物联网系统中的多功能终端的一种典型代表。

在物联网工程实践中，初学者能够尽快掌握主要技术是关键。本书编者多是来自教学和工程实践一线的专家、教授和工程师。在他们的精心提炼下，将分散复杂的相关知识归

纳成 7 个章节来向读者介绍。由于各校的教学重点不同,专业目标不同,教师可根据各自的教学计划有选择地进行讲解。

对于学生和初学者来说,可从应用实践案例等入手,从繁杂无序的独立概念中解脱出来,认清物联网是一种应用技术的本质。掌握信息领域中的三大关键技术,在工作中根据各自工作对象的实际情况正确地选择相关的技术和产品,灵活准确地实现各自独特的任务要求,是成为一名具有解决工程问题能力的合格工程师的关键。

本书第 1 章介绍了互联网和传感网的概念和技术,在 2、3 章分别介绍了物体定位与标识的方法和物体信息传输网络与要素控制。第 4 至 6 章主要介绍了数据生成、传送、分发、故障分析等相关技术,并介绍了无线传感网的设计与测评。第 7 章介绍了物联网应用的信息服务及管理的问题,并介绍了相关的典型应用案例。在硬件方面,由于涉及内容繁多,本书只对在物联网应用中较独特的部分如定位和标识传感器、二维条码、RFID、MEMS 和微传感器等作简单的介绍,对已经广泛使用的多种传感器不再赘述,更多的内容请读者参考传感器类相关书籍。

本书由中国电子科技集团公司第三研究所范茂军研究员担任主编,南京理工大学张丽教授和哈尔滨工业大学刘晓为教授担任副主编。参加编写的还有南京理工大学卜雄珠教授,上海大学付敬奇教授,哈尔滨工程大学孙为民教授,南京邮电大学于梅芳教授,黑龙江大学丁群教授,哈尔滨理工大学施云波教授,总装备部电子元器件合同管理办公室段成丽参谋,中国酒泉卫星发射中心周晓宁高工,中国白城兵器实验中心齐久成高工,工信部电子工业标准化研究院高鹏麟高工,航天科工集团雷垒,北京瑞普光电有限公司李明云总经理,黑龙江联通公司张新忠高工,南京理工大学唐洁博士、新西兰奥克兰大学王勃然博士。特别对为本书出版辛勤工作的电子工业出版社徐静、李洁两位编辑,以及为本书提供相关案例和工程素材的同志,在此一并表示感谢。

范茂军
2013 年 3 月

目 录

C O N T E N T S

第 1 章 物联网应用技术概论 1

- 1.1 物联网、传感网与互联网
 - 基本概述 1
 - 1.1.1 物联网 2
 - 1.1.2 传感网 3
 - 1.1.3 互联网、传感网与物联网 5
 - 1.1.4 网络接入与管理 5
- 1.2 物联网与相关技术标准 7
 - 1.2.1 ITU-T 物联网标准 8
 - 1.2.2 ETSI 物联网标准 10
 - 1.2.3 3GPP/3GPP2 物联网标准 10
 - 1.2.4 IEEE 物联网标准 11
 - 1.2.5 中国物联网标准 12
- 1.3 应用技术系统与物联网技术构架 13
- 1.4 物体的标识与定位 15
- 1.5 物体状态与特性的识别 16
 - 1.5.1 物联网中的信息获取与管理 16
 - 1.5.2 传感器 17
 - 1.5.3 性能评价与选用原则 19
- 1.6 智能传感器与嵌入式系统 22
 - 1.6.1 智能传感器 22
 - 1.6.2 嵌入式系统 24
- 1.7 微传感器及 MEMS 技术 25
- 1.8 并行处理与云计算 29

第 2 章 物联网中物体的标识、定位与时间同步 31

- 2.1 条码技术 31
 - 2.1.1 一维条码技术 31

- 2.1.2 二维条码技术 34
- 2.2 RFID 技术 37
 - 2.2.1 RFID 的原理及特性 37
 - 2.2.2 RFID 的组成 40
 - 2.2.3 RFID 工作频率与分类 47
 - 2.2.4 RFID 中间件 49
 - 2.2.5 RFID 与条码的比较 55
 - 2.2.6 RFID 系统设计中的注意事项 57
 - 2.2.7 射频技术典型应用 59
 - 2.2.8 RFID 遇到的挑战 60
- 2.3 中间件 61
 - 2.3.1 中间件分类 61
 - 2.3.2 中间件基本结构 64
 - 2.3.3 中间件的设计原则 68
 - 2.3.4 中间件设计目标与功能实现 71
 - 2.3.5 设计平台 75
- 2.4 无线测距定位技术 77
 - 2.4.1 结点间测距的基本方法 78
 - 2.4.2 计算结点位置的基本方法 79
 - 2.4.3 定位算法的分类 82
 - 2.4.4 定位算法的性能评价 84
- 2.5 其他无线测距定位技术 85
- 2.6 典型卫星定位系统 87
- 2.7 物体间时间同步机制与方法 89
- 2.8 时间同步协议 95
 - 2.8.1 基于 Receiver-Receiver (接收方—接收方) 机制的时间同步协议 95

2.8.2	基于成对机制的时间同步协议	96
2.8.3	基于 Sender-Receiver (发送—接收方) 机制的时间同步协议	99
2.8.4	典型时间同步协议的比较	100
第 3 章	物体信息传输网络与要素控制	101
3.1	有线与无线网络的选择	101
3.1.1	无线网络的基本概念	101
3.1.2	无线局域网与协议	102
3.2	网络频率分配	106
3.2.1	频率分配的核心内容	106
3.2.2	频率分配的数学模型	109
3.3	网络中的信道分配	110
3.4	结点的功率与功耗分配	111
3.4.1	功率分配的作用	111
3.4.2	功率分配对系统的影响	112
3.4.3	典型的功率控制协议与算法	114
3.5	接口技术与标准	115
3.5.1	SCSI 小型计算机系统接口	115
3.5.2	USB	118
3.5.3	SATA 接口	122
3.5.4	IDE 电子集成驱动器	123
3.6	结构与散热设计	123
3.6.1	电子产品结构设计的一般要求与原则	123
3.6.2	电子产品的结构设计过程	124
3.6.3	散热设计	125
第 4 章	物体特征数据的传输与路由	127
4.1	数据中心式路由	127
4.1.1	数据中心式路由协议	127

4.1.2	以数据为中心的路由机制缺陷分析	131
4.2	集群结构式的路由	133
4.2.1	集群技术的组织形式	133
4.2.2	集群技术的交换结构	134
4.2.3	集群路由器	135
4.2.4	集群路由器分类	136
4.2.5	集群路由器的优点	139
4.3	位置信息路由	140
4.3.1	位置服务协议	141
4.3.2	几种典型的位置路由算法	145
4.4	无线传输路由与常用协议	151
4.4.1	表驱动路由协议	151
4.4.2	源发起按需路由	154
4.5	ZigBee、Wi-Fi 与蓝牙技术	157
4.5.1	ZigBee	157
4.5.2	Wi-Fi	172
4.5.3	蓝牙技术	186
第 5 章	物联网与传感网中故障诊断、容错、修复与安全	195
5.1	物联网与传感网常见故障类别	195
5.1.1	传感器网络故障原因	195
5.1.2	传感器网络故障分类	196
5.2	物联网与传感网常见故障诊断	197
5.2.1	故障诊断目的及性能标准	197
5.2.2	故障诊断技术	199
5.2.3	传感器故障诊断技术	199
5.2.4	传感器网络故障诊断技术	201
5.2.5	无线传感器网络与传统 IP 网络故障诊断区别	201
5.3	物联网与传感网常见纠错与修复	202
5.3.1	物联网与传感网故障修复的特点	202

5.3.2	几种常见的威胁分析与对策	203	6.4	WSN 协议试运行与验收	238
5.4	结点与组件安全	205	6.5	典型系统应用案例	243
5.4.1	物联网和传感网的特点	205	第 7 章 传感网与物联网的服务、	管理与应用	246
5.4.2	WSN 网络结点安全	205	7.1	传感网服务质量与评价原则	246
5.4.3	密钥管理机制	206	7.1.1	服务质量	246
5.4.4	网络结点的能耗问题和节能技术	207	7.1.2	无线传感网的服务质量	251
5.5	无线传感网安全	207	7.1.3	服务质量保障	253
5.5.1	无线传感器网络安全问题分析	207	7.2	传感网管理	257
5.5.2	无线传感网安全要求	208	7.3	传感网常用的操作系统	261
5.5.3	无线传感网安全问题	208	7.3.1	无线传感器网络特点及其对操作系统的特殊需求	261
5.6	加密技术	212	7.3.2	TinyOS 开放源代码操作系统	262
5.6.1	密钥	212	7.4	传感网系统设计与分析	264
5.6.2	数据加密的实现	216	7.5	典型系统设计与应用案例	265
5.6.3	加密技术的应用	217	7.5.1	在 ETC 系统中的应用	265
第 6 章 无线传感网的设计与测评	219		7.5.2	在水环境监测中的应用	267
6.1	WSN 协议框架设计	219	7.5.3	在家庭监护中的应用	269
6.2	WSN 路由设计	228	7.5.4	在商城中的应用	269
6.2.1	WSN 路由协议的特点	228	7.5.5	在机场安全系统中的应用	277
6.2.2	无线传感器网络路由协议的要求	230	7.5.6	在电网故障诊断中的应用	278
6.2.3	无线传感器网络路由协议的分类	231	7.5.7	在制造系统中的应用	279
6.3	WSN 协议测评	232	7.5.8	在工业中的应用	280
			7.5.9	在远程医疗中的应用	282

第 1 章 物联网应用技术概论

1.1 物联网、传感网与互联网基本概述

从哲学角度来观察社会科学和自然科学以及经济和技术发展的关系，我们不难看出：尽管物联网、传感网、互联网具有鲜明的专业技术和应用技术特征，属于自然科学中信息领域研究范畴的问题，但它们的发展和演变遵守着各自的发展道路和共同的发展规律。如果把它们放到社会经济发展的背景下来观察，就很容易发现很多技术和概念，其产生和演变都和特定的历史背景和经济发展的有着明显的对应关系。回顾物联网、传感网、互联网这三个名词的产生也具有鲜明的社会发展历史特色，与其他名词和概念一样，脱离不了全球经济与技术发展的历史痕迹。从各自的技术核心和特征来看，物联网从功能上是在互联网、传感网等概念上衍生出来的一种满足人们更多需求的一种应用网络；从电子信息技术角度来说，是计算机、网络与传感器技术及软件的综合技术。它是将各种物品与网络结合在一起，满足人们各种需要的应用技术。其基本的方法是，将各种传感器通过用户端延伸扩展到各种物品之间，使物品通过传感器和计算机及网络和服务系统联系成一体，形成一个可以满足人们各种需求的信息交换网络。

美国 MIT 的 Kevin 提出物联网概念时，就想采用 RFID（射频识别）和各种传感器将各种物品联系到一起为人们的生产和生活服务。后来国际电信联盟 ITU 的研究报告描述了物联网相关的内容和知识，即把所有可能的物体都加上传感器，通过传感器获取物体的自身状态、周围的环境状态，通过物联网将所有可能的信息全部融入其中。

在欧洲，业内人士认为物联网在空间上应是物理和虚拟的实体集合；在实体范畴它应是在时间和空间上可移动的、可标识的、可进行信息交换的。

在国内，目前一般认为物联网是使任何一个物体的信息相互联系，使人们的需求和愿望得到更高更新的满足，通过这个新的物联网技术来带动科学、生产和社会的发展。



因此，物联网技术的发展不仅需要更多的科技工作者参与，更需要从事相关工作的工程师和物联网应用的管理者的参与。本书力图从理论组成、技术结构、软硬件性能到典型工程案例等，叙述其技术构成、应用方法和相关标准，使读者能结合已有知识对比出体系和特点，从而正确把握其实质，并在实践中不但完善丰富其内涵。本项技术也不例外，它也是在已有的多项技术上，针对人们不断的需求设计出的新名词。物联网技术从原始概念的提出，至今已有十多年的历史，也在被不断地完善和丰富。因此，在科学技术飞速发展的今天，它也像众多新生技术一样，被需求和新技术不断地丰富和完善，已经越来越不像最初的定义。而人们正是在这种不断演变中，不断提炼其内涵，扩展其外延，这才推动了各种技术的发展和进步。

为了使读者在阅读本书后也能快速理解相关的技术内容，本书中一些专用技术名词也直接采用了英语名词，这样将方便与同类资料的链接和融通。

1.1.1 物联网

物联网概念最早是由美国麻省理工学院 Auto-ID 研究中心提出的，其基本思想是：为物体之间实现联系，并能够区分出所有物体之间的不同，采用先对物体进行标记，再用传感器将所采集到的各种信息传到互联网上，使得所有物体的各种信息联系到一起，通过计算机处理需求和资源之间的供求关系，及时配置可能满足需求者的各种需要。物联网从技术架构层次上来看，人们习惯按功能将它分为三层：感知层、网络层和应用层。从物联网基础技术来看，它主要包括两方面内容：一方面是互联网技术，在此技术基础上扩展网络应用，延伸到所有可能的物体和物体之间的信息交换和通信；另一方面是传感器技术，将所有物品通过相应的传感器和 RFID 等，将感知的各种信息变成可以识别的电信号。

国际电信联盟在《The Internet of Things》2005 年报告中对物联网概念进行扩展，提出物联网是在任何时刻，任何地点，任意物体之间实现的互联。各类对象之间的基本关系如图 1-1 所示。

在欧洲，2008 年的《Internet of Things in 2020》报告中指出：未来物联网发展 RFID 和对物体识别的传感器技术是未来物联网的基石。由于标识和信息提取是物联网技术的关键，致使后来人们更加关心 RFID 和传感器等在信息采集、标识等技术在物联网的应用。紧接着欧盟于 2009 年 9 月 15 日发布了《Internet of Things Strategic Research Roadmap》研究报告，明确要求在欧洲不同 RFID 和物联网项目之间的组合，以及协调包括 RFID 的物联网研究的活动。

在亚洲，日韩之后，我国也开展了此方面的研究，在经历高热之后人们看到物联网更像互联网和传感器结合的应用。一方面，由于网络技术快速的成熟，需要新的动力激发更多的人关注并创造出新的概念，引导信息技术和市场的发展。另一方面，由于早期人们认

物联网是未来互联网的一个组成部分，并从网络技术角度来评价物联网时，希望它成为基于标准的并可互操作的通信协议，有能力实现资源动态的全球配置的网络基础架构。

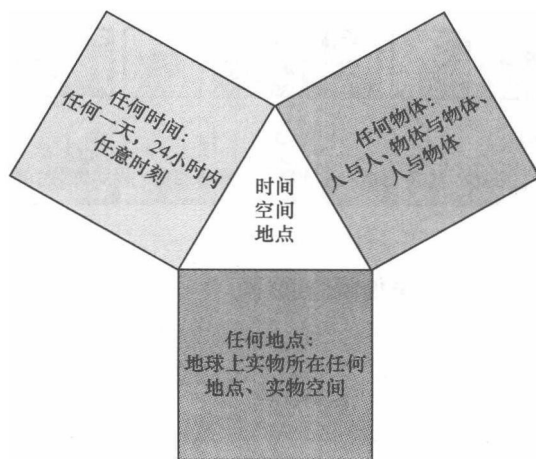


图 1-1 物联网中的时间、空间和物体之间的关系

物联网技术所涉及的内容较广，除网络、智能终端、传感器技术等，还涉及很多软、硬件技术和应用。在现今技术条件下，如用户可获得各种智能接口与社会环境进行连接和通信，就有可能使被标识过的物体满足人们的需要。为了解决对人们要求的问题，通常采用计算机构成一个虚拟的电子信息空间，对掌握的各种资源和需求进行设计和分配，来满足人们精神和物质的需求。

1.1.2 传感网

“传感器网络”承担着对自然界各种信息数据采集汇总的主要任务，而互连网络是传递到达各端点的载体。在实际应用中，二者通常是联合使用，是实现物与物、物与人、人与人之间信息交互、提供信息服务的智能网络信息系统。

“无线传感网”是由若干具有无线通信功能的传感器结点构成的网络。这种网络最早是由美国国防部高级研究计划局（DARPA）在 1978 年提出的，并资助了卡耐基—梅隆大学开展了分布式传感器网络技术的研究。用户、对象、信息交换等各单元和网络之间的关系，国外认为传感网的基本结构与特点如图 1-2 所示。

随着研究的深入，人们开始想到未来的网络会深入到人们生活的每个角落，可为人们提供各种可能的服务。而这些服务终端的信息离不开各种各样的传感器，人们在原研究的基础上又提出了泛在的传感器网络（USN）的概念。这种传感网络的特点，首先是网络结点由具有通信及智能化的传感器结点组成；其次在任何时间、地点，任何物体的周边都布



置有这种功能的传感网络。这样的传感网络可为各种需求提供相应的服务，从环境监测到安全保卫，从生产到生活，提供无所不能的服务。

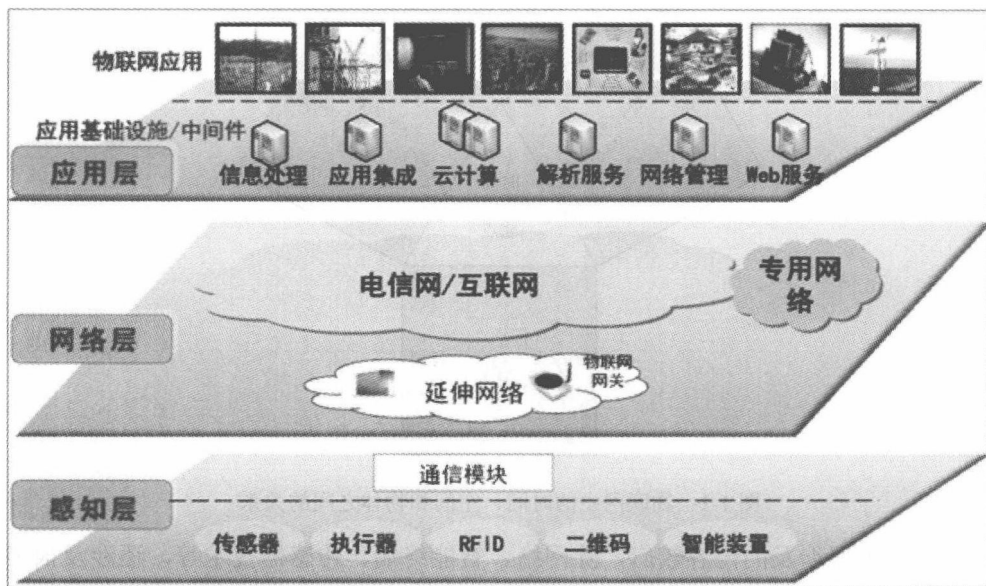


图 1-2 用户终端、对象现场、信息处理、网络分发与传递、传感器的联网

“泛在网”概念最早是由日韩提出。他们认为，无所不在的网络社会将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施组成的技术社会形态。根据这样的构想，USN 网络将以无所不在、无所不包、无所不能为基本特征，帮助用户实现任何时间、任何地点、任何人、任何物都能顺畅地通信。其底层是由各种传感器、执行器、RFID 等各种信息设备组成，负责对物理世界的感知与反馈。

国际电信联盟在 2008 年年初的研究报告中，阐述了泛在传感器网络体系的基本架构。并指出泛在传感网自下而上的基本结构是：传感器网络、泛在传感器网络接入网络、泛在传感器网络基础骨干网络、泛在传感网的中间件、泛在传感网应用平台五个层次。

泛在传感器网络接入网络是实现底层传感器网络与上层基础骨干网络的连接，由网关、sink 结点等组成；泛在传感网的基网有 Internet、下一代网络 (NGN)；泛在传感网中间件处理、存储传感数据，并以服务的形式提供对各类传感数据的访问；泛在传感网是实现各类传感网应用的技术支撑平台。

目前我国信标委所属的传感器网络标准工作组认为，传感器网络具体表现在它综合了微型传感器、分布式信号处理、无线通信网络和嵌入式计算等多种先进信息技术，能对物理客体进行信息采集、传输和处理，并将处理结果以服务的形式发布给用户。

1.1.3 互联网、传感网与物联网

目前人们对人与物、物与物广泛互联、实现人与客观世界的全面信息交互的网络的命名,一直存在着物联网、传感网、互联网这三个称谓。回顾其发展历史,可从这些概念归纳后得出一个基本一致的结论。这些概念间的关系,如图 1-3 所示。

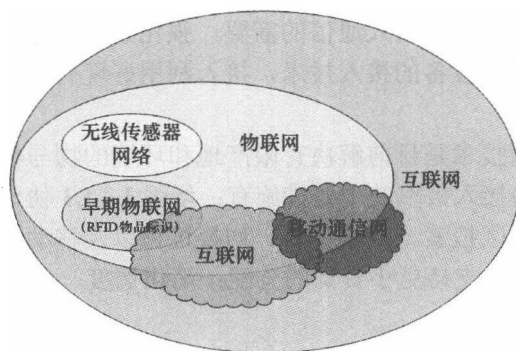


图 1-3 互联网、传感网、物联网等之间的关系

在传感网的概念中,如果将传感器的概念进行扩展,认为 RFID、二维条码等信息的读取设备和音视频录入设备等数据采集设备都是一种特殊的传感器,则范围扩展后的传感器网络即简称为与物联网概念并列的“传感网”。而从 ITU-T、ISO/IEC JTC1/SC6 等国际标准组织对传感器网络、物联网定义和标准化范围来看,传感器网络和物联网其实是一个概念、两种不同的表述,其实质都是依托于各种信息设备实现了物理世界和信息世界的无缝融合。此外,在业界也有观点认为,物联网是从产业和应用角度,传感网是从技术角度,对同一事物的不同表述,但其实质是完全相同的。因此,无论从哪个角度,都可以认为目前为人所熟知的“物联网”和“传感网”这两个概念,都是以传感器、RFID 等客观世界标识、感知技术,借助于无线网络、互联网、移动网等通信网络实现人与物理世界的信息交互。而泛在网是面向泛在应用的各种异构网络的集合,且更强调跨网之间的信息融合与应用。

1.1.4 网络接入与管理

物联网技术是各方面的信息相互交互和服务的新型网络,其主要解决的是相关网络的接入和管理。

(1) 无线传感器网

无线传感器网是物联网重要的基础技术,在结构上它是由各种传感器结点组成的。这种网络的特点是多跳的自组织网,当采用适当的协议也可使无线通信网络和有线网络相连接。



在网络的管理方面,不仅要有灵活的路由机制,而且支持多种类型设备的协同工作。信息采集是各种各样的无线传感器,在技术方面还包括各种可即插即用、低功耗、低成本的智能传感器和无线网技术支持的 WSN 无线传感器网络等。

(2) 移动网与网络接入

移动网:是目前覆盖最广、应用最多的网络。采用无线终端接入设备最普及、最有效的接入手段。在技术上要针对人与人通信的需要,强化人和物之间的通信,以及物与物之间的通信能力。开发好各种设备的接入技术,接入利用好现有的各种网络设备,是推广物联网应用的有效方法。

网络接入:移动通信技术是目前解决有限产地和环境的物与物、人与物之间的沟通的主要手段。这种异构网络接入效率的主要措施有:增强 L2/L3 协议,支持大量低数据率终端的接入;简化同步、小区搜索、随机接入、切换过程以及移动性管理;采用更低带宽、更低码率编码的传输方式,支持更小资源的分配;简化调度、功控、HARQ 和链路自适应等问题。

(3) 网络与终端管理技术

在网络与终端管理中,由于各种设备的接入标准不同(如 LAN、Wi-Fi、WiMaX、GSM、TD-SCDMA、WSN 等),为使各类异构网络能够实现互联互通,必须选择相对统一的标准接入方式。因为在这种由多种设备组成的异构网络中,还必须能支持各终端或网元间的相互协同以及临时的动态组网等,这样才能提高物与物、物与人之间的互联效率。

为了避免物联网中各类用户汇聚在一起时造成拥塞,对网络的管理显得十分重要。只有通过管理,提高畅通的信道和纯净的质量,才能使各种设备、网络终端获得预期的功效。更多的后端管理技术和服务,是支持大量终端的多种接入方式的重要措施。

(4) 信息处理与能耗管理

信息处理是物联网应用中的主要技术问题,也是保证系统高效运行的重要因素,当传感器将采集到的信息汇聚到业务平台时,信息处理平台要对接收到的各种信息进行存储、处理、分析和数据挖掘后,才能为用户提供所需要的服务。在对这些信息进行处理时,需要利用更好更新的计算方法(如云计算、模糊识别等)来解决海量信息处理的问题。这样才能实现网内不同地域、不同用户对信息和数据进行处理分析的要求。

能耗是物联网应用中的重要技术问题,因为在有限的电能源的条件下,尤其在无线网络中各结点及系统携带的能量有限的情况下,对于能耗的管理与系统的信息管理一样重要,而在众多的信息进入整体网络时,这个问题更显得重要。常会出现多个用户同时在各自终端上操作,中央机也同时进行着大量的运算,以便优化决策和配置。此时网中需要消耗大量的能源,是常态下的数倍至百倍以上。在有限能源情况下,尤其是有的只能依靠自备电池或能量转化技术来工作,必须对系统能耗的各种问题进行细致思考。



对传感网来说,不仅要考虑其网络优化的问题,也要考虑能耗问题。在无线传感器网络(WSN)中,结点成本、功耗和体积等技术问题,是走向普及的重要问题,随着微机电系统(MEMS)、低功耗无线通信协议和数字电路的发展,改变了传感网传统的设计思想。传统的设计是将物理的基础设施和IT基础设施分开,如一方面是机场、公路、建筑物,另一方面是数据中心、网络、手机、个人计算机等。而现在已经开始将钢筋混凝土、电缆与芯片、网络等的设计和施工等方面结合到一起来进行。在此意义上,基础设施更像是一块新的地球工地,世界的运转就在它上面进行,其中包括经济管理、生产运行、社会管理乃至个人生活。物联网将引发新的“聚合服务”。

(5) 开发环境与安全技术

高效、快捷的开发应用是物联网应用的重要问题。良好的应用开发环境,能够使应用软件相对独立于计算机硬件和操作系统平台。采用分布式计算是常用的一种重要措施,这不仅能满足数据量大,运算速度快的要求,而且可提高操作系统的能力。物联网的许多终端处于无人环境中,由于感知结点集群化、终端结点数量巨大、移动性低等特点,必须要求各种终端的安全性。其基本要求包括:防火、防盗、通信安全、存储安全、终端使用环境安全等,必须具有较高性能稳定性和可靠性。

1.2 物联网与相关技术标准

在标准方面,与物联网相关的标准化组织较多。物联网涉及极为广泛的技术种类,包括总体构架、传感技术、通信网络技术、应用技术等很多方面。很多标准组织从不同的角度对物联网进行研究工作,比如从机器到机器通信(M2M)的角度,从泛在网的角度,从互联网的角度,或从传感网和传感技术的角度,有的则关注于总体架构,等等。目前介入物联网领域的标准组织主要有IEEE、ISO、ETSI、ITU-T、3GPP、3GPP2等,下面我们会一一做介绍。

国际电信联盟(ITU-T)及欧洲电信标准化协会(ETSI)M2M技术委员会主要从总体架构方面对物联网进行研究,两者研究的角度不同:ITU-T从泛在网角度研究,而ETSI则从M2M的角度来研究总体架构。

国际标准化组织(ISO)、美国电气及电子工程师学会(IEEE)则专注于研究传感技术和器件方面的标准,主要涉及无线传感网。

第三代合作伙伴计划(The 3rd Generation Partnership Project, 3GPP)和第三代合作伙伴计划2(3rd Generation Partnership Project 2, 3GPP2)主要研究物联网所应用到的通信网络技术,只限定在移动网络层面。



总的来说, 目前为止, 物联网的唯一标准在国际上尚未建立, 已有的各标准组织自成体系, 标准内容涉及架构、通信、传感、编码、数据处理、应用等多方面。

与传统的计算机和通信领域的标准体系有很大不同(传统的计算机和通信领域标准体系一般不涉及具体的应用标准)的是, 物联网相关的标准组织都比较重视应用方面的标准制定。在电子检测、家居智能化、交通运输、电子消费应用等领域都有相当数量的标准正在制定中, 这也说明了“由应用主导物联网”的观点在国际上已经达成了共识。

图 1-4 是不同领域的物联网相关主要标准组织的分布情况。本节选择一些在物联网领域重要的有一定影响力的标准组织进行介绍。

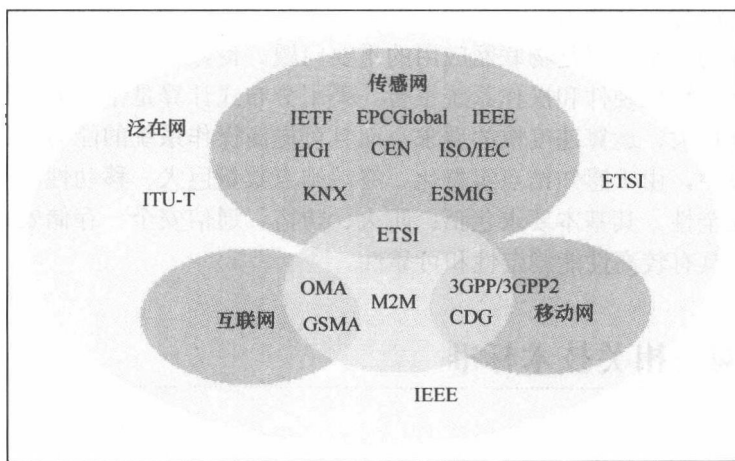


图 1-4 物联网在不同领域的主要标准组织分布情况

1.2.1 ITU-T 物联网标准

国际电信联盟远程通信标准化组织 (ITU-T for ITU Telecommunication Standardization Sector), 它是国际电信联盟管理下的专门制定远程通信相关国际标准的组织。国际电联作为世界最为普遍认可的信息通信标准制定者的角色, 可以追溯到机构的创立之初。国际电联自 1865 年成立以来, 一直在为行业的技术与服务达成共识而奔走, 因为它们构成了世界上规模最大且互联最为紧密的人为体系的中坚力量。仅 2007 年, 国际电联电信标准化部门 (ITU-T) 就制定了 160 多项新的和经修订的标准 (ITU-T 建议书), 涵盖了从核心网络功能与宽带到 IPTV 等下一代业务的各个方面。ITU-T 早在 2005 就开始进行泛在网的研究, 可以说是最早进行物联网研究的标准组织。

ITU-T 主要研究泛在网总体框架、标识及应用方面。ITU-T 在泛在网研究方面已经从需求阶段逐渐进入到框架研究阶段, 目前研究的框架模型还处在高层层面。图 1-5 为 ITU-T