

物联网理论与技术

Content networking theory and technology



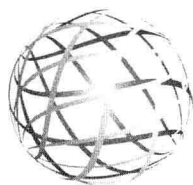
李春茂 编著



化学工业出版社

物联网理论与技术

Content networking theory
and technology



李春茂 编著

常州大学图书馆
藏书章



化学工业出版社

·北京·

本书作为一本物联网实用书籍,详尽阐述了物联网的结构,物联网与公共信息服务平台、物联网与互联网技术、物联网与移动通信技术、物联网与射频识别(RFID)技术、物联网与传感技术等各相关方面之关联;物联网在大型企业内部资产的智能化管理,物联网在机场的仓储管理、航材管理、行李托运,物联网在智能服务,物联网在智能电网等各方面的应用。同时还介绍了物联网的发展前景与未来发展方向,物联网中间件的开发与应用等。本书可以为工程技术人员在实际工程中提供参考,也可以作为各院校相关专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网理论与技术/李春茂编著. —北京:化学工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-122-15383-8

I. ①物… II. ①李… 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 223969 号

责任编辑:张建茹

文字编辑:闫 敏

责任校对:顾淑云

装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 439 千字 2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

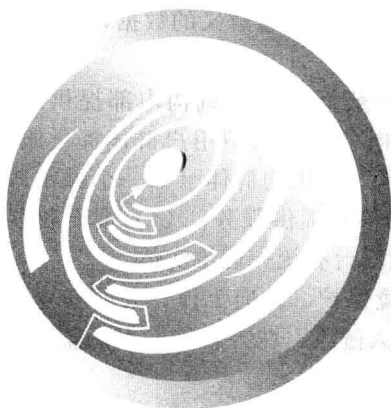
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00 元

版权所有 违者必究



前言

物联网是新一代信息技术的重要组成部分。其英文名称是“Internet of Things”，也称为“Web of Things”。顾名思义，“物联网就是物物相连的互联网”。这有两层含义：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸与扩展；第二，其用户端延伸、扩展到了所有物品与物品之间进行信息交换和通信。物联网被视为互联网的应用扩展，以用户体验为核心的创新是物联网发展的灵魂。物联网是通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器、气体感应器等各种装置与技术，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，与互联网结合形成的一个巨大网络。其目的是实现物与物、物与人、所有的物品与网络的连接，方便识别、管理和控制。

总而言之，物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体，让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。它具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化三个重要特征。物联网指的是将无处不在的末端设备和设施，包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼宇系统、家庭智能设施、视频监控系统等和“外在使能”的，如贴上RFID的各种资产、携带无线终端的个人与车辆等“智能化物件或动物”或“智能尘埃”，通过各种无线/有线的长距离/短距离通信网络实现互联互通，应用大集成以及基于云计算的SaaS营运等模式，提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、在线升级、统计报表、决策支持、领导桌面等管理和服务功能，实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一体化。

1. 物联网有其鲜明的特征：首先，它是各种感知技术的广泛应用。物联网部署了海量的多种类型传感器，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。传感器获得的数据具有实时性，按一定的频率进行周期性的环境信息采集，不断更新数据。第二，它是一种建立在互联网基础上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网，通过各种有线和无线网络与互联网融合，将物体的信息实时准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输，由于其数量极其庞大，形成了海量信息，在传输过程中，为了保障数据的正确性和及时性，必须适应各种异构网络和协议。第三，物联网不仅仅提供了传感器的连接，其本身也具有智能处理能力，能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合，利用云计算、模式识别等各种智能技术，

扩充其应用领域。从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的数据，以适应不同用户的不同需求，并发现新的应用领域和应用模式。

2. 物联网分类：（1）私有物联网（Private IOT），一般面向单一机构内部提供服务；（2）公有物联网（Public IOT），基于互联网（Internet）向公众或大型用户群体提供服务；（3）社区物联网（Community IOT），向一个关联的“社区”或机构群体（如一个城市政府下属的各委办局，比如公安局、交通局、环保局、城管局等）提供服务；（4）混合物联网（Hybrid IOT），是上述的两种或以上的物联网的组合，但后台有统一运维实体。

3. 用途范围：物联网用途广泛，遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测、环境监测、老人护理、个人健康、花卉栽培、水系监测、食品溯源、敌情侦察和情报搜集等多个领域。

4. 物联网未来发展：物联网将是下一个推动世界高速发展的“重要生产力”。物联网覆盖从传感器、控制器到云计算的各种应用。产品服务智能家居、交通物流、环境保护、公共安全、智能消防、工业监测、个人健康等各种领域。构建了“质量好，技术优，专业性强，成本低，满足客户需求”的综合优势，持续为客户提供有竞争力的产品和服务。业内专家认为，物联网一方面可以提高经济效益，大大节约成本；另一方面可以为全球经济的复苏提供技术动力。目前，美国、欧盟等都在投入巨资深入研究探索物联网。中国也正在高度关注、重视物联网的研究，工业和信息化部会同有关部门，在新一代信息技术方面积极开展研究，以形成支持新一代信息技术发展的政策措施。要真正建立一个有效的物联网，有两个重要因素：一是规模性，只有具备了规模，才能使物品的智能发挥作用；二是流动性，物品通常都不是静止的，而是处于运动的状态，必须保持物品在运动状态，甚至高速运动状态下都能随时实现对话。

本书基于物联网的基本原理并结合相关技术进行全面论述，既满足初学者的需求，也满足工程技术人员需要。本书在内容上注重基本概念的严谨性，又突出其实用性。由于编著时间匆忙，误漏难免，恳请读者斧正。

在本书编著过程中，张葛赛飞、王鹏、周大瑞、孙永霞、朱苗、何荣、戴晓玮、杨为民、曾清、李莹等给予积极配合，在搜集整理资料和绘图方面做了大量工作，在此致谢。对所有关心此书出版的人们以及参考文献作者表示衷心感谢。

作者（于华南理工大学）

2012-08



目录

第 1 章 物联网总论	1	4.2 计算机网络体系结构	72
1.1 物联网概述	1	4.3 互联网技术	74
1.2 物联网的发展状况	3	4.4 Internet 安全技术	80
1.3 物联网的结构	5	4.5 互联网的应用	86
1.4 公共信息服务平台	8	4.6 万维网和搜索引擎	91
1.5 物联网与互联网	10	4.7 电子邮件	99
1.6 移动通信网	11	4.8 FTP 服务与文件下载	105
1.7 物联网的社会应用潜力	13	4.9 网上联络和常用工具软件	107
1.8 物联网中间件的开发与应用	14	4.10 互联网技术与物联网建设	114
1.9 物联网的发展前景与未来发展 方向	17	第 5 章 物联网与移动通信技术	120
第 2 章 全球产品电子代码编码 体系 (EPC)	20	5.1 无线传播与移动通信	120
2.1 EPC 的起源与发展	20	5.2 多址技术与扩频通信	124
2.2 EPC 技术与标准	23	5.3 信源编码与数据压缩	130
2.3 EPC 的国外应用案例	28	5.4 移动通信中的鉴权与加密	134
2.4 EPC 的国内应用进展	30	5.5 调制与解调	136
第 3 章 物联网与射频识别 (RFID) 技术	33	5.6 信道编码	142
3.1 RFID 技术	33	5.7 分集与均衡	146
3.2 RFID 技术的应用	42	5.8 多用户检测技术	153
3.3 射频识别 RFID 技术的核心 组成——电子标签	46	5.9 智能天线技术	154
3.4 射频识别 RFID 技术的核心 组成——识读设备	58	5.10 链路自适应技术	156
3.5 射频识别技术应用于物联网	67	5.11 移动网络的结构与组成	159
第 4 章 物联网与互联网技术	68	5.12 移动网络的运行与优化	163
4.1 互联网的组成	68	5.13 移动网络技术应用与物联网	168
		第 6 章 物联网与传感技术	171
		6.1 传感技术概论	171
		6.2 传感器的分类	173
		6.3 物理传感器	175
		6.4 化学传感器	199

6.5 生物传感器	209	7.3 RFID 系统的安全问题及解决 方法	238
第 7 章 物联网的应用	215	7.4 物联网与智能服务	240
7.1 物联网与大型企业内部资产的 智能化管理	216	7.5 物联网与智能电网	255
7.2 物联网与机场的仓储管理、航材 管理及行李托运	221	参考文献	267



第1章 物联网总论

1.1 物联网概述

1.1.1 物联网的定义

物联网 (IOT, Internet of Things 或 WSN, Wireless Sensor Networks) (曾经也简单称为传感网) 定义为随机分布的由传感器、数据处理单元和通信模块的节点, 通过自组织的方式构成的无线分布式网络。它可以被看成是由数据获取网络、数据分布网络和控制管理中心三部分组成的。各节点通过协议自组成一个网络, 再将采集来的数据通过优化后经无线电波传输给信息处理中心。物联网操作系统 TinyOS141 的研制者, Jason Hill 博士把物联网定义为:

$\text{Sensing} + \text{CPU} + \text{Radio} = \text{Thousands of potential application}$

哈尔滨工业大学的李建中教授将物联网定义为: WSN 是由一组传感器节点以自组织的方式构成的有线或无线网络, 其目的是协作感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息, 并发布给观察者。从硬件上看, 物联网节点主要由数据采集单元、数据处理单元、无线数据收发单元以及小型电池单元组成, 通常尺寸很小, 具有低成本、低功耗、多功能等特点; 从软件上看, 它借助于节点中内置传感器有效探测所处区域的温度、湿度、光强度、压力等环境参数以及待测对象的电压、电流等物理参数, 并通过无线网络将探测信息传送到数据汇聚中心进行处理、分析和转发。

早在 20 世纪 70 年代, 就出现了将传统传感器采用点对点传输、连接传感控制器而构成的物联网雏形, 人们把它归之为第一代物联网。随着相关学科的不断发展和进步, 物联网同时还具有了获取多种信息信号的综合处理能力, 并通过与传感控制器的连接, 组成了有信息综合和处理能力的物联网, 这是第二代物联网。而从 20 世纪末开始, 现场总线技术开始应用于物联网, 人们用其组建智能化物联网, 大量多功能传感器被运用, 并使用无线技术连接, 物联网逐渐形成。

科技发展的脚步越来越快, 人类已经置身于信息时代。而作为信息获取最重要和最基本的技术——传感器技术, 也得到了极大的发展。传感器信息获取技术已经从过去的单一化渐渐向集成化、微型化和网络化方向发展, 并正在带来一场信息革命。具有感知能力、计算能力和通信能力的物联网综合了传感器技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和通信技术, 能够协作地实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息, 对这



些信息进行处理,并传送到需要这些信息的用户。

物联网是一种全新的信息获取和处理技术,在现实生活中得到了越来越广泛的应用。随着通信技术、嵌入式技术、传感器技术的发展,传统的传感器正逐步实现微型化、智能化、信息化、网络化,正经历着从传统传感器 (Dumb Sensor)→智能传感器 (Smart Sensor)→嵌入式 Web 传感器 (Embedded Web Sensor) 的内涵不断丰富的发展过程。目前,国内外主要研究物联网节点的低功耗硬件平台设计拓扑控制和网络协议、定位技术等。这个设计以检测超声波强度的传感器为核心,实现了“物联”,例如,根据传感器所检测的超声波强弱来决定开启或关闭车位指示灯,从而判断是否有车辆进入检测区域。这种物联网综合了嵌入式技术、传感器技术、短程无线通信技术,有着广泛的应用基础。该系统不需要对现场结构进行改动,不需要原先任何固定网络的支持,能够快速布置,方便调整,并且具有很好的可维护性和拓展性。

由于 WSN 的巨大应用价值,它已经引起了世界许多国家的军事部门、工业界和学术界的广泛关注,被广泛地应用于军事、国家安全、工业过程控制、环境监测、医疗保健等领域。

1.1.2 物联网的特点

物联网与传统传感器组成的测控系统相比具有明显的优势。它采用点对点或一点对多点的无线连接,大大减少了电缆成本,在传感器节点端合并了模拟信号/数字信号转换、数字信号处理和网络通信功能,节点具有自检功能,系统性能与可靠性明显提高,而成本明显下降。

物联网具有以下特点。

① 硬件资源有限。WSN 节点采用嵌入式处理器和存储器,计算能力和存储能力十分有限。所以,需要解决如何在有限计算能力的条件下进行协作分布式信息处理的难题。

② 电源容量有限。为了测量真实世界的具体值,各个节点会密集地分布于待测区域内,人工补充能量的方法已经不再适用。每个节点都要储备可供长期使用的能量,或者自己从外部汲取能量(太阳能)。当自身携带电池的能量耗尽,往往被废弃,甚至造成网络中断。所以,任何 WSN 技术和协议的研究都要以节能为前提。

③ 无中心。在物联网中,所有节点的地位都是平等的,没有预先指定的中心,是一个对等式网络。各节点通过分布式算法来相互协调,在无人值守的情况下,节点就能自动组织起一个测量网络。正因如此,网络不会因单个节点的脱离而受到损害。节点可以随时加入或离开网络,任何节点的故障不会影响整个网络的运行,具有很强的抗毁性。

④ 自组织。网络的布设和展开无需依赖于任何预设的网络设施,节点通过分层协议和分布式算法协调各自的行为,节点开机后就可以快速、自动地组成一个独立的网络。

⑤ 多跳 (Multi-hop) 路由。WSN 节点通信能力有限,覆盖范围只有几十到几百米,节点只能与它的邻居直接通信。如果希望与其射频覆盖范围之外的节点进行通信,则需要通过中间节点进行路由。WSN 中的多跳路由是由普通网络节点完成的。

⑥ 动态拓扑。WSN 是一个动态网络,节点可以随处移动;一个节点可能会因为电池能量耗尽或其他故障,退出网络运行;也可能由于工作需要而被添加到网络中。这些都会使网络的拓扑结构随时发生变化,因此网络具有动态拓扑组织功能。

⑦ 节点数量众多,分布密集。WSN 节点数量大、分布范围广,难于维护甚至不可维护。所以,需要解决如何提高物联网的软、硬件健壮性和容错性问题。



⑧ 传输能力的有限性。物联网通过无线电波进行数据传输,虽然省去了布线的烦恼,但是相对于有线网络,低带宽则成为它的先天缺陷。同时,信号之间还存在相互干扰,信号自身也在不断地衰减,诸如此类。不过因单个节点传输的数据量并不大,这个缺点还是能忍受的。

⑨ 安全性问题。无线信道、有限的能量、分布式控制都使得物联网更容易受到攻击。被动窃听、主动入侵、拒绝服务则是这些攻击的常见方式。因此,安全性在网络设计中至关重要。

物联网技术是典型的具有交叉学科性质的军民两用战略性高新技术,可以广泛应用于军事、国家安全、环境科学、交通管理、灾害预测、医疗卫生、制造业、城市信息化建设等领域。物联网(WSN)是由许许多多功能相同或不同的无线传感器节点组成,每一个传感器节点由数据采集模块(传感器、A/D转换器)、数据处理和控制模块(微处理器、存储器)、通信模块(无线收发器)和供电模块(电池、DC/AC能量转换器)等组成。近期微电子机械加工(MEMS)技术的发展为传感器的微型化提供了可能,微处理技术的发展促进了传感器的智能化,通过MEMS技术和射频(RF)通信技术的融合促进了物联网的诞生。

物联网具有非常广泛的应用前景,其发展和应用将会给人类生活和生产的各个领域带来深远影响。发达国家尤其是美国非常重视物联网的发展,美国电气和电子工程师协会(IEEE)正在努力推进物联网的应用和发展,波士顿大学(Boston University)最近创办了物联网协会(Sensor Network Consortium),期望能促进物联网技术的发展。美国的《技术评论》杂志在论述未来新兴十大技术时,更是将物联网列为未来新兴技术之首,《商业周刊》预测的未来四大新技术中,物联网也列入其中。可以预计,物联网的广泛应用是一种必然趋势,它的出现将会给人类社会带来极大的变革。

1.2 物联网的发展状况

1.2.1 国外物联网发展状况

国际上比较有代表性和影响力的物联网实用研发项目有遥控战场传感器系统(Remote Battlefield Sensor System,简称REMBASS——伦巴斯)、网络中心战(NCW)及灵巧物联网(SSW)、智能尘(Smart Dust)、Smart-Its项目、SensIT、SeaWeb、行为习性监控项目、英国国家网格等。尤其是最新试制成功的低成本美军“狼群”地面物联网,标志着电子战领域战术的最新突破。位于美国中西部的俄亥俄州正在开发“沙地直线”(A Line in the Sand)物联网系统。这个系统能够散射电子绊网(tripwires)到任何地方,以侦测运动的高金属含量目标。美日等发达国家在对该技术不断研发的基础上在多领域进行了应用。

英特尔与加利福尼亚州大学伯克利分校的研究人员正领导着微尘技术的研究工作。他们成功开发了瓶盖大小的全功能传感器,可以执行计算、检测与通信等功能。2002年,英特尔研究实验室研究人员将处方药瓶大小的32个传感器连进互联网,以读出缅因州“大鸭岛”上的气候,评价一种海燕巢的条件。而2003年第二季度,他们换用150个装有D型微型电池的第二代传感器,来评估这些鸟巢的条件。他们的目的是让世界各国研究人员实现无入侵式及无破坏式的、对敏感野生动物及其栖居地的监测。该公司开发出了用于家庭护理的物联网系统。根据演示,试制系统通过在鞋子、家具以及家用电器中嵌入半导体传感器,帮助老



年人、阿尔茨海默氏病患者以及残障人士的家庭生活。该系统利用无线通信技术将各传感器联网,可高效传递必要的信息,从而方便病人接受护理,还可以减轻护理人员的负担。该物联网系统是英特尔公司在阿尔茨海默氏病患者家庭的合作下,历时一年研究完成的,2004年下半年开始试用。

日立制作所与 YRP 泛在网络化研究所于 2004 年 11 月 24 日宣布开发出了全球体积最小的物联网终端。该终端为安装电池的有源无线终端,可以搭载温度、亮度、红外线、加速度等参数的各种传感器,设想应用于大楼与家庭的无线传感器以及安全管理等方面。

三菱电机公司成功开发了一种设想用于物联网的小型低功耗无线模块。能够使用特定小功率无线模块构筑对等(Ad Hoc)网络。目标是取代目前利用专线构筑的家用安全网络。具体而言,与红外线传感器配合,检测是否有人;与加速度传感器配合,检测窗玻璃和家具的振动;与磁传感器配合,检测门的开关等。

在美国旧金山,200 个联网微尘已被部署在金门大桥。这些微尘用于确定大桥从一边到另一边的摆动距离,可以精确到在强风中为几英尺。当微尘检测出移动距离时,它将把该信息通过微型计算机网络传递出去。信息最后到达一台更强大的计算机进行数据分析。任何与当前天气情况不吻合的异常读数都可能预示着大桥存在隐患。

1.2.2 国内物联网产业发展现状

中国现代意义的物联网及其应用研究几乎与发达国家同步启动,1999 年首次正式出现于中国科学院《知识创新工程试点领域方向研究》的信息与自动化领域研究报告中,作为该领域提出的五个重大项目之一。随着知识创新工程试点工作的深入,2001 年中科院依托上海微系统所成立微系统研究与发展中心,引领院内的相关工作,并通过该中心在物联网的方向上陆续部署了若干重大研究项目和方向性项目,初步建立物联网系统研究平台,在无线智能物联网通信技术、微型传感器、传感器节点、簇点和应用系统等方面取得很大的进展,2004 年 9 月相关成果在北京进行了大规模外场演示,部分成果已在实际工程系统中使用。国内的许多高校也掀起了物联网的研究热潮,纷纷开展了有关物联网方面的基础研究工作。一些企业也加入物联网研究的行列。

物联网在民用方面,涉及城市公共安全、公共卫生、安全生产、智能交通、智能家居、环境监控等领域。国内从事物联网应用的大企业目前为数不多,小企业呈现蓬勃发展的势头。目前主要是在电子政务方面,正在向公共安全应急指挥系统进发。

随着通信技术、嵌入式计算技术和传感器技术的飞速发展和日益成熟,具有感知能力、计算能力和通信能力的微型传感器开始在世界范围内出现。由这些微型传感器构成的物联网综合了传感器技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和通信技术,能够协作地实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息,并对这些信息进行处理,获得详尽而准确的信息,并及时传送到需要这些信息的用户。例如,物联网可以向正在准备进行登陆作战的部队指挥官报告敌方岸滩的详实特征信息,如丛林地带的地面坚硬度、干湿程度等,为制定作战方案提供可靠的信息。物联网可以使人们在任何时间、任何地点和任何环境条件下获取大量详实而可靠的信息。因此,这种网络系统可以被广泛地应用于国防军事、国家安全、环境监测、交通管理、医疗卫生、制造业、反恐抗灾等领域。物联网技术是信息感知和采集技术的一场革命。物联网作为一个全新的研究领域,在基础理论和工程技术两个层面向科技工作者提出了大量的挑战性研究课题。

1.3 物联网的结构

物联网是由一组具有路由和转发功能的移动节点组成的一个多跳临时性自治传感系统，一个无中心的无线网络，其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息，并发布给观察者。

从上述定义可以看到，传感系统、感知对象和观察者是物联网的三个基本要素；有线或无线网络是传感器之间、传感器与观察者之间的通信方式，用于在传感器与观察者之间建立通信路径；协作地感知、采集、处理、发布感知信息是物联网的基本功能。一组功能有限的传感器协作完成大的感知任务是物联网的重要特点。物联网中的部分或全部节点可以移动。物联网的拓扑结构也会随着节点的移动而不断地动态变化。每个节点都可以充当路由器的角色，并且每个节点都具备动态搜索、定位和恢复连接的能力。下面详细讨论传感系统、感知对象和观察者。

① 传感系统由电源、感知部件、嵌入式处理器、存储器、通信部件和软件这几部分构成，如图 1-1 所示。电源为传感系统提供正常工作所必需的能源。感知部件用于感知、获取外界的信息，并将其转换为数字信号。处理部件负责协调节点各部分的工作，如对感知部件获取的信息进行必要的处理、保存，控制感知部件和电源的工作模式等。通信部件负责与其他传感器或观察者的通信。软件则为传感器提供必要的软件支持，如嵌入式操作系统、嵌入式数据库系统等。

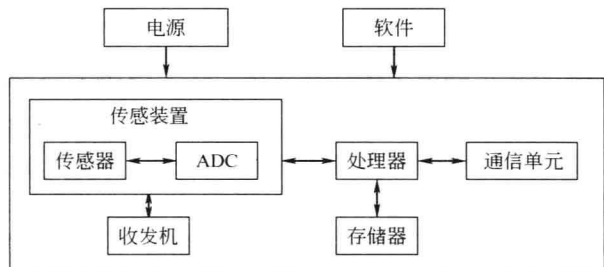


图 1-1 传感系统示意图

② 观察者是物联网的用户，是感知信息的接受和应用者。观察者可以是人，也可以是计算机或其他设备。例如，军队指挥官可以是物联网的观察者；一个由飞机携带的移动计算机也可以是物联网的观察者。一个物联网可以有多个观察者。一个观察者也可以是多个物联网的用户。观察者可以主动地查询或收集物联网的感知信息，也可以被动地接收物联网发布的信息。观察者将对感知信息进行观察、分析、挖掘、制定决策，或对感知对象采取相应的行动。

③ 感知对象是观察者感兴趣的监测目标，也是物联网的感知对象，如坦克、军队、动物、有害气体等。感知对象一般通过表示物理现象、化学现象或其他现象的数字量来表征，如温度、湿度等。一个物联网可以感知网络分布区域内的多个对象。一个对象也可以被多个物联网所感知。物联网系统通常由全功能设备（Full Function Device, FFD）节点、精简功能设备（Reduced Function Device, RFD）节点、协调（Coordinator）节点和路由（Router）节点组成。大量的微型传感器节点分布在监测区域的内部或附近，并且能够通过自组织方式构成网络。传感器节点监测到的数据沿着其他传感器节点逐步跳跃地进行传输，在传输



过程中监测数据可能被多个节点处理，经过多跳后路由到汇聚节点，最后通过互联网络到达管理节点。概括而言，物联网可以分为两大组成部分：传感器节点和传感网络。

1.3.1 传感器节点

物联网是由传感器节点构成的，应用和监测物理信号的不同决定了传感器的类型，从而节点的功能和性能也不尽相同。传感器节点一般由传感器模块、处理器模块、无线通信模块和能量供应模块 4 个模块单元组成，如图 1-2 所示。传感器模块负责监测区域内信息的采集

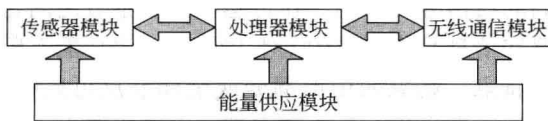


图 1-2 传感器节点结构图

和数据转换；处理器模块负责控制整个传感器节点的操作，存储和处理本身采集的数据以及其他节点发来的数据；无线通信模块负责与其他传感器节点进行无线通信，交换控制信息和收发采集数据；能量

供应模块为传感器节点提供运行所需的能量，通常采用微型电池。传感器节点在物联网中可以作为数据采集者、数据中转站或者是簇头节点（Cluster-Head Node）。作为数据采集者，数据采集节点收集周围环境的数据，通过通信路由协议直接或间接将数据传输给远方基站（Base Station）或 Sink 节点；作为数据中转站，节点除了完成数据采集任务外，还要接收邻居节点的数据，将其转发给距离基站更近的邻居节点或者直接转发到基站或 Sink 节点；作为簇头节点，节点负责收集该簇内所有节点采集的数据，经数据融合后，发送到基站或 Sink 节点。

1.3.2 传感网络

图 1-3 给出了一个典型的传感网（络）的结构。这个网络由传感器节点、接收发送器（Sink）、国际互联网（Internet）或通信卫星、任务管理节点等部分构成。传感器节点散布在指定的感知区域内，每个节点都可以收集数据，并通过“多跳”路由方式把数据传送到 Sink。Sink 也可以用同样的方式将信息发送给各节点。Sink 直接与 Internet 或通信卫星相连，通过 Internet 或通信卫星实现任务管理节点（即观察者）与传感器之间的通信。传感网的拓扑结构有 3 种：星状网、网状网和混合网，每种拓扑结构都有各自的优缺点。在传感网中，传感器节点通过飞机撒播、人工布置等方式被大量部署在感知对象内部或者附近。这些节点通过自组织方式构成传感网以协作的方式感知、采集和处理网络覆盖区域中特定的信息，系统可以实现对任意地点信息在任意时间的采集、处理和分析并以多跳中继方式将数据传回 Sink 节点（汇聚节点）。Sink 节点的发射能力较强，具有较高的电能可以将整个区域内的数据通过传感网网关和数据传输网络传送到远程控制中心进行集中处理。

1.3.3 物联网的特点和性能

物联网除了具有 Ad Hoc 网络的移动性、断接性、电源能力局限等共同特征以外，还具有其他鲜明的特点。

① 通信能力有限。物联网的传感器的通信带宽窄而且经常变化，通信覆盖范围只有几十到几百米。传感器之间的通信断接频繁，经常导致通信失败。由于物联网更多地受到高山、建筑物、障碍物等地势地貌以及风雨雷电等自然环境的影响，传感器可能会长时间脱离网络，离线工作。

② 电源能量有限。传感器的电源能量极其有限。网络中的传感器由于电源能量的原因



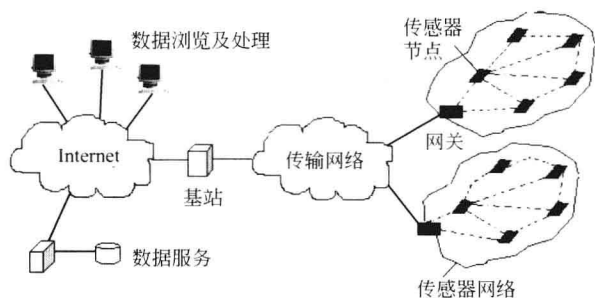


图 1-3 传感网结构图

经常失效或废弃。电源能量约束是阻碍物联网应用的严重问题。商品化的无线发送接收器电源远远不能满足物联网的需要。传感器传输信息要比执行计算更消耗电能。传感器传输 1 位信息所需要的电能足以执行 3000 条计算指令。如何在网络工作过程中节省能源，最大化网络的生命周期，是必须面临的挑战。

③ 计算能力有限。物联网中的传感器都具有嵌入式处理器和存储器。这些传感器都具有计算能力，可以完成一些信息处理工作。但是，由于嵌入式处理器和存储器的能力和容量有限，传感器的计算能力十分有限。

④ 传感器数量大、分布范围广。物联网中传感器节点密集，数量巨大，可能达到几百、几千万，甚至更多。此外，物联网可以分布在很广泛的地理区域。传感器的数量与用户数量比通常也非常大。传感器数量大、分布广的特点使得网络的维护十分困难甚至不可维护，物联网的软、硬件必须具有高强壮性和容错性。

⑤ 网络动态性强。物联网具有很强的动态性。网络中的传感器、感知对象和观察者这三要素都可能具有移动性，并且经常有新节点加入或已有节点失效。因此，网络的拓扑结构动态变化，传感器、感知对象和观察者三者之间的路径也随之变化。因此，物联网必须具有可重构和自调整性。

⑥ 大规模分布式触发器。很多物联网需要对感知对象进行控制，如温度控制。这样，很多传感器具有回控装置和控制软件。通常称回控装置和控制软件为触发器。因此，如何系统管理成千上万的动态触发器，又是物联网的基本问题。

⑦ 感知数据流巨大。物联网中的每个传感器通常都产生较大的流式数据，并具有实时性。每个传感器仅仅具有有限的计算资源，难以处理巨大的实时数据流。因而，需要研究强有力的分布式数据流管理、查询、分析和挖掘方法。

物联网的性能直接影响其可用性，至关重要。如何评价一个物联网的性能是一个需要深入研究的问题。评价物联网性能的标准有

① 能源有效性。物联网的能源有效性是指该网络在有限的能源条件下能够处理的请求数量。

② 生命周期。物联网的生命周期是指从网络启动到不能为观察者提供需要的信息为止所持续的时间。影响物联网生命周期的因素很多，既包括硬件因素也包括软件因素，需要进行深入研究。在设计物联网的软、硬件时，必须充分考虑能源有效性，最大化网络的生命周期。

③ 时间延迟。物联网的延迟时间是指当观察者发出请求到其接收到回答信息所需要的时间。影响物联网时间延迟的因素也有很多。时间延迟与应用密切相关，直接影响物联网的可用性和应用范围。

④ 感知精度。物联网的感知精度是指观察者接收到的感知信息的精度。传感器的精度、信息处理方法、网络通信协议等都对感知精度有所影响。感知精度、时间延迟和能量消耗之间具有密切的关系。在物联网设计中,需要权衡三者的得失,使系统能在最小能源开销条件下最大限度地提高感知精度、降低时间延迟。

⑤ 可扩展性。物联网可扩展性表现在传感器数量、网络覆盖区域、生命周期、时间延迟、感知精度等方面的可扩展极限。给定可扩展性级别,物联网必须提供支持该可扩展性级别的机制和方法。目前不存在可扩展性的精确描述和标准,还需要进一步深入研究。

⑥ 容错性。物联网中的传感器经常会由于周围环境或电源耗尽等原因而失效。由于环境或其他原因,物理地维护或替换失效传感器常常是十分困难或不可能的。这样,物联网的软、硬件必须具有很强的容错性,以保证系统具有高强壮性。当网络的软、硬件出现故障时,系统能够通过自动调整或自动重构纠正错误,保证网络正常工作。物联网容错性需要进一步地模型化和定量化。容错性和能源有效性之间存在着密切关系。

1.4 公共信息服务平台

“公共信息服务”这个词在图书情报、电子政务、数字城市和行业信息化等领域正被广泛使用。作为提供公共信息服务的基础设施——公共信息服务平台的建设已经成为我国各级政府电子政务建设的重要内容。

1.4.1 公共信息及公共信息服务

美国图书馆与情报学全国委员会在2001年1月26日公布的权威报告《公共信息传播的综合评估》中认为,公共信息是指联邦政府所创造的、搜集的以及管理的信息,公共信息的所有权是属于民众的,政府受民众的信赖而进行管理,民众可以获得除法律限制的其他任何信息。联合国教科文组织通讯与信息部信息社会分部的主任 Elizabeth Long-worth 2004年5月在巴黎举行的第三次跨政府信息理事会会议上所作的报告“发展与促进政府公共信息的政策指导方针”中指出,公共信息是指公众不受版权限制或者不侵犯隐私权而可以获取的信息。中国一些学者认为,公共信息主要为政府拥有,包括政策法规、经营环境、商情以及政务等方面的信息,由政府部门来生产、编辑和维护,在法律允许的范围内为公众所使用。

一般地,政府部门宏观调控下有效传播的社会信息资源统称为公共信息,包括衣食住行、教育、娱乐、就业、医疗等各种与公众利益密切相关的信息和资讯。公共信息服务是当前政府职能转变中要重点加强的一个领域,提供公共信息服务是市场经济体制下政府工作的一项重要职能,而公共信息服务平台则是提供这种服务的基础。

1.4.2 公共信息服务平台的界定与功能

公共信息服务平台,从结构上看,是指各级政府电子政务框架中提供公共信息服务的界面结构、技术结构、逻辑结构、组织结构和标准规范等要素有机集成之后所形成的统一公共信息服务模式。从内容上说,是在确保信息资源安全的前提下,建立公共卫生、科技成果、社区、农业、科技等各种公共信息资源统一的综合信息服务平台,实现相关政府部门面向公众和社会提供服务和应用的重要窗口,是政府为公众提供信息服务的基础,是电子政务建设的重要内容;从社会效益上说,公共信息服务平台的构建是实现信息一体化的关键,可以提高一个国家或地区的信息传播效率,加快区域经济、文化和技术的发展速度,促进整个社会



效率的提高。公共信息服务平台的技术架构主体是“门户网站+基础数据库”。其功能层次分为4层（图1-4）：最外层是信息提供服务层，是政府集成门户平台，是公共信息服务平台的外层表现和接入界面；次外层是信息资源加工层，是信息的采集、分类、存储、传递和检索挖掘等业务逻辑实现平台，是公共信息服务平台的工作流引擎部分；第三层是支持层，包括公共信息服务平台的标准规范、信息技术支撑、网络环境及检索资源等相关支持环境，以保障平台顺利运行；最内层是资源层，是依靠人口、法人单位、空间地理和自然资源、宏观经济4个大型基础数据库以及其他各类型网络信息数据库支撑实现的信息数据平台，是公共信息服务平台数据的核心仓储部分。

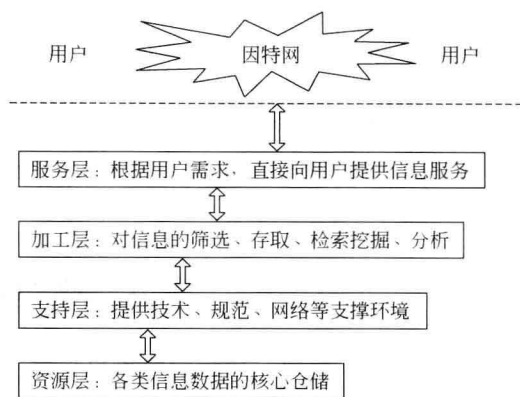


图 1-4 公共信息服务平台的功能层次

1.4.3 公共信息服务平台的特征

(1) 集成性

公共信息服务平台建设的核心在于各类信息资源系统的集成整合，通过信息集成、流程集成、应用集成和门户集成，搭建一个通用平台。在兼顾信息资源现有配置与管理状况的条件下，对分散异构信息资源系统实现无缝集成整合，并在新的信息交换与共享平台上开发新应用或服务，实现信息资源的最大增值。

(2) 综合性

公共信息服务平台的服务对象是政府本身、企业、社区和科研机构等。这些对象对信息的需求是多方位的，这就要求所提供的信息具有综合性。这些公共信息包含了各级政府的各类政策法规和精神，各行各业的信息资源，人们衣食住行等日常生活的各方面以及新闻、娱乐等满足精神生活方面的信息和各种机构提供的一些便民科教信息（如公共图书馆资料、高校招生考试情况、专利检索）等。

(3) 共享性

公共信息服务平台的构建是以共享机制为核心的管理模式。无论从各类系统的集成性看，还是从信息内容的综合多样性看，目的都在于实现信息资源的共享。目前一些政府门户网站提供的一网式和一表式服务就是政府基于信息共享环境面向公众服务的主要模式。公共信息服务平台的统一建设使各个部门、行业、组织和个人之间实现信息的交互共享，有利于消除信息孤岛。

(4) 便捷性

公共信息服务平台构建的直接目的是为公众提供方便快捷的信息服务，用户只要有浏览器和接入互联网，便可以享受到服务。一些公共信息门户提供的一站式服务就是让用户足不出户便可享受到一条龙式服务。还有智能化的搜索引擎、门户网站的搜索引擎应涉及公共信息服务各个方面，公众只要输入希望得到的服务或关键词，便可快捷地搜索到所需的相关内容。

(5) 服务多样性

公共信息服务平台提供的信息服务不仅具有便捷性，而且服务也很多样化，或者说个性化。第一，服务涉及的内容包罗万象，这一点在综合性中有所体现，这意味着平

台所提供的服务是多方位的,因此也是多样化的。第二,平台中所含信息资源的形式也是多样化的,有静态和动态格式的各类资源,满足人们视听等各方面感觉的需求。第三,随着网上办事、在线服务等政务服务内容的逐步推广,提供个性化服务已经成为信息服务的一个重要趋势。使用个性化定制,公众可以按自身意愿设立相应页面,得到所需的信息和服务,并可随时根据需求更改个性化页面。提供个性化服务也是政府了解掌握公众需求和期望的重要渠道。

1.5 物联网与互联网

互联网,即广域网、局域网及单机按照一定的通信协议组成的国际计算机网络。互联网是指将两台计算机或者是两台以上的计算机终端、客户端、服务端通过计算机信息技术的手段互相联系起来的结果,人们可以与远在千里之外的朋友相互发送邮件、共同完成一项工作、共同娱乐。

以互联网为代表的计算机网络技术是20世纪计算机科学的一项伟大成果,它给人们的生活带来了深刻的变化,然而在目前,网络功能再强大,网络世界再丰富,也终究是虚拟的,它与人们所生活的现实世界还是相隔的,在网络世界中,很难感知现实世界,很多事情还是不可能的,时代呼唤着新的网络技术。物联网正是在这样的背景下应运而生的全新网络技术,它综合了传感器、低功耗、通信以及微机电等技术,可以预见,在不久的将来,物联网将给人们的生活方式带来革命性的变化。

物联网是由大量微型传感器节点构成的。物联网与互联网的高效融合,能实现人与物、物与物的互联,从而形成“物联网”。

物联网(WSN)为人们感知外部世界提供了一种全新、高效的数字化手段,具有广阔的应用前景和技术前沿性。但是长期以来,传统因特网无论在技术上还是在应用中一直处于主导地位,其他新型网络与之互联,往往处于从属地位。经过多年的技术更迭,互联网现有体系与相关技术已经发生了明显的改变。由于目前受制于厂商对产品的垄断、因特网业务提供商(ISP)的利益、用户使用习惯等诸多因素,现有体系已经由最初的新技术推动者变为新技术的羁绊。以下是物联网与互联网融合技术面临的挑战。

1.5.1 设计理念的差异

物联网与传统因特网诞生在不同的背景下,在设计理念上存在巨大的差异。从网络体系结构的角度来看,网络最主要功能是进行路由组织,保证节点之间的互联,不过多限制用户行为、不关心用户数据。同时,因特网的协议开放性和通用性强,较少采用专用私有协议,新型体系和技术的应用以原有体系结构或支撑平台为基础,以同现有系统兼容为目标。而物联网由于应用的需要,往往以数据为核心,同时讲究数据在网络中的自动处理。

从网络业务保障的角度来看,因特网的节点(路由器)是尽力而为,在有业务质量保障要求的网络中甚至要求节点能够尽职尽责。但是传感器体积较小,计算能力和能量都十分有限,在协议设计时,需要简化协议,并尽量要节能,以延长物联网工作寿命,考虑节能有时甚至需要节点采取休眠或拒绝为其他节点转发数据的“自私”行为,因此业务保障呈现出不确定性。对于物联网而言,另一个困难是业务保障要求多样性。物联网中的业务,有的需要较强的实时性,有的需要尽量节省能量。保障要求多样化最终导致协议类型多种多样,业务保障能力随业务需求动态变化。

