

第 1 章

物联网概述

过去的几个世纪中，人类经历了一系列的技术革命，而每次革命都由某种主流技术所引导。18 世纪英国的工业革命开启了伟大的机械时代，19 世纪下半叶开始的第二次工业革命则迎来了非凡的电气时代，20 世纪开启了影响更加深远的信息时代，而计算机与网络技术成为这个时代的标志。进入 21 世纪以来，随着传感设备、嵌入式系统与互联网的普及，物联网被认为是继计算机、互联网之后的第三次信息革命浪潮。物联网已经在全世界得到极大的重视，主要工业化国家纷纷提出了各自的物联网发展战略。在我国，物联网已被视为战略性新兴产业，成为推动产业升级、经济增长的重要引擎。

1.1 物联网的概念

物联网（Internet of Things, IoT）是新一代信息技术的重要组成部分，其英文名称贴切地表达了“物物相连的互联网”这一本质含义。这里有两个基本点需要把握：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是基于互联网的延伸和扩展；第二，物联网终端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，并试图进行物与物之间的信息交换。

1.1.1 物联网的定义

物联网目前还没有一个精确且公认的定义，主要的原因是：第一，物联网的理论体系尚处于发展时期，对其认识还有待深化，人们需要通过大量的理论研究和工程实践来通过现象看到本质；第二，由于物联网与互联网、移动通信网、传感网等都有密切关系，不同领域的研究者对物联网思考所基于的出发点不同，短期内还没有达成共识^[2]。

最初的物联网也称为传感网，是将各种信息传感设备，如射频识别（RFID）装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等装置与互联网结合起来而形成的一个巨大网络，其目的是让所有的物品都与网络连接在一起，方便识别和管理^[1-3]。



2009年9月，在北京举办的“物联网与企业环境中欧研讨会”上，欧盟委员会信息和社交媒体公司RFID部门负责人Lorent Ferderix博士给出了欧盟对物联网的定义：物联网是一个动态的全球网络基础设施，它具有基于标准和互操作通信协议的自组织能力，其中物理的和虚拟的“物”具有身份标识、物理属性、虚拟的特性和智能的接口，并与信息网络无缝整合。物联网将与媒体互联网、服务互联网和企业互联网一道构成未来的互联网。

目前，对物联网有一个为业界基本接受的定义：物联网是通过各种信息传感设备及系统（如传感器网络、射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、条码与二维码、全球定位系统、激光扫描器等）和其他基于物物通信模式的短距离无线传感网络，按约定的协议，把任何物体通过各种接入网与互联网连接起来所形成的一个巨大的智能网络，通过这一网络可以进行信息交换、传递和通信，以实现物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。

上述定义同时也说明了IoT的技术组成和联网目的。如果说互联网可以实现人与人之间的交流，那么IoT则可以实现人与物、物与物之间的联通。按照这一定义，IoT的概念模型如图1.1所示^[4]。

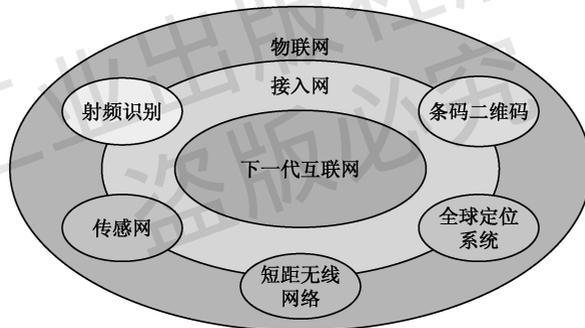


图 1.1 物联网的概念模型

从图1.1中我们可以看到，物联网将生活中的各类物品与它们的属性标识后连接到一张巨大的互联网上，使得原来只是人与人交互的互联网升级为连接世界万物的物联网。通过物联网，人们可以获得任何物品的信息，而对这些信息的提取、处理及合理运用将使人类的生产和生活产生巨大的变革。这里的“物”具有以下条件才能被纳入“物联网”的范围：相应物品信息的接收器、数据传输通路、一定的存储功能、CPU、操作系统、专门的应用程序、数据发送器、遵循物联网的通信协议，以及在网络中有可被识别的唯一编号。

在物联网时代，通过在各种各样的物品中嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点的人与人之间的沟通连接扩展到人与物和物与物之间的沟通连接。美国总统奥巴马于2009年1月28日与美国工商



业领袖举行了一次“圆桌会议”，作为仅有的两名代表之一，IBM 首席执行官彭明盛首次提出了“智慧地球”这一概念。智慧地球，就是把感应器嵌入和配置到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中，并且被普遍连接，形成物联网。一个物物相连的智慧地球如图 1.2 所示。



图 1.2 智慧地球的概念

1.1.2 物联网的发展过程

1999 年，美国麻省理工学院（MIT）的 Auto-ID 中心创造性地提出了当时被称为 EPC（Electronic Product Code，产品电子代码）系统的物联网雏形构想。通过把所有物品经由射频识别等信息传感设备与互联网连接起来，实现初步的智能化识别和管理。一个 EPC 物联网体系架构^[5-6]主要应由 EPC 编码、EPC 标签及 RFID 读写器、中间件系统、ONS 服务器和 EPC IS 服务器等部分构成，如图 1.3 所示。

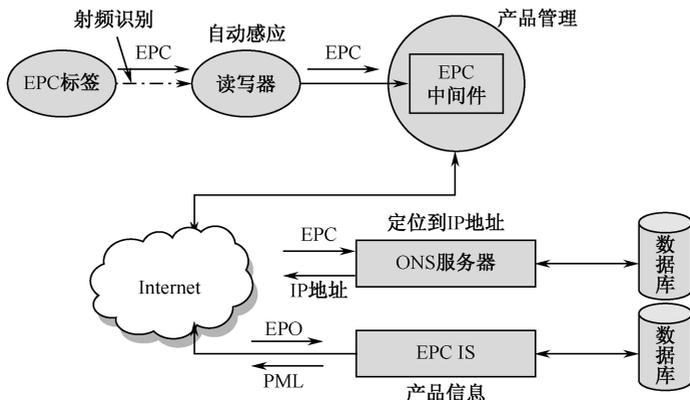


图 1.3 EPC 系统工作流程示意图



2004年日本总务省提出了 u-Japan 构想, 希望在 2010 年将日本建设成一个“任何时间、任何地点、任何物品、任何人”都可以上网的环境。同年, 韩国政府制定了 u-Korea 战略, 韩国信通部发布《数字时代的人本主义: IT839 战略》以具体呼应 u-Korea。

2005年11月17日, 在突尼斯举行的信息社会世界峰会(W SIS)上, 国际电信联盟(ITU)发布《ITU 互联网报告 2005: 物联网》^[7], 从此物联网的概念正式诞生。这里, 物联网的定义发生了变化, 覆盖范围有了较大的拓展, 不再只是指基于 RFID 的物联网。报告指出, 无所不在的“物联网”通信时代即将来临, 世界上所有的物体, 从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过因特网主动进行信息交换。射频识别技术(RFID)、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。物联网概念的兴起, 很大程度上得益于国际电信联盟 2005 年以物联网为标题的年度互联网报告。然而, ITU 的报告对物联网的定义仍然是初步的。

2008年, 欧盟智慧系统整合科技联盟(EPOSS)在《2020 的物联网: 未来蓝图》报告中大胆预测了物联网的发展阶段: 2010 年之前, RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域; 2010—2015 年物体互联; 2015—2020 年物体进入半智能化; 2020 年之后物体进入全智能化。

2009年1月, 美国 IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念^[8], 物联网在全球开始受到极大关注, 中国与美国等国家均把物联网的发展提到了国家级的战略高度, 相关行业为之鼓舞, 各大公司纷纷推出相应的计划和举措, 因而 2009 年又被称为“物联网元年”。

2009年, 欧盟委员会发表了《欧盟物联网行动计划》, 它描述了物联网技术应用的前景, 并提出了加强对物联网的管理、完善隐私和个人数据保护、提高物联网的可信度、推广标准化、建立开放式的创新环境、推广物联网应用等建议。2009年7月, 日本 IT 战略本部颁布了日本新一代的信息化战略——“i-Japan”战略, 以让数字信息技术融入每一个角落。将政策目标聚焦在三大公共事业——电子化政府治理、医疗健康信息服务、教育与人才培养。提出到 2015 年, 通过数位技术达到“新的行政改革”, 实现行政流程简单化、效率化、标准化、透明化, 同时推动电子病历、远程医疗、远程教育等应用的发展。与此同时, 韩国信通部发布了新修订的《IT839 战略》, 明确提出了物联网基础设施构建基本规划, 将物联网市场确定为新增长动力; 认为无处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武装而成的社会形态。在无所不在的网络社会中, 所有人可以在任何地点、任何时刻享受现代信息技术带来的便利。图 1.4 展示了物联网发展的社会背景。

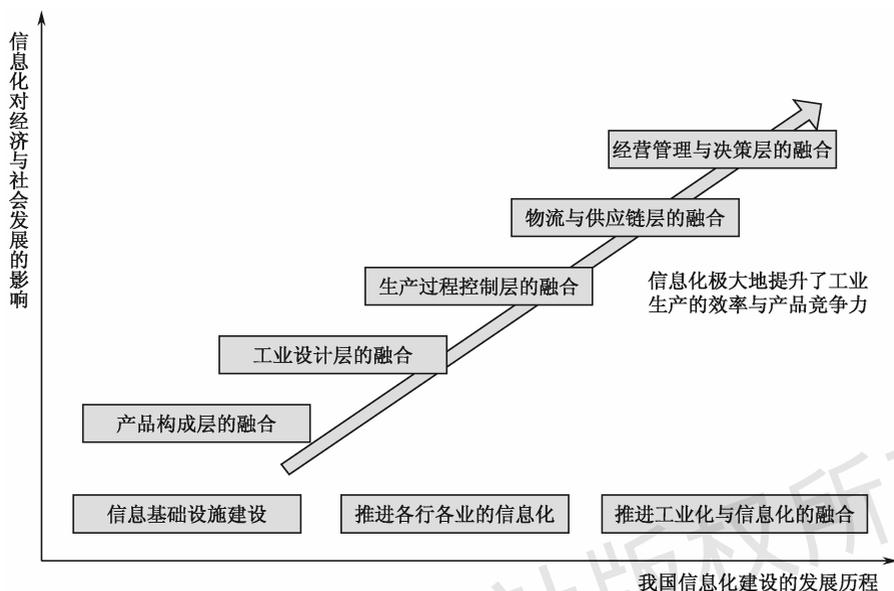


图 1.4 物联网发展的社会背景^[10]

2009年8月，中国总理温家宝在无锡视察时指出，要在激烈的国际竞争中迅速建立中国的传感信息中心或“感知中国中心”，表示中国要抓住机遇，大力发展物联网技术。同年11月，温家宝总理在北京人民大会堂向北京科技界发表了题为“让科技引领可持续发展”的重要讲话，表示要将物联网列入信息网络的发展，并强调信息网络产业是世界经济复苏的重要驱动力。2009年12月，工业和信息化部开始统筹部署宽带普及、三网融合、物联网及下一代互联网发展计划。2010年3月5日，国务院总理温家宝在十一届全国人大三次会议上作政府工作报告时指出，要积极推动三网融合，加快物联网发展。2010年9月《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中确定了七大战略性新兴产业，明确将物联网作为新一代信息战略性新兴产业^[9]。

2011年以来，我国有更多的城市、科研机构、企业和学校加入物联网的队伍中来，物联网市场规模迅速增长。根据预测，2035年前后，我国的传感网终端将达到数千亿个；到2050年传感器将在生活中无处不在。

受各国战略引领和市场推动，全球物联网应用呈现加速发展态势，物联网所带动的新型信息化与传统领域走向深度融合，物联网对行业和市场所带来的冲击和影响已经广受关注。总体来看，全球物联网应用仍处于发展初期，物联网在行业领域的应用逐步广泛深入，在公共市场的应用开始显现，M2M（机器与机器通信）、车联网、智能电网是近两年全球发展较快的重点应用领域。



M2M (Machine to Machine) 是率先形成完整产业链和内在驱动力的应用。M2M 市场非常活跃, 发展非常迅猛。到 2013 年年底, 全球 M2M 连接数达到 1.95 亿, 年复合增长率为 38%。目前, 全球已有 428 家移动运营商提供 M2M 服务, 在安防、汽车、工业检测、自动化、医疗和智慧能源管理等领域增长非常快。

车联网是物联网市场化潜力最大的应用领域之一。车联网可以实现智能交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化服务, 正在成为汽车工业信息化提速的突破口。全球车载信息服务市场非常活跃, 成规模的厂商多达数百家, 最具代表性的全球化车载信息服务平台如通用的安吉星 (OnStar)、丰田的 G-book。到 2013 年年底, 安吉星在全球拥有超过 660 万的用户。2014 年 1 月份, 雪佛兰、AT&T 和 OnStar 宣布密切合作, 通过 AT&T 的 4G LTE 网络, 由 OnStar 为雪佛兰汽车提供基于 HTML5 的应用程序商店服务, 包括音乐、天气、新闻、汽车健康检测等多项内容。

全球智能电网应用进入发展高峰期。2013 年与智能电网配套使用的智能电表安装数量已超过 7.6 亿只, 到 2020 年智能电网预计将覆盖全世界 80% 的人口。

2014 年, 发达国家把握物联网发展契机, 积极进行产业战略布局。继美国政府提出制造业复兴战略以来, 美国逐步将物联网的发展和重塑美国制造优势计划结合起来以期重新占领制造业制高点。欧盟建立了相对完善的物联网政策体系, 积极推动物联网技术研发。德国联邦政府在《高技术战略 2020 行动计划》中明确提出了工业 4.0 理念。韩国政府则预见以物联网为代表的信息技术产业与传统产业融合发展的广阔前景, 持续推动融合创新。

2015 年以来, 各国不断深化物联网技术研究, 围绕物联网的技术研究和创新持续活跃, 同时也加速了物联网国际化进程。物联网体系架构对推动物联网规模和可持续发展具有重要意义而成为全球关注和推进的重点, 多种短距离通信技术互补共存并面向重点行业领域特殊需求加快优化和适配, 无线传感网方面跨异构传输机制的网络层和应用层协议成为研发热点, 语义技术作为推进物联网感知信息自动识别处理和共享的基础而受到普遍重视, 物联网与移动互联网在端管云多层融合协同发展。

从全球看, 物联网整体上处于加速发展阶段, 物联网产业链上下游企业资源投入力度不断加大。基础半导体巨头纷纷推出适应物联网技术需求的专用芯片产品, 为整体产业快速发展提供了巨大的推动力。应用领域业务融合创新带动产业发展势头明显, 工业物联网、车联网、消费智能终端市场等已形成一定的市场规模, M2M 更是成为全球电信运营企业重要的业务增长点。

经过几年的发展, 我国物联网在技术研发、标准研制、产业培育和行业应用等方面已具备一定基础, 但仍然存在一些制约物联网发展的深层次问题需要解决。为了推进物联网有序健康发展, 我国政府加强了对物联网发展方向和发展重点的规范引导, 不断优化物联



网发展的环境。

2016年以来,物联网的理念和相关技术产品已经广泛渗透到社会经济民生的各个领域,在越来越多的行业创新中发挥关键作用。物联网凭借与新一代信息技术的深度集成和综合应用,在推动转型升级、提升社会服务、改善服务民生、推动增效节能等方面正发挥重要的作用,在部分领域正带来真正的“智慧”应用。

例如,物联网在钢铁冶金、石油石化、机械装备制造和物流等领域的应用比较突出,传感控制系统在工业生产中成为标准配置。例如,工程机械行业通过采用 M2M、GPS 和传感技术,实现了百万台重工设备在线状态监控、故障诊断、软件升级和后台大数据分析,使传统的机械制造引入了智能。采用基于无线传感器技术的温度、压力、温控系统,在油田单井野外输送原油过程中彻底改变了人工监控的传统方式,大量降低能耗,现已在大庆油田等大型油田中规模应用。物联网技术还被广泛用于全方位监控企业的污染排放状况和水、气质量监测,一个全面监控工业污染源的网络正在形成。

物联网可以应用在农业资源和生态环境监测、农业生产精细化管理、农产品储运等环节。例如,国家粮食储运物联网示范工程采用先进的联网传感节点技术,每年可以节省几个亿的清仓查库费用,并减少数百万吨的粮食损耗。

近几年,我国智能交通市场规模一直保持稳步增长,在智能公交、电子车牌、交通疏导、交通信息发布等典型应用方面已经开展了积极实践。智能公交系统可以实时预告公交到站信息,如广州试点线路上实现了运力客流优化匹配,使公交车运行速度提高,惠及沿线 500 万居民公交出行。

ETC 是解决公路收费站拥堵的有效手段,也是确保节能减排的重要技术措施,到 2016 年年底,全国 ETC 用户超过 4000 万(2013 年是 500 万)。我国已有若干示范机场依托 RFID 等技术,实现了航空运输行李全生命周期的可视化跟踪与精确化定位,使工人劳动强度降低 20%,分拣效率提高 15% 以上。

国家电网公司已在总部和 16 家省网公司建立了“两级部署、三级应用”的输变电设备状态监测系统,实现对各类输变电设备运行状态的实时感知、监视预警、分析诊断和评估预测。在用户层面,智能电表安装量已达到 1.96 亿只,用电信息自动采集突破 2 亿户。从 2015 年开始,国家电网启动建设 50 座新一代智能变电站,完成 100 座变电站智能化改造,全年预计安装新型智能电表 6000 万只。南方电网的发展规划中也明确要推广建设智能电网,到 2020 年城市配电网自动化覆盖率达到 80%。

通过充分应用 RFID、传感器等技术,物联网可以应用在社会生活的各个方面。例如,在食品安全方面,我国大力开展食品安全溯源体系建设,采用二维码和 RFID 标识技术,建成了重点食品质量安全追溯系统国家平台和 5 个省级平台,覆盖了 35 个试点城市,789 家



乳品企业和 1300 家白酒企业。目前药品、肉菜、酒类和乳制品的安全溯源正在加快推广，并向深度应用拓展。在医疗卫生方面，集成了金融支付功能的一卡通系统推广到全国 300 多家三甲医院，使大医院接诊效率提高 30% 以上，加速了社会保障卡、居民健康卡等“医疗一卡通”的试点和推广进程。在智能家居方面，结合移动互联网技术，以家庭网关为核心，集安防、智能电源控制、家庭娱乐、亲情关怀、远程信息服务等于一体的物联网应用，大大提升了家庭的舒适程度和安全节能水平。

遍布城市各处的物联网感知终端构成城市的神经末梢，对城市运行状态进行实时监测，从地下管网监测到路灯、井盖等市政设施的管理，从高清视频监控系统到不停车收费，从水质、空气污染监测到建筑节能，从工业生产环境监控到制造业服务化转型，智慧城市建设的重点领域和工程，为物联网集成应用提供了平台。

我国在物联网领域技术研发攻关和创新能力不断提升，在传感器、RFID、M2M、标识解析、工业控制等特定技术领域已经拥有一定具有自主知识产权的成果，部分自主技术已经实现一定产业应用；在物联网通用架构、数据与语义、标识和安全等基础技术方面正加紧研发布局。

目前，我国已经形成涵盖感知制造、网络制造、软件与信息处理、网络与应用服务等门类的相对齐全的物联网产业体系，产业规模不断扩大，已经形成环渤海、长三角、珠三角，以及中西部地区四大区域集聚发展的空间布局，呈现出高端要素集聚发展的态势。

回顾物联网的发展史，针对我国经济的状况，我们可以发现，我国政府在大规模的基础建设执行中，植入“智慧”的理念，积极促进物联网产业的发展，不仅能够短期内有力的刺激经济、促进就业，而且能够从长远上为我国打造一个成熟的智慧基础设施平台。目前，在现实生活中，物联网的具体应用已不再陌生。物联网给我们构建了一个十分美好的蓝图，可以想象，在不远的未来，人们可以通过物物相连的庞大网络实现智能交通、智能安防、智能监控、智能物流，以及家庭电器的智能化控制。

1.1.3 物联网的特征

与传统的互联网相比，物联网到底有什么不同呢？

首先，它是各种感知技术的广泛应用。物联网上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，按一定的频率周期性地采集环境信息，并不断地更新数据。

其次，它是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍是互联网，通过各种有线网络、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。但是，物联网上的传感器定时采集的信息数量极其庞大，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，必须采用更有效的技术手段以适应各种异构网络和协议环境。

再次，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的能力，能够对物体实施智能控制。也就是说，物联网是更加智能的网络。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计算技术，大大扩充了互联网的应用领域。从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的信息，能更加有效地适应不同用户的需求，并导致新的应用领域和应用模式的发现。

1.1.4 深入理解物联网时应注意的问题

在深入理解物联网的概念时，为了更精确地把握物联网的核心内涵，要注意以下三个问题。

第一，把传感网或 RFID 网等同于物联网。事实上传感技术也好、RFID 技术也好，都仅仅是信息采集技术之一。除传感技术和 RFID 技术外，GPS、红外、激光、扫描等所有能够实现自动识别与物物通信的技术都可以成为物联网的信息采集技术。传感网、RFID 网只是物联网的一种应用，不是物联网的全部。

第二，把物联网当成互联网的无边无际的无限延伸，把物联网当成所有物的完全开放、全部互连、全部共享的互联网平台。实际上物联网不是简单的全球共享互联网的无限延伸。即使互联网也不仅仅指我们通常认为的国际共享的计算机网络，互联网也有广域网和局域网、内网与外网、公用和专用之分。物联网既可以是我们的平常意义上的互联网向物的延伸，也可以根据现实需要及产业应用组成局域网、专业网。现实中没必要也不可能使全部物品连网，也没有必要使专业网、局域网都连接到全球互联网共享平台。今后的物联网与互联网会有很大不同，类似智慧物流、智能交通、智能电网、智能小区这样的物联网更适合采取局域网或专网的形式，这可能是最大的应用空间。

第三，认为物联网就是物物互联的无所不在的网络，因此认为物联网是空中楼阁，是目前很难实现的技术。事实上物联网是实实在在的，很多初级的物联网应用早就在为我们服务。物联网理念就是在很多现实应用基础上推出的聚合型、集成型创新，是对早就存在的具有物物互联的网络化、智能化、自动化系统的概括与提升，它从更高的角度提升了我们的认识。

1.2 物联网系统结构

物联网有别于互联网，互联网主要目的是构建一个全球性的计算机通信网络，而物联网则主要是从应用出发，利用互联网、无线通信网络资源进行业务信息的传送，是互联网、



移动通信网应用的延伸,是自动化控制、遥控遥测及信息应用技术的综合展现。当物联网概念与近距离通信、信息采集与网络技术、用户终端设备结合后,其价值才将逐步得到展现。因此,设计物联网系统结构时应该遵循以下几条原则^[11]。

- 多样性原则:物联网体系结构必须根据物联网的服务类型、节点的不同,分别设计多种类型的系统结构,不能也没有必要建立起统一的标准系统结构。
- 时空性原则:物联网尚在发展之中,其系统结构应能满足在物联网的时间、空间和能源方面的需求。
- 互联性原则:物联网体系结构需要平滑地与互联网实现互连互通;如果试图另行设计一套互联通信协议及其描述语言将是不现实的。
- 可扩展性原则:对于物联网系统结构的架构,应该具有一定的扩展性设计,以便最大限度地利用现有网络通信基础设施,保护已投资利益。
- 安全性原则:物物互联之后,物联网的安全性将比计算机互联网的安全性更为重要,因此物联网的系统结构应能够防御大范围内的网络攻击。
- 健壮性原则:物联网系统结构应具备相当好的健壮性和可靠性。

根据信息生成、传输、处理和应用的过程,可以把物联网系统从结构上分为四层:感知层、传输层、支撑层、应用层^[4],如图 1.5 所示。



图 1.5 物联网的系统结构

感知层是为了实现全面感知,即利用 RFID、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息;传输层的目的是可靠传递,通过各种电信网络与互联网的融合,将物体的信息实时准确地传递出去;支撑层的功能是智能处理,利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术,对海量数据和信息进行分析和处理,对物体实施智能化的控制;应用层利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的服务。



1.2.1 感知层

感知层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。物联网的数据采集涉及传感器、RFID、多媒体信息采集、二维码和实时定位等技术，如温度感应器、声音感应器、图像采集卡、震动感应器、压力感应器、RFID读写器、二维码识读器等，都是用于完成物联网应用的数据采集和设备控制的。

传感器网络的感知主要通过各种类型的传感器对物体的物质属性、环境状态、行为态势等静、动态的信息进行大规模、分布式的信息获取与状态辨识，针对具体感知任务，通常采用协同处理的方式对多种类、多角度、多尺度的信息进行在线或实时计算，并与网络中的其他单元共享资源进行交互与信息传输，甚至可以通过执行器对感知结果做出反应，对整个过程进行智能控制。

在感知层，主要采用的设备是装备了各种类型传感器（或执行器）的传感网节点和其他短距离组网设备（如路由节点设备、汇聚节点设备等）。一般这类设备的计算能力都有限，主要的功能和作用是完成信息采集和信号处理工作，这类设备中多采用嵌入式系统软件与之适应。由于需要感知的地理范围和空间范围比较大，包含的信息也比较多，该层中的设备还需要通过自组织网络技术，以协同工作的方式组成一个自组织的多节点网络进行数据传递。

1.2.2 传输层

传输层主要功能是直接通过现有互联网（IPv4/IPv6 网络），移动通信网（如 GSM、TD-SCDMA、WCDMA、CDMA、无线接入网、无线局域网等），卫星通信网等基础网络设施，对来自感知层的信息进行接入和传输。网络层主要利用现有的各种网络通信技术，实现对信息的传输功能。

传输层主要采用能够接入各种异构网的设备，如接入互联网的网关、接入移动通信网的网关等。由于这些设备具有较强的硬件支撑能力，因此可以采用相对复杂的软件协议进行设计，其功能主要包括网络接入、网络管理和网络安全等。目前的接入设备多为传感网与公共通信网（如有线互联网、无线互联网、GSM 网、TD-SCDMA 网、卫星网等）的连通。

1.2.3 支撑层

支撑层主要是在高性能网络计算环境下，将网络内大量或海量信息资源通过计算整合成一个可互连互通的大型智能网络，为上层的网络管理和大规模行业应用建立一个高效、可靠和可信的网络计算超级平台。例如，通过能力超强的超级计算中心，以及存储器集群



系统（如云计算平台、高性能并行计算平台等）和各种智能信息处理技术，对网络内的海量信息进行实时的高速处理，对数据进行智能化挖掘、管理、控制与存储。支撑层利用了各种智能处理技术、高性能分布式并行计算技术、海量存储与数据挖掘技术、数据管理与控制等多种现代计算机技术。

在支撑层主要的系统设备包括：大型计算机群、海量网络存储设备、云计算设备等。在这一层次上需要采用高性能计算技术及大规模的高速并行计算机群，对获取的海量信息进行实时的控制和管理，以便实现智能化信息处理、信息融合、数据挖掘、态势分析、预测计算、地理信息系统计算，以及海量数据存储等，同时为上层应用提供一个良好的用户接口。

1.2.4 应用层

应用层中包括各类用户界面显示设备及其他管理设备等，这也是物联网系统结构的最高层。应用层根据用户的需求可以面向各类行业实际应用的管理平台和运行平台，并根据各种应用的特点集成相关的内容服务，如智能交通系统、环境监测系统、远程医疗系统、智能工业系统、智能农业系统、智能校园等。

为了更好地提供准确的信息服务，在应用层必须结合不同行业的专业知识和业务模型，同时需要集成和整合各种各样的用户应用需求并结合行业应用模型（如水灾预测、环境污染预测等），构建面向行业实际应用的综合管理平台，以便完成更加精细和准确的智能化信息管理。例如，当对自然灾害、环境污染等进行检测和预警时，需要相关生态、环保等各种学科领域的专门知识和行业专家的经验。

在应用层建立的诸如各种面向生态环境、自然灾害监测、智能交通、文物保护、文化传播、远程医疗、健康监护、智能社区等应用平台，一般以综合管理中心的形式出现，并可按照业务分解为多个子业务中心。

1.3 物联网的应用

物联网在实际应用上的开展需要各行各业的参与，并且需要国家政府的主导，以及相关法规政策上的扶助，物联网的应用具有规模性、广泛参与性、管理性、技术性、物的属性等特征。物联网的应用需要智能化信息处理技术的支撑，主要需要针对大量的数据通过深层次的数据挖掘，并结合特定行业的知识和前期科学成果，建立针对各种应用的专家系统、预测模型、内容和人机交互服务。专家系统利用业已成熟的某领域专家知识库，从终端获得数据，比对专家知识，从而解决某类特定的专业问题。预测模型和内容服务等基于物联网提供深入的认识和掌握，以做出准确的预测预警，以及应急联动管理。人机交互与



服务也体现了物联网“为人类服务”的宗旨。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^[12-13]。图 1.6 展示了物联网的主要应用领域。

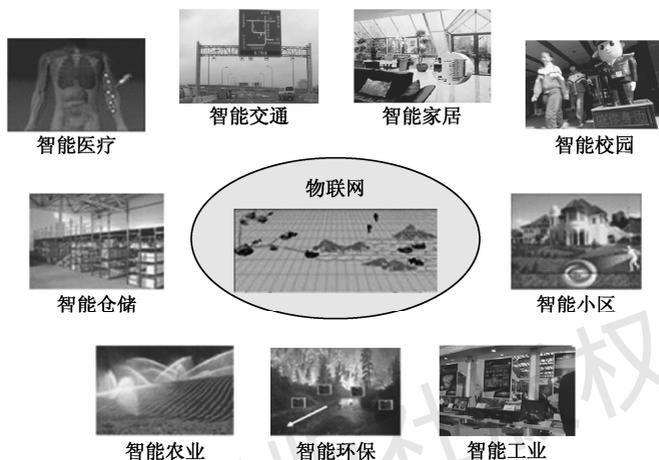


图 1.6 物联网的应用示意图

1.3.1 物联网的应用模式

根据物联网的实际用途，可以归结出它的三种基本应用模式。

(1) 标签模式。通过二维码、RFID 等技术标识特定的对象，用于区分对象个体。例如在生活中我们使用的各种智能卡、条码标签的基本用途就是用来获得对象的识别信息；此外通过智能标签还可以用于获得对象物品所包含的扩展信息，如智能卡上的金额余额、二维码中所包含的网址和名称等。

(2) 监控跟踪模式。利用多种类型的传感器和分布广泛的传感器网络，可以实现对某个对象的实时状态的获取和特定对象行为的监控。例如，使用分布在市区的各个噪音探头监测噪声污染，通过二氧化碳传感器监控大气中二氧化碳的浓度，通过 GPS 标签跟踪车辆位置，通过交通路口的摄像头捕捉实时交通流程等。

(3) 控制模式。物联网基于云计算平台和智能网络，可以依据传感器网络用获取的数据进行决策，改变对象的行为进行控制和反馈。例如，根据光线的强弱调整路灯的亮度，根据车辆的流量自动调整红绿灯间隔等。



1.3.2 物联网的典型应用

物联网具有非常广泛的用途，可大体概括为如下 10 个主要应用领域。

1. 智能家居

将各种家庭设备（如音/视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统、网络家电等）通过电信宽带、固话和 3G 无线网络连接起来，实现对家庭设备的远程操控。与普通家居相比，智能家居不仅具有传统的居住功能，提供舒适安全、高品位且宜人的家庭生活空间，还由原来的被动静止结构转变为具有能动智慧的工具，提供全方位的信息交换功能，帮助家庭与外部保持信息交流畅通，优化人们的生活方式，帮助人们有效安排时间，增强家居生活的安全性，甚至为各种能源费用节约资金^[14]。

智能家居系统包含的主要子系统有：家居布线系统、家庭网络系统、智能家居（中央）控制管理系统、家居照明控制系统、家庭安防系统、背景音乐系统、家庭影院与智能家居控制系统多媒体系统、家庭环境控制系统八大系统^[15]。

当前，国家电网公司正在积极推进智能小区建设，很多智能家居的方案也正在逐步实践中，相信不久的将来，更多的市民能够享受到这种智能家居带来的方便、舒适、安全和乐趣。图 1.7 为智能家居应用的一个例子。在智能家居的应用场景中，用户在下班回家的路上即可用手机启动“下班”业务流程，将热水器和空调调节到预设的温度，并检测冰箱内的食物容量，如不足则通过网络下订单要求超市按照当天的菜谱送货。

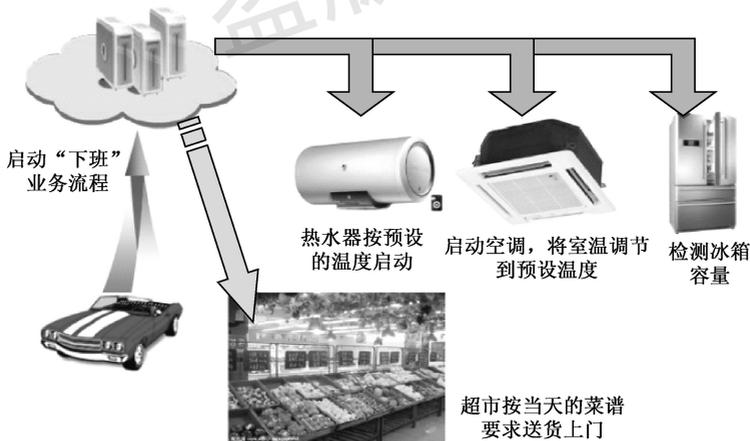


图 1.7 智能家居应用示意图

2. 智能医疗

智能医疗系统借助实用的家庭医疗传感设备，对家中病人或老人的生理指标进行监测，



并将生成的生理指标数据通过电信网络或 3G 无线网络传送到护理人或有关医疗单位。根据客户需求,系统还提供相关增值业务,如紧急呼叫救助服务、专家咨询服务、终生健康档案管理服务。智能医疗系统有望解决了现代社会健康保健瓶颈问题。图 1.8 为智能医疗的应用示意图。通过使用生命体征检测设备、数字化医疗设备等传感器采集用户的体征数据,通过有线网络或者无线网络将这些数据传送到远端的服务平台,由平台上的服务医生根据数据指标,为远端用户提供保健、预防、监测、呼救于一体的远程医疗与健康管理的智能医疗系统。

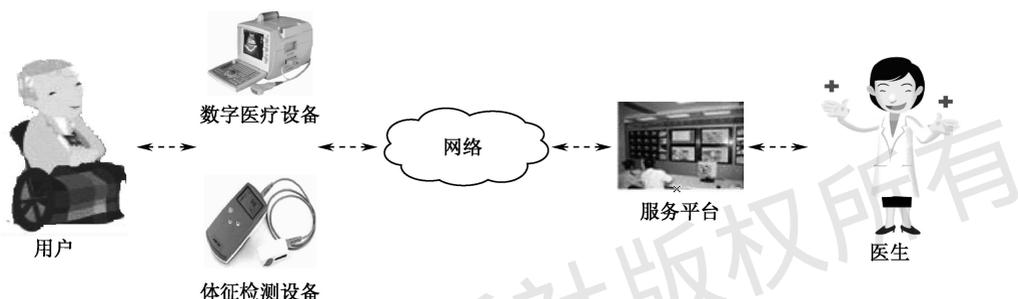


图 1.8 智能医疗应用示意图

3. 智能城市

智能城市是指充分借助物联网、传感网,涉及智能楼宇、智能家居、路网监控、智能医院、城市生命线管理、食品药品管理、票证管理、家庭护理、个人健康与数字生活等诸多领域,把握新一轮科技创新革命和信息产业浪潮的重大机遇,充分发挥信息通信 (ICT) 产业发达、RFID 相关技术领先、电信业务及信息化基础设施优良等优势,通过建设 ICT 基础设施、认证、安全等平台 and 示范工程,加快产业关键技术攻关,构建城市发展的智慧环境,形成基于海量信息和智能过滤处理的新的生活、产业发展、社会管理等模式,面向未来构建全新的城市形态。

智能城市系统包括对城市的数字化管理和城市安全的统一监控。前者利用“数字城市”理论^[16],基于 3S (地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS、遥感系统 RS) 等关键技术,深入开发和应用空间信息资源,建设服务于城市规划、城市建设和管理,服务于政府、企业、公众,服务于人口、资源环境、经济社会的可持续发展的信息基础设施和信息系统。后者基于宽带互联网的实时远程监控、传输、存储、管理的业务,利用电信网络无处不在的宽带和 3G,将分散、独立的图像采集点进行连网,实现对城市安全的统一监控、统一存储和统一管理,为城市管理和建设者提供一种全新、直观、可视的管理工具。

图 1.9 为智能城市 (平安城市) 应用示意图。利用部署在大街小巷的传感器,实现图像敏感性智能分析与 110、119、120 等交互,实现探头与探头之间、探头与人、探头与报



警系统之间的联动，从而构建和谐安全的城市生活环境。

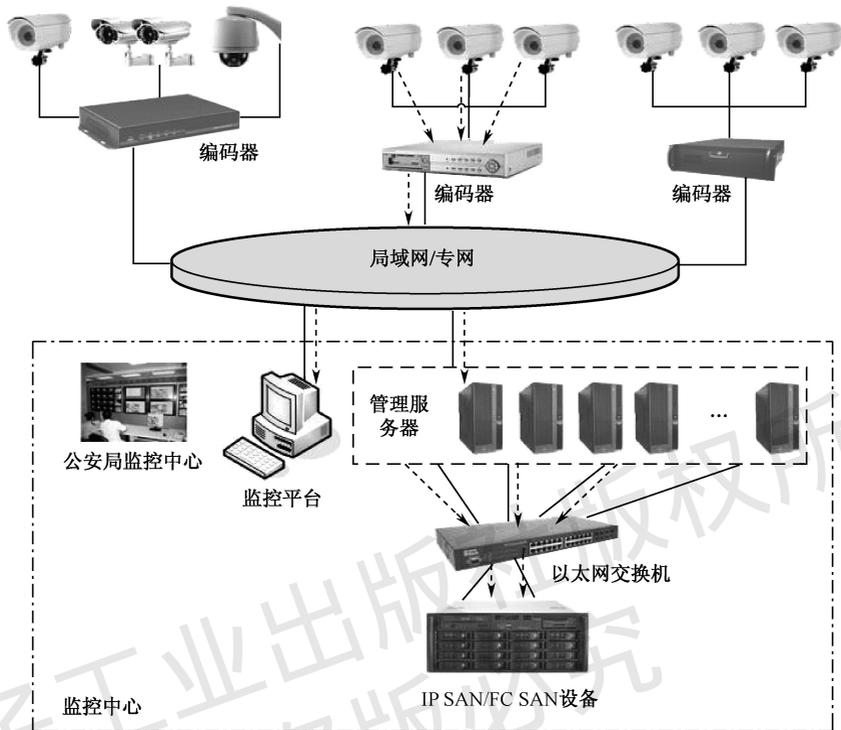


图 1.9 智能城市应用示意图 (平安城市)

4. 智能环保

智能环保系统通过对实环境的自动监测，实现实时、连续地监测和远程监控，及时掌握水体、大气、土壤的状况，预警预报重大污染事件。智能环保是物联网的一个重要应用领域，物联网自动、智能的特点非常适合环境信息的监测。一般来讲，智能环保系统结构可以从 4 个方面理解。

第一，在感知层，主要功能是通过传感器节点等感知设备，获取环境监测的信息，如温度、湿度、光照度等。由于环境监测需要感知的地理范围比较大，所包含的信息量也比较大，该层中的设备需要通过无线传感器网络技术组成一个自治网络，采用协同工作的方式，提取出有用的信息，并通过接入设备与互联网中的其他设备实现资源共享与交流互通。

第二，在传输层，主要功能是通过现有的公用通信网（如有线 Internet、WLAN、GSM、CDMA）、卫星网等基础设施，将来自感知层的信息传送到互联网中；然后以 IPv6/IPv4 为核心建立的互联网平台，将网络内的信息资源整合成一个可以互连互通的大型智能网络，为上层服务管理和大规模环境监测应用建立起一个高效、可靠、可信的基础设施平台。



第三，在支撑层，主要功能是通过大型的中心计算平台（如高性能并行计算平台等），对网络内的环境监测获取的海量信息进行实时管理和控制，并为上层应用提供一个良好的用户接口。

第四，在应用层，主要功能是集成系统底层的功能，构建起面向环境监测的行业实际应用，如生态环境与自然灾害实时监测、趋势预测、预警及应急联动等。环保监测系统由三个组成部分：数据采集前端（感知层）、信号采集控制及传输（传输层）、监控中心（支撑层和应用层）。典型的智能环保系统架构如图 1.10 所示。

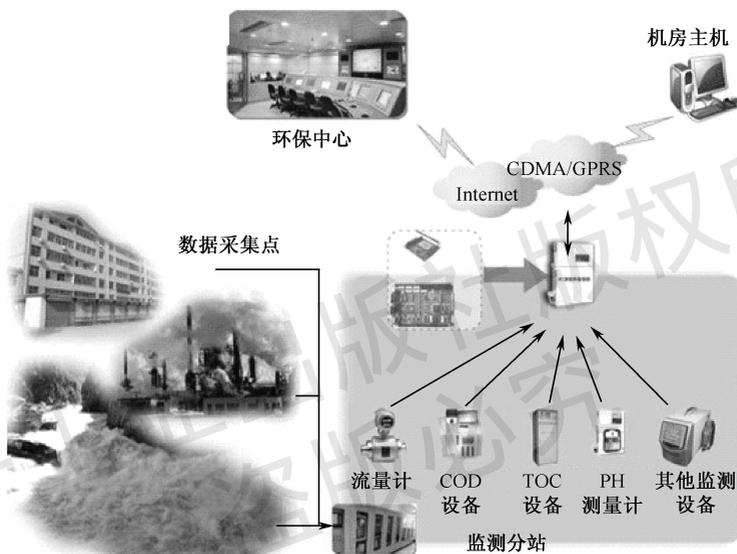


图 1.10 空气环境质量实时监测系统架构图

5. 智能交通

智能交通是一个基于现代电子信息技术面向交通运输的服务系统，其突出特点是以信息的收集、处理、发布、交换、分析、利用为主线，为交通参与者提供多样性的服务。说白了就是利用高科技使传统的交通模式变得更加智能化，更加安全、节能、高效。21 世纪将是公路交通智能化的世纪，人们将要采用的智能交通系统，是一种先进的一体化交通综合管理系统。在该系统中，车辆靠自己的智能在道路上自由行驶，公路靠自身的智能将交通流量调整至最佳状态，借助于这个系统，管理人员对道路、车辆的行踪将掌握得一清二楚。

智能交通系统包括公交行业无线视频监控平台、智能公交站台、电子票务、车管专家和公交手机一卡通等业务^[17]。公交行业无线视频监控平台利用车载设备的无线视频监控和 GPS 定位功能，对公交运行状态进行实时监控。智能公交站台通过媒体发布中心与电子站牌的数据交互，实现公交调度信息数据的发布和多媒体数据的发布功能，还可以利用电子



站牌实现广告发布等功能。电子门票是二维码应用于手机凭证业务的典型应用，以手机为平台、以移动网络为媒介，通过特定技术实现凭证功能。车管专家利用全球卫星定位技术、无线通信技术（CDMA）、GIS、3G 等技术，将车辆的位置与速度，车内外的图像、视频等各类媒体信息及其他车辆参数等进行实时管理，有效满足对车辆管理的各类需求。行车监管系统通过将车辆测速系统、高清电子警察系统的车辆信息实时接入车辆管控平台，同时结合交警业务需求，基于 GIS 地理信息系统通过 3G 无线通信模块实现报警信息的智能、无线发布，从而快速处置违法、违规车辆。公交手机一卡通将手机终端作为城市公交一卡通的介质，除完成公交刷卡功能外，还可以实现小额支付、空中充值等功能。图 1.11 为智能交通示意图。

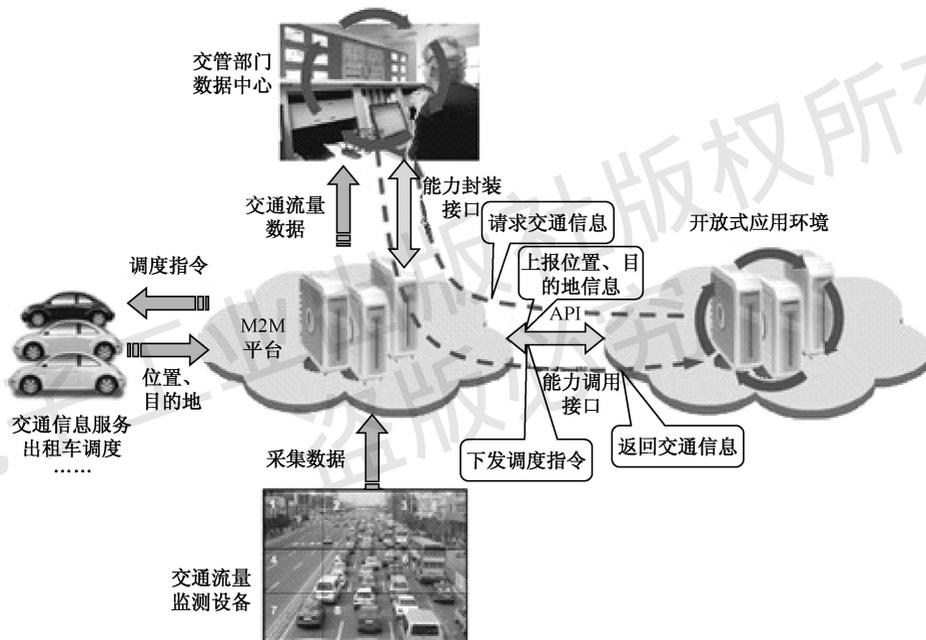


图 1.11 智能交通应用示意图—车辆调度

6. 智能工业

工业是物联网应用的重要领域，具有环境感知能力的各类终端、基于泛在技术的计算模式、移动通信等不断融入到工业生产的各个环节，可大幅提高制造效率，改善产品质量，降低产品成本和资源消耗，将传统工业提升到智能工业的新阶段。首先，物联网用于制造业供应链管理，在企业原材料采购、库存、销售等领域，通过完善和优化供应链管理体系，提高了供应链效率，降低了成本。空中客车（Airbus）通过在供应链体系中应用传感网络技术，构建了全球制造业中规模最大、效率最高的供应链体系。其次，物联网用于生产过程工艺优化，可提高生产线过程检测、实时参数采集、生产设备监控、材料消耗监测的能力



和水平。生产过程的智能监控、智能控制、智能诊断、智能决策、智能维护水平不断提高。例如，钢铁企业应用各种传感器和通信网络，在生产过程中实现对加工产品的宽度、厚度、温度的实时监控，从而提高产品质量，优化生产流程。第三，产品设备监控管理，通过各种传感技术与制造技术融合，实现对产品设备操作使用记录、设备故障诊断的远程监控。例如，GE Oil & Gas 集团在全球建立了 13 个面向不同产品的 i-Center，通过传感器和网络对设备进行在线监测和实时监控，并提供设备维护和故障诊断的解决方案。图 1.12 为智能工业的一个应用示例——智能工业监控系统。

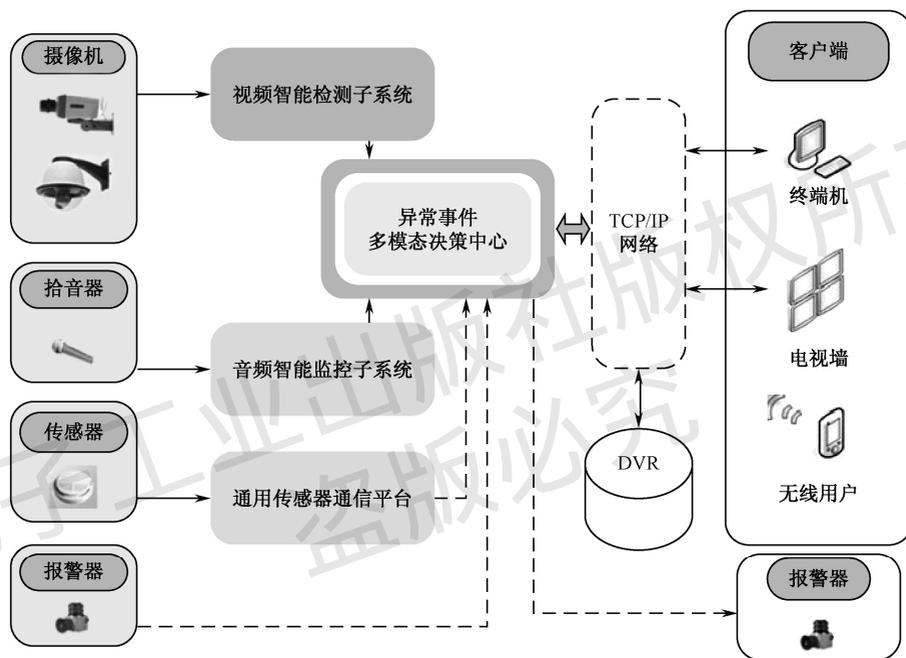


图 1.12 智能工业监控系统

7. 智能农业

智能农业是指在相对可控的环境条件下，采用工业化生产，实现集约高效可持续发展的现代超前农业生产方式，就是农业先进设施与露地相配套、具有高度的技术规范和高效益的集约化规模经营的生产方式。它集科研、生产、加工、销售于一体，实现周年性、全天候、反季节的企业化规模生产；它集成现代生物技术、农业工程、农用新材料等学科，以现代化农业设施为依托，科技含量高，产品附加值高，土地产出率高和劳动生产率高，是我国农业新技术革命的跨世纪工程。

智能农业产品通过实时采集温室内温度、土壤温度、CO₂ 浓度、湿度，以及光照、叶面湿度、露点温度等环境参数，自动开启或者关闭指定设备。可以根据用户需求随时进行处



理, 为设施农业综合生态信息自动监测、对环境进行自动控制和智能化管理提供科学依据。通过模块采集温度传感器等信号, 经由无线信号收发模块传输数据, 实现对大棚温湿度的远程控制。智能农业产品还包括智能粮库系统, 该系统通过将粮库内温湿度变化的感知与计算机或手机的连接进行实时观察, 记录现场情况以保证量粮库内的温湿度平衡^[18]。

农业标准化生产监测系统如图 1.13 所示。

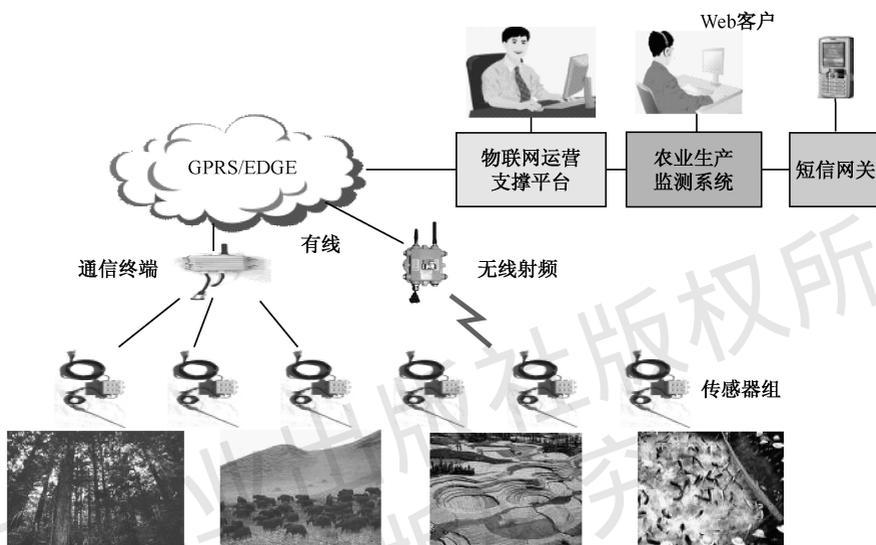


图 1.13 农业标准化生产监测系统

8. 智能物流

智能物流构造了集信息展现、电子商务、物流配载、仓储管理、金融质押、园区安保、海关保税等功能为一体的物流综合信息服务平台。信息服务平台以功能集成、效能综合为主要开发理念, 以电子商务、网上交易为主要交易形式, 建设高标准、高品位的综合信息服务平台。

智能物流是指货物从供应者向需求者的智能移动过程, 包括智能运输、智能仓储、智能配送、智能包装、智能装卸, 以及智能信息的获取、加工和处理等多项基本活动, 为供方提供最大化的利润, 为需方提供最佳的服务, 同时也应消耗最少的自然资源和社会资源, 最大限度地保护生态环境, 从而形成完备的智能社会物流管理体系。

智能社会物流管理分为社会层、战略层、决策层和作业层四个层次。社会层主要研究确定智能社会物流的近、长期发展战略, 包括各类物流人才的培养、新技术的研究与开发、基础设施的发展规划、智能社会物流规章制度的制定与完善等, 不断完善各物流企业发展的外部环境; 战略层主要是研究确定物流的发展战略; 决策层是在现有的社会条件下, 以



成本、效益、服务为准则，把主要精力放在物流战略和策略的可选方案的筛选上，鉴别或评估车辆调配计划、存货管理、仓储设施配备与选址方案等；作业层是指日常物流管理与交易业务的活动^[19]。智能物流的主要支撑技术包括自动识别技术、数据仓储及数据挖掘技术、人工智能技术等。

智能仓储为智能物流十分重要的一个部分。图 1.14 介绍了 RFID 智能仓库定位管理。RFID 仓库系统的特点是：商品在仓库时自动定位，数据信息自动采集；减少了人工盘点仓库数据信息的工作量，可相应地降低人力成本；减少了传统数据采集模式中的错误率，提高了工作效率；系统可扩展性很强。

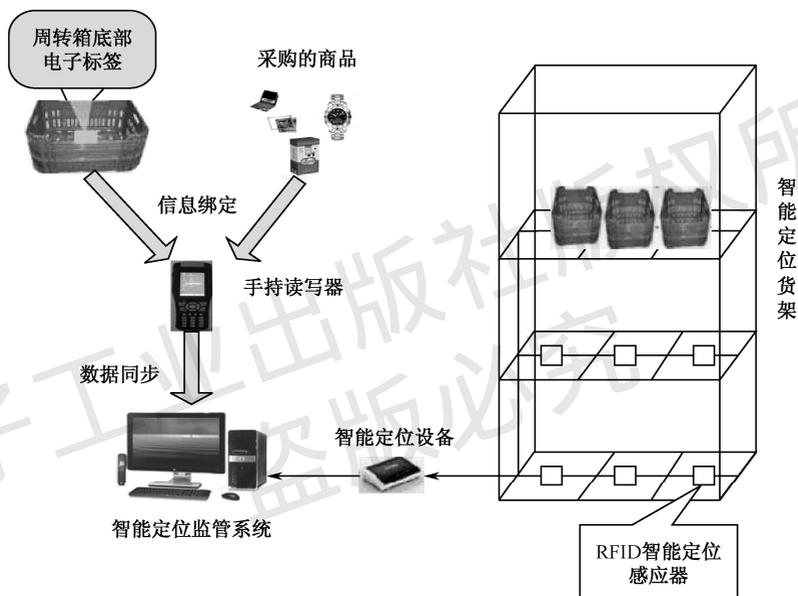


图 1.14 RFID 智能仓库定位管理示意图

9. 智能社区

以智能校园为例，典型技术有校园“一卡通”^[20]，该技术实现身份识别、电子钱包等功能。身份识别包括门禁、考勤、图书借阅、会议签到等，电子钱包即通过手机刷卡实现主要校内消费。智能校园还帮助大中小学用户实现学生管理电子化，使学生、家长、学校三方可以时刻保持沟通，方便家长及时了解学生学习和生活情况，真正达到了对学生日常行为的精细管理，实现学生开心、家长放心、学校省心的效果。

人员进出身份识别：通过 RFID 实现身份识别功能，对进出校园的人员进行管理，把不稳定因素摒弃在校园之外。系统可以和家校通平台进行连接，实现学生进出的平安短信功能。系统的 RFID 可以选择近距离的 ID 卡、IC 卡或者 CPU 卡，也可以选择中远距离的微波卡。



来访人员智能登记：来访人员提供身份证件或其他证件，放在扫描仪或二代身份证读写模块上进入电脑系统来获取来访人身份的合法性，在确认身份的同时相关领导就可以看到来访人的身份以便确定是否接见，来访人信息长期保存系统。学生、老师也可将他们原有一卡通（IC 卡）整合到该系统实现身份识别、考勤及校务管理等功能。

安全交接管理：对于幼儿园，家长接送孩子进出校门刷卡进行身份识别并记录到离校时间；分清学校与家长之间的责任跟老师交接时可在门口机或者手持机上进行刷卡，系统会自动报出学生名字并记录在系统中。对于小学，门口安装带摄像头的无障碍通道；利用 RFID 技术，学生佩戴有 RFID 的校徽，系统会自动识别并读取；系统可以自动发送学生进、出校短信给家长与老师，便于老师、学校、家长分清责任。对于中学，对于中学校门较宽，上下学人数众多，车辆较多的情况，系统在校门口安装有缘的 RFID 及读写设备，可以自动确认和分清人员车辆的进出，并标明方向；家长老师自动接收短信通知——孩子到离校时间；学校门口有红外摄像实时监控合法人员的进出并拍摄非法人员照片（没有本校智能卡的将会被拍）；如遇非法人员混入系统会报警并自动发送短信给警官、校长、保安。

校园互动：老师可以通过该系统（登录家校通网站）群发信息告知家长，家长与老师在网上互动，家长可随时全面了解学生的情况，家长还可以通过互联网或 3G 手机实时查看学生在学校或幼儿园的学习、生活情况。

图 1.15 为智能校园的应用示意图。

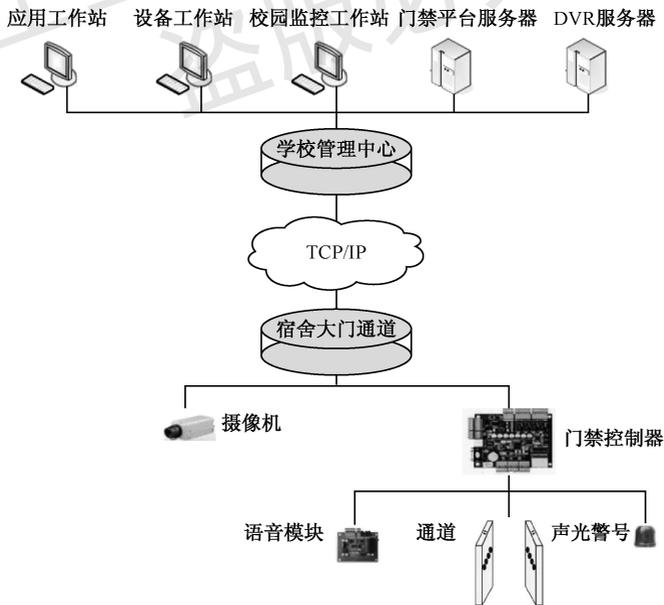


图 1.15 智能校园示意图



10. 智能会展

典型的智能会展系统是基于 RFID 和电信的无线网络、运行在移动终端的导览系统。该系统在服务器端建立相关导览场景的文字、图片、语音及视频介绍数据库，以网站形式提供专门面向移动设备的访问服务。移动设备终端通过其附带的 RFID 读写器，得到相关展品的 EPC 编码后，可以根据用户需要，访问服务器网站并得到该展品的文字、图片语音或者视频介绍等相关数据。该产品主要应用于文博行业，实现智能导览及呼叫中心等应用拓展。图 1.16 为智能会展发布系统示意图^[21]。

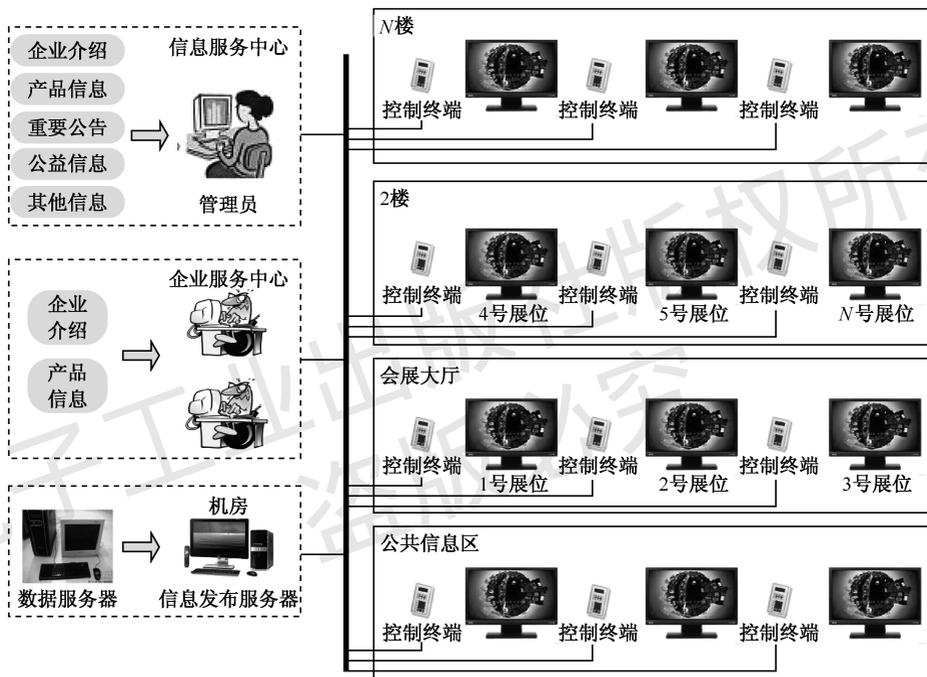


图 1.16 智能会展发布系统

1.4 物联网的关键技术

物联网是一种复杂、多样的系统技术，从物联网技术体系结构角度来解读物联网，可以将支持物联网的技术分为四个层次：感知技术、传输技术、支撑技术、应用技术。

1.4.1 感知技术

感知技术是指能够用于物联网底层感知信息的技术，它包括射频识别（RFID）技术、



传感器技术、GPS 定位技术、多媒体信息采集技术及二维码技术等。

(1) 射频识别技术。它是物联网中让物品“开口说话”的关键技术，在物联网中，RFID 标签上存储着规范且具有互用性的信息，通过无线数据通信网把它们自动采集到中央信息系统，实现物品（商品）的识别。RFID 技术可以识别高速运动物体并可以同时识别多个标签，操作快捷方便。RFID 技术与互联网、通信等技术相结合，可实现全球范围内物品跟踪与信息共享^[22-24]。工业界经常将 RFID 系统分为标签(Tag)、阅读器(Reader)和天线(Antenna)三大组件，如图 1.17 所示。阅读器通过天线发送电子信号，标签接收到信号后发射内部存储的标识信息，阅读器再通过天线接收并且识别标签发回的信息，最后阅读器再将识别结果发送给主机。



图 1.17 RFID 系统组成部件图

(2) 传感器技术。在物联网中，传感技术主要负责接收物品“讲话”的内容。传感技术是关于从自然信源获取信息，并对之进行处理、变换和识别的一门多学科交叉的现代科学与工程技术，它涉及传感器、信息处理和识别的规划设计、开发、制造、测试、应用及评价改进等活动。

(3) GPS 与物联网定位技术。GPS 技术又称为全球定位系统，是具有海、陆、空全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。GPS 作为移动感知技术，是物联网延伸到移动物体采集移动物体信息的重要技术，更是物流智能化、智能交通的重要技术。

(4) 多媒体信息采集与处理技术。多媒体信息采集技术就是使用各种摄像头、相机、麦克风等设备采集视频、音频、图像等信息，并且将这些采集到的信息进行抽取、挖掘和处理，将非结构化的信息从大量的采集到的信息中抽取出来，然后保存到结构化的数据库中，从而为各种信息服务系统提供数据输入的整个过程。

(5) 二维码技术。二维码是采用某种特定的几何图形按一定规律在平面（二维方向上）分布的黑白相间的图形记录数据符号信息；在代码编制上巧妙地利用构成计算机内部逻辑基础的“0”、“1”比特流的概念，使用若干个与二进制相对应的几何形体来表示文字数值信息，通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读以实现信息自动处理；二维码码/二维码能够在横向和纵向两个方位同时表达信息，能在很小的面积内表达大量的信息，如图 1.18 所示。



(a) 条形码



(b) 条形码打印机



(c) 二维码

图 1.18 二维码技术示意图

1.4.2 传输技术

传输技术是指能够汇聚感知数据，并实现物联网数据传输的技术，它包括移动通信网、互联网、无线网络、卫星通信、短距离无线通信等。

(1) 移动通信网 (Mobile Communication Network)。移动通信是移动体之间的通信，或移动体与固定体之间的通信。移动体可以是人，也可以是汽车、火车、轮船、收音机等在移动状态中的物体。移动通信系统由两部分组成：空间系统和地面系统（卫星移动无线电台、天线、关口站、基站）。若要同某移动台通信，移动交换局通过各基台向全网发出呼叫，被叫台收到后发出应答信号，移动交换局收到应答后分配一个信道给该移动台并从此话路信道中传送一信令使其振铃。

(2) 互联网 (Internet)。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、共同娱乐等。

(3) 无线网络 (Wireless Network)。物联网中，物品与人的无障碍交流，必然离不开高速、可进行大批量数据传输的无线网络。无线网络既包括允许用户建立远距离无线连接的全球语音和数据网络，也包括为近距离无线连接进行优化的红外线技术及射频技术，与有线网络的用途十分类似，最大的不同在于传输媒介的不同，利用无线电技术取代网线，可以和有线网络互为备份。

(4) 卫星通信 (Satellite Communication)。简单说，卫星通信就是地球上（包括地面和低层大气中）的无线电通信站间利用卫星作为中继而进行的通信。卫星通信系统由卫星和地球站两部分组成。卫星通信的特点是：通信范围大；只要在卫星发射的电波所覆盖的范围内，从任何两点之间都可进行通信；不易受陆地灾害的影响（可靠性高）；只要设置地球站电路即可开通（开通电路迅速）；同时可在多处接收，能经济地实现广播、多址通信（多址特点）；电路设置非常灵活，可随时分散过于集中的话务量；同一信道可用于不同方向或



不同区间 (多址连接)。

(5) 短距离无线通信 (Short Distance Wireless Communication)。短距离无线通信泛指在较小的区域内 (数百米) 提供无线通信的技术, 目前常见的技术大致有 IEEE 802.11 系列无线局域网、蓝牙、NFC (近场通信) 技术和红外传输技术。

1.4.3 支撑技术

支撑技术是指用于物联网数据处理和利用的技术, 它包括云计算技术、嵌入式系统、人工智能技术、大数据与机器学习技术、分布式并行计算和多媒体与虚拟现实等。

(1) 云计算 (Cloud Computing) 技术。物联网的发展离不开云计算技术的支持, 物联网中的终端的计算和存储能力有限, 云计算平台可以作为物联网的“大脑”, 实现对海量数据的存储、计算。云计算^[25]是分布式计算技术的一种, 其最基本的概念, 是通过网络将庞大的计算处理程序自动分拆成无数个较小的子程序, 再交由多部服务器所组成的庞大系统经搜寻、计算分析之后将处理结果回传给用户。

(2) 嵌入式系统 (Embedded System)。嵌入式系统就是嵌入到目标体系中的专用计算机系统, 它以应用为中心, 以计算机技术为基础, 并且软硬件可裁剪, 适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统把计算机直接嵌入到应用系统中, 它融合了计算机软/硬件技术、通信技术和微电子技术, 是集成电路发展过程中的一个标志性成果。物联网与嵌入式关系密切, 物联网的各种智能终端大部分表现为嵌入式系统, 可以说没有嵌入式技术就没有物联网应用的美好未来。

(3) 人工智能技术 (Artificial Intelligence Technology, AIT)。人工智能是研究使计算机来模拟人的某些思维过程和智能行为 (如学习、推理、思考、规划等) 的技术。人工智能就是探索研究用各种机器模拟人类智能的途径, 使人类的智能得以物化与延伸的一门学科, 它借鉴仿生学思想, 用数学语言抽象描述知识, 用以模仿生物体系和人类的智能机制。目前主要的方法有神经网络、进化计算和粒度计算三种。在物联网中, 人工智能技术主要负责将物品“讲话”的内容进行分析, 从而实现计算机自动处理^[26]。

(4) 大数据技术。大数据是指在互联网和以大规模分布式计算为代表的平台支持下被采集、存储、分析和应用的具有产生更高决策价值的巨量、高增长率和多样化的信息资产。大数据系统由数据采集、数据存储、数据分析 (或数据处理与服务) 和数据应用四个部分构成。总体上, 大数据系统的底层首先是大数据采集, 其来源具有多样性; 接着通过数据接口 (如数据导入器、数据过滤、数据清洗、数据转换等) 将数据存储于大规模分布式存储系统中; 在数据存储的基础上, 进一步实现数据分析 (处理与服务); 最终是大数据应用。在物联网中, 大数据技术扮演者海量数据存储与分析处理的重要角色, 是支撑物联网应用



的重要系统平台。

(5) 分布式并行计算。并行计算可分为时间上的并行和空间上的并行，时间上的并行就是指流水线技术，而空间上的并行则是指用多个处理器并发的执行计算。分布式计算研究的是如何把一个需要非常巨大的计算能力才能解决的问题分成许多小的部分，然后把这些小的部分分配给许多计算机进行处理，最后把这些计算结果综合起来得到最终的结果。分布式并行计算是将分布式计算和并行计算综合起来的一种计算技术，物联网与分布式并行计算关系密切，它是支撑物联网的重要计算环境之一。

(6) 多媒体与虚拟现实。多媒体技术是利用计算机对文本、图形、图像、声音、动画、视频等多种信息综合处理、建立逻辑关系和人机交互作用的技术。虚拟现实技术^[27]是人们借助计算机技术、传感器技术、仿真技术等仿造或创造的人工媒体空间，它是虚拟的，但又有真实感，它通过多种传感设备，模仿人的视觉、听觉、触觉和嗅觉，使用户沉浸在此环境中并能与此环境直接进行自然交互、在三维空间中进行构想，使人进入一种虚拟的环境，产生身临其境的感觉。虚拟现实技术的广泛应用前景，将给人类的工作、生活带来极大的改变和享受。多媒体技术可以使物联网感知世界，表现感知结果的手段更丰富、更形象、更直观；虚拟现实技术成为人类探索客观世界规律的三大手段之一，也是未来物联网应用的一个重要的技术手段。

1.4.4 应用技术

应用技术是指用于直接支持物联网应用系统运行的技术，应用层主要根据行业特点，借助互联网技术手段，开发各类的行业应用解决方案，将物联网的优势与行业的生产经营、信息化管理、组织调度结合起来，形成各类的物联网解决方案，构建智能化的行业应用。

例如，交通行业，涉及的就是智能交通技术；电力行业采用的是智能电网技术；物流行业采用的智慧物流技术等。一般来讲，各类应用还要更多涉及专家系统、系统集成技术、编解码技术等。

(1) 专家系统 (Expert System)。专家系统是一个含有大量的某个领域专家水平的知识与经验，能够利用人类专家的知识 and 经验来处理该领域问题的智能计算机程序系统，属于信息处理层技术。

(2) 系统集成 (System Integrate) 技术。系统集成是在系统工程科学方法的指导下，根据用户需求，优选各种技术和产品，将各个分离的子系统连接成为一个完整、可靠、经济和有效的整体，并使之能彼此协调工作，发挥整体效益，达到整体性能最优。

(3) 编/解码 (Coder And Decoder, CODEC) 技术。物联网不仅包含着传感数据、视频图像、音频、文本等各种媒体形式的数据，而且数据量巨大，因此资源发布成了一个重要



课题。基本上,我们通过编/解码技术,可以实现数据的有效存储和传输,使得它占用更少的存储空间和更短的传输时间。数据压缩的依据是数字信息中包含了大量的冗余,有效的编码技术旨在将这些冗余信息占用的空间和带宽节省出来,用较少的符号或编码代替原来的数据。

1.5 物联网的发展前景

物联网概念的问世,打破了之前的传统思维。传统思维一直是将物理基础设施和IT基础设施分开:一方面是机场、公路、建筑物,而另一方面是数据中心、个人电脑、宽带等。而在“物联网”时代,钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施,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。物联网研究和开发既是机遇,更是挑战^[28-29]。

2009年对中国物联网的发展可谓是不平凡的一年。8月7日,国务院总理温家宝在无锡微纳传感网工程技术研发中心视察并发表重要讲话,表示中国要抓住机遇,大力发展物联网技术。8月26日,工业和信息化部总工程师朱宏任在中国工业经济运行2009年夏季报告会上表示,我国正在高度关注、重视物联网方面的研究。9月11日,工业和信息化部传感器网络标准化工作小组的成立,标志着我国将加快制定符合我国发展需求的传感网技术标准,力争主导制定传感网国际标准。11月3日,温家宝总理在人民大会堂向首都科技界发表了题为“让科技引领中国可持续发展”的讲话,再次强调科学选择新兴战略性新兴产业非常重要,并指示要着力突破传感网、物联网关键技术。

中国政府高层一系列的重要讲话、研讨、报告和相关政策措施表明,大力发展物联网产业将成为中国今后一项具有国家战略意义的重要决策,各级政府部门将会大力扶持物联网产业发展,一系列对物联网产业有利的政策措施也将在不久后出台。

值得一提的是,2009年9月中旬,中国股市在受钢铁、银行、券商、基金重仓等权重板块集体倒戈的影响下,大盘一路下滑,但以远望谷、新大陆、厦门信达、东信和平、大唐电信、上海贝岭为代表的物联网题材股逆势拉升,连续数天涨停。物联网概念股的疯狂逆向拉升充分表明了物联网的强大生命力和影响力,物联网再次在中国掀起了巨大波澜。

物联网注定要催化中国乃至世界生产力的变革。在信息产业的发展过程中,物联网是中国真正的战略新兴产业,是一个机遇,它能使我国信息产业有可能超越国外。前信息产业主要应用在媒体、游戏、娱乐、电子商务领域等第三产业中,而物联网作为最新的网络技术,将会进一步对农业、工业这样的第一产业、第二产业发展发挥重大的推动作用。即互联网时代带动更多的是第三产业的发展,而物联网的兴起将联动第一、第二产业。



2016年以来,全球物联网正步入实质性推进和规模化发展的新阶段,我国物联网与云计算、大数据、“互联网+”、智能制造等新业态紧密融合,逐步构建形成融合创新的产业生态体系。

目前,物联网发展呈现一些新的特点与趋势。

首先,中国成为全球物联网发展最为活跃的地区之一。2015年以来,美、欧、日、韩等发达国家和地区纷纷调整和加快物联网战略部署,以工业物联网为重点推动技术创新与应用升级,全球物联网步入实质性推进和规模化发展的新阶段。中国是最早布局物联网的国家之一。近年来,我国主导完成了200多项物联网基础重点运用国际标准立项,物联网国际标准制定话语权进一步提升。产业规模稳步增长,竞争优势不断增强。2015年,我国物联网产业规模达7500亿元,“十二五”期间年复合增长率约为25%。公众网络机器到机器(M2M)连接数突破1亿,占全球总量31%,成为全球最大市场。

其次,工业物联网将率先实现规模应用。研究认为,我国物联网应用正从政策扶持期逐步步入市场主导期。工业、物流、安防、交通、电力、家居等应用服务市场已初具规模。2015年以来,我国制造企业加快向数字化、网络化、智能化转型,预计未来五年制造业物联网支出年均增速将达到15%,工业物联网将率先实现规模应用。

第三,物联网平台竞争时代到来。2015年以来,物联网设备与服务集成商、电信运营商、互联网企业、IT企业、平台企业等依托传统优势,竞相布局物联网系统或平台,集聚优势资源提供系统化、综合性的物联网解决方案,打造开源生态圈。物联网市场竞争已从产品竞争转向平台竞争、生态圈竞争,市场格局由碎片化走向聚合。

第四,一些示范城市以技术创新、应用创新培育经济新动能的转型模式日趋成熟。这些城市秉承物联网创新示范的国家使命,强化创新驱动,促进“产用协同”,培育发展动能,着力攻克核心技术,科学布局智慧应用,推动物联网和实体经济深度融合,在国内率先建成相对完善的物联网创新生态、产业集群与智慧城市架构体系。

研究人员还认为,我国当前物联网技术应用与产业体系日趋完善,但仍存在一些短板与问题,如高端传感器等核心技术研发实力偏弱,全产业链协同性不足,物联网技术与传统产业融合有待加强,跨领域共性标准缺失,大数据分析应用滞后,终端与网络仍存安全风险等。

现阶段物联网有望成为加快转变经济发展方式的突破口。如果我国能够在三网融合、物联网、云计算等方面加快发展,将带来以信息化为标志的新一次战略机遇——通过信息化带动工业、农业、医疗、安全等基础产业发生翻天覆地的变化。

我们过去的互联网大多是人与人、人与物的交互,今后会走向物与物,往物联网发展



的趋势。受到国家信息化建设等诸多利好因素推动,物联网产业发展形势很好,但我们不能忽视一个重要的问题,物联网发展之路任重道远,还存在许多的问题须要克服。

在物联网技术发展产品化的过程中,我国一直缺乏一些关键技术的掌握,所以产品档次上不去,价格下不来。缺乏 RFID 等关键技术的独立自主产权这是限制中国物联网发展的关键因素之一。行业技术标准缺失也是一个重要的问题,目前行业技术主要缺乏以下两个方面标准:接口的标准化和数据模型的标准化。虽然我国早在 2005 年 11 月就成立了 RFID 产业联盟,同时次年又发布了《中国射频识别(RFID)技术政策白皮书》,指出应当集中开展 RFID 核心技术的研发,制定符合中国国情的技术标准。但是,现在我们发现,中国的 RFID 产业仍是一片混乱。技术强度固然在增强,但是技术标准却还如镜中之月。正如同中国的 3G 标准一样,出于各方面的利益考虑,最后中国的 3G 有了三个不同的标准。物联网的标准最终怎样,只能等时间来告诉我们答案了。

与美国相比,我国物联网产业链在完善程度上还存在着较大差距。虽然目前国内三大运营商和中兴、华为这一类的系统设备商都已是世界级水平,但是其他环节相对欠缺。产业链的合作需要兼顾各方的利益,而在各方利益机制及商业模式尚未成型的背景下,物联网普及仍相当漫长。物联网分为感知、网络、应用三个层次,在每一个层面上,都将有多种选择去开拓市场。这样,在未来生态环境的建设过程中,商业模式变得异常关键。对于任何一次信息产业的革命来说,出现一种新型而能成熟发展的商业盈利模式是必然的结果,可是这一点至今还没有在物联网的发展中体现出来,也没有任何产业可以在这一点上统一引领物联网的发展浪潮。

物联网产业是需要将物物连接起来并且进行更好的控制管理,这一特点决定了其发展必将会随着经济发展和社会需求而催生出更多的应用。所以,在物联网传感技术推广的初期,功能单一,价位高是难以避免的问题。因为电子标签贵,读写设备贵,所以很难形成大规模的应用。而由于没有大规模的应用,电子标签和读写器的成本问题便始终没有达到人们的预期。成本高,就没有大规模的应用,而没有大规模的应用,成本高的问题就难以解决。如何突破初期的用户在成本方面的壁垒成了打开这一片市场的首要问题,所以在成本尚未降至能普及的前提下,物联网的发展将受到限制。

有研究机构预计 10 年内物联网就可能大规模普及,这一技术将会发展成为一个上万亿元规模的高科技市场,其产业要比互联网大 30 倍。物联网被称为继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮。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、中国等都在投入巨资深入研究探索物联网。我国也正在高度关注、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正在开展研究,以形成支持新一代信息技术发展的政策措施。



此外,在“物联网”普及以后,用于动物、植物和机器、物品的传感器与电子标签及配套的接口装置的数量将大大超过手机的数量。物联网的推广将会成为推进经济发展的又一个驱动器,为产业开拓了又一个潜力无穷的发展机会。按照目前对物联网的需求,在近年内就需要数以亿计的传感器和电子标签,这将大大推进信息技术元件的生产,同时增加大量的就业机会。因此,“物联网”被称为是下一个万亿级的通信业务^[30]。

思考与练习

- (1) 什么是物联网?物联网的重要特征是什么?
- (2) 物联网是如何兴起的?其背后的驱动力是什么?
- (3) 物联网与互联网到底是什么关系?
- (4) 物联网等于传感网吗?二者有什么联系与区别?
- (5) 物联网在系统结构上分为哪几个层次?每层实现什么功能?层与层之间是什么关系?
- (6) 物联网感知层有哪些实现手段?
- (7) 物联网传输层包括哪些网络通信技术?
- (8) 为什么物联网需要支撑层?支撑层的作用是什么?
- (9) 什么是物联网的应用层?应用层涉及哪些通用技术?
- (10) 物联网有哪几种应用模式?
- (11) 除了本书所描述的物联网应用场景之外,你还了解物联网的哪些用途?
- (12) 通过调研,了解一下物联网技术在国内外的应用状况和应用前景。

参考文献

- [1] International Telecommunication Union UIT. ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things[R].2005.
- [2] GUSTAVO R G, MARIO M O, CARLOS D K. Early infrastructure of all Internet of Things in Spaces for Learning[C]. Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2008:381-383.
- [3] AMARDEO C, SARMA, J G. Identities in the Future Internet of Things[J]. Wireless Pers Commun 2009(49):353-363.
- [4] 何丰如. 物联网体系结构的分析与研究[J]. 广州: 广东广播电视大学学报, 2010,19(82):95-100.
- [5] Yan Bo, Huang C W. Supply chain information transmission based on RFID and internet of things. ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control and Management, 2009, 4:166-169.
- [6] Armen I F, Barthel H, et al. The EPC global architecture framework[EB/OL]. <http://www.epcglobalinc.org>.
- [7] ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things[R]. Geneva, Switzerland, 2005.



- [8] IBM. <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/>.
- [9] <http://spacetv.cctv.com/vedio/VIDE1268482063865885>.
- [10] 吴功宜. 智慧的物联网[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [11] 刘化君. 物联网体系结构研究[J]. 中国新通信, 2010(9):17-21.
- [12] DOL IN R A. Depbying the Internet of things[C]//International Symposium on Applications and the Internet. 2006: 216-219.
- [13] L N Jing, SEDIGH Sahra, MLLER Ann. A general framework for quantitative modeling of dependability in Cyber2Physical Systems: a proposal for doctoral research[C]//Proc of 33rd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference. 2009:668 - 671.
- [14] M Youngblood, L B Holder, D J Cook. Managing adaptive versatile environments[C]. The IEEE Int'l Conf of Pervasive Computing and Communications, Kauai Island, Hawaii, USA, 2005.
- [15] 中国智能家居联盟网[EB/OL]. <http://www.ehomecn.com>.
- [16] 顾朝林, 段学军, 于涛方, 等. 论“数字城市”及三维再现关键技术[J]. 地理研究, 2002,21(1):14-24.
- [17] 中国物联网第一平台[EB/OL]. <http://www.wlw1.com/forum-7-1.html>.
- [18] 管继刚. 物联网技术在智能农业中的应用[J]. 通信管理与技术, 2010(3):24-27.
- [19] 赵立权. 智能物流及其支撑技术[J]. 情报技术, 2005(12):49-50.
- [20] 王鑫. 智能校园的功能和展望[J]. 安防科技, 2009(7):7-9.
- [21] 神州商贸网[EB/OL]. <http://www.szsmw.com/sell/detail-461556.html>.
- [22] AKYILDIZ L F, et al. Wireless sensor networks: A survey[J]. Computer Networks, 2002,38:393-422.
- [23] STANKOVIC J A. Real. Time communication and coordination in embedded sensor networks[J]. Proceedings of the IEEE,2003,91(7):1002-1022.
- [24] 陈积明, 林瑞仲, 孙优贤. 无线传感器网络的信息处理研究[J]. 仪器仪表学报, 2006,27(9):1107-1111.
- [25] Sims K.IBM introduces ready-to-use cloud computing collaboration services get clients started with cloud computing, 2007[EB/OL]. <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22613.ws8>.
- [26] 蒲红梅. 浅谈物联网技术[J]. 科技资讯, 2010(2):191.
- [27] 邹湘军, 孙建, 何汉武, 等. 虚拟现实技术的演变发展与展望[J]. 系统仿真学报, 2004,9:1905-1909.
- [28] 刘云浩. 物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [29] LEE E A. Cyber Physical Systems: design challenges[C]//11th IEEE Symposium on Object Oriented Real2Time Distributed Computing(ISORC), 2008: 363-369.
- [30] ABDELZAHER T. Research Challenges in Distributed Cyber2Physical Systems[C]//Proc of IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, 2008(5).