

高等学校电子信息类教材

物联网技术

Internet of Things Technology

◎ 刘化君 刘传清 编著

◎ 胡修林 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等学校电子信息类教材

物联网技术

Internet of Things Technology

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书比较全面地介绍了物联网的概念、实现技术和典型应用。首先讨论物联网的基本概念、体系结构、软硬件平台系统组成、关键技术以及应用领域；其次介绍节点感知识别技术，包括射频识别工作原理、RFID 系统的基本组成及其典型应用、传感器及检测技术等；然后讲述与物联网相关的通信与网络技术、传感网及其关键支撑技术等内容；最后介绍物联网中的数据融合、云计算技术、物联网应用系统的规划设计与典型应用，使课程理论与实践紧密地结合起来。

本书可作为高等院校电气信息类专业物联网技术导论课程的教材或教学参考书，也可作为物联网技术培训教材或者 IT 科研人员和管理人员的参考读物。

本书的电子教学课件（PPT 文档）可从华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）下载，或者通过与本书责任编辑（zhangls@phei.com.cn）联系获取。

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

物联网技术 / 刘化君，刘传清编著. —北京：电子工业出版社，2010.9

高等学校电子信息类教材

ISBN 978-7-121-11789-3

I. ①物… II. ①刘… ②刘… III. ①计算机网络—高等学校—教材 ②计算机通信—高等学校—教材
IV. ①TP393 ②TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 175628 号

责任编辑：张来盛

印 刷：北京市李史山胶印厂

装 订：

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：787×1 092 1/16 印张：19.25 字数：490 千字

印 次：2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：32.00 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 zltz@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

物联网是国家新兴战略产业中信息产业发展的核心领域，将在国民经济发展中发挥重要作用。目前，物联网是全球研究的热点问题，国内外都把它的发展提到了国家级的战略高度，称之为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。新技术发展需要大批专业技术人才，为适应国家战略性新兴产业发展需要，加大信息网络高级专门人才培养力度，许多高校利用已有的研究基础和教学条件，设置传感网、物联网工程技术专业，或修订人才培养计划，推进课程体系、教学内容、教学方法的改革和创新，以满足新兴产业发展对物联网技术人才的迫切需求。为适应电气信息类相关专业的教学需要，以及社会各界对了解信息网络新技术的迫切要求，我们编写了《物联网技术》这本书。

从“智慧地球”的理念到“感知中国”的提出，全球一体化、工业自动化和信息化进程不断深入，物联网悄然来临。何谓物联网？不同的阶段在不同的场合有不同的描述。目前对物联网比较准确的表述是：通过各种信息传感设备及系统（传感网、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等）、条码与二维码、全球定位系统，按约定的通信协议，将物与物、人与物连接起来，通过各种接入网、互联网进行信息交换，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。物联网的主要特征是每一个物件都可以寻址，每一个物件都可以控制，每一个物件都可以通信。显然，它作为“感知、传输、应用”3项技术相结合的一种产物，是一种全新的信息获取和处理技术。因此，本书将紧紧围绕物联网中“感知、传输、应用”所涉及的3项技术架构物联网技术知识体系，分为基本概念、节点感知、通信网络和系统应用四部分共8章内容，比较全面地介绍物联网的概念、实现技术和典型应用。

本书作为一本物联网技术的导论性教材，涵盖了当前物联网领域的各种新技术及其研究成果。为使读者能够快速地对物联网技术有一个全面、系统的认识，本书的指导思想是从宏观上、从顶层介绍物联网技术。第一部分（第1章）主要介绍物联网的基本概念、体系结构、软硬件平台系统组成、关键技术，以及主要应用领域与发展；第二部分（第2、3章）介绍射频识别（RFID）工作原理、RFID系统的基本组成以及RFID的典型应用，并以传感器及检测技术为背景，重点介绍传感器的基本知识和现代智能检测技术；第三部分（第4、5章）介绍与物联网相关的无线通信与网络技术、传感网及其关键支撑技术等；第四部分（第6、7、8章）介绍物联网的系统应用，其中第6章介绍数据融合的基本原理、数据融合方法以及数据管理，第7章介绍云计算工作原理与关键技术、云计算模式下的互联网以及云计算的应用，第8章介绍物联网规划设计及构建。通过阅读本书，读者不仅可以从技术理论上对物联网有较全面的了解，而且可以根据应用实例对物联网技术有更直观的认识。

另外，在本书的有关章节中，还涉及了一些相对深入的物联网前沿技术问题和较新的研究成果，有些内容直接取自研究论文，并进行了整理和加工。其中也包括作者自己的部分研究工作，例如物联网体系结构、关键技术以及应用案例等。建议教师在教学中，根据自己的研究兴趣和专长进行选择与补充。

虽然本书的出发点是一种概括性的导论，但并不希望因此而使读者远离物联网前沿问题的深入研究和全面学习。鉴于这一考虑，本书对每类问题的讨论都试图达到一定的深度和广度，并在章末附有简明扼要的小结与进一步学习建议，以及一定数量的讨论与思考题。这些

学习建议旨在为读者进一步开阔视野提供一些帮助；“讨论与思考”与章节内容密切相关，以帮助读者巩固和复习有关概念。

本书力求在创新性、前瞻性和应用性等方面形成特色，并做到内容丰富、语言简洁易懂、适用范围广，既可以作为高等院校电气信息类专业物联网技术课程的教材或教学参考书，也可以作为物联网技术培训教材；对于具有一定信息网络基础知识，并希望进一步提高技术水平的读者，也是一本理想的参考读物。

本书的电子教学课件（PPT 文档）可从华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）下载，或者通过与本书责任编辑（zhangls@phei.com.cn）联系获取。

本书由刘化君、刘传清编著，其中第 2、3、5 章由刘传清执笔，第 7 章由刘枫执笔，其余部分由刘化君执笔，全书由刘化君统编定稿；参加部分编写工作的还有尹明、韦耿、潘晴、叶斌、蔡兵、程兴国、柳群英、解玉洁、陈杰等。本书相关科研工作得到了先进数控技术江苏省高校重点建设实验室开放基金项目（KXJ07117）以及应用型本科院校“十一五”国家课题“我国高校应用型人才培养模式研究”子项目“通信与电子信息类专业课程体系研究与建设（FIB070335-A7-08）”的资助支持；在编写过程中得到了许多同学的支持和帮助；最后，华中科技大学电子与信息工程系博士生导师胡修林教授作为主审对全书进行了审改，最后由东南大学移动通信国家重点实验室博士生导师沈连丰教授审定。在此，向所有为本书的出版作出贡献的人们表示衷心感谢！

随着物联网技术及应用的飞速发展，物联网的理论与技术水平也必将快速提升。在编撰过程中，尽管我们力求精益求精，及时吸纳最新的物联网研究成果及技术，但囿于作者理论水平和时间所限，错误与不妥之处在所难免，恳请广大读者不吝赐教，批评斧正。

编著者

2010 年 6 月 18 日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 何谓物联网	1
1.2 物联网的体系结构	9
1.2.1 物联网的自主体系结构	10
1.2.2 物联网的 EPC 体系结构	11
1.2.3 物联网的 UID 技术体系	12
1.2.4 构建物联网体系结构的建议	13
1.3 物联网系统的基本组成	15
1.3.1 物联网硬件平台组成	15
1.3.2 物联网软件平台组成	16
1.4 物联网的关键技术	18
1.4.1 节点感知技术	18
1.4.2 节点组网及通信网络技术	19
1.4.3 数据融合与智能技术	22
1.4.4 云计算	23
1.5 物联网应用及发展	24
1.5.1 物联网的主要应用领域	24
1.5.2 物联网技术发展	26
小结与进一步学习建议	27
讨论与思考	28
第 2 章 射频识别技术	29
2.1 射频识别技术概述	29
2.1.1 何谓射频识别	29
2.1.2 RFID 技术分类	31
2.1.3 RFID 技术应用	35
2.1.4 RFID 技术标准简介	38
2.2 RFID 系统的组成	39
2.2.1 RFID 系统的硬件组件	40
2.2.2 RFID 系统中的软件组件	46
2.3 RFID 系统的工作原理	47
2.3.1 电感耦合 RFID 系统	48
2.3.2 反向散射耦合 RFID 系统	49
2.4 RFID 中间件技术	51
2.4.1 RFID 中间件的组成及功能特点	51
2.4.2 RFID 中间件体系结构	53

2.4.3 常见的 RFID 中间件	55
2.5 RFID 系统的安全	56
2.5.1 RFID 系统面临的安全攻击	56
2.5.2 RFID 系统的安全风险分类	57
2.5.3 RFID 系统的安全缺陷	58
2.5.4 RFID 安全需求及研究进展	59
2.6 RFID 应用系统开发示例	60
2.6.1 RFID 系统开发技术简介	60
2.6.2 基于 RFID 技术的 ETC 系统设计	63
小结与进一步学习建议	66
讨论与思考	67
第 3 章 传感器及检测技术	68
3.1 传感器概述	68
3.1.1 传感器的概念	68
3.1.2 传感器的分类	70
3.1.3 传感器的应用	72
3.1.4 传感器的发展趋势	74
3.2 传感器的组成和结构	78
3.2.1 传感器的组成	78
3.2.2 传感器的结构形式	79
3.3 检测技术基础	82
3.3.1 检测系统概述	82
3.3.2 检测的基本概念	83
3.3.3 检测技术分类	84
3.3.4 检测系统组成	85
3.4 典型传感器原理简介	86
3.4.1 电阻式传感器	86
3.4.2 压电式传感器	88
3.4.3 磁电式传感器	90
3.4.4 光纤传感器	92
3.5 传感器与微机接口技术	96
3.5.1 传感器与微机接口电路组成	96
3.5.2 传感器的信号采集电路	96
3.5.3 A/D 转换及微机接口技术	99
3.5.4 D/A 转换及微机接口技术	103
3.6 智能检测系统	108
3.6.1 智能检测系统的组成及类型	108
3.6.2 智能检测系统的设计	110
3.6.3 智能传感器技术	111

小结与进一步学习建议	114
讨论与思考	114
第4章 物联网通信与网络技术	115
4.1 无线通信与网络概述	115
4.1.1 无线通信技术	115
4.1.2 无线通信网络	117
4.1.3 无线通信网络技术发展	119
4.2 无线个域网	121
4.2.1 IEEE 802.15.4 标准	122
4.2.2 ZigBee 协议体系结构	125
4.2.3 ZigBee 网络系统	127
4.2.4 蓝牙技术	129
4.2.5 超宽带技术	130
4.3 无线局域网	133
4.3.1 IEEE 802.11 标准系列	133
4.3.2 IEEE 802.11 WLAN 组成结构	135
4.3.3 IEEE 802.11 帧结构	135
4.3.4 IEEE 802.11 MAC 协议	138
4.3.5 Ad Hoc 网络	139
4.3.6 无线局域网的构建	142
4.4 无线城域网	143
4.4.1 无线城域网标准系列	144
4.4.2 IEEE 802.16 协议体系结构	145
4.4.3 WiMAX 网络构建	149
4.5 无线广域网	151
小结与进一步学习建议	153
讨论与思考	154
第5章 无线传感网	155
5.1 传感网概述	155
5.1.1 传感网的基本组成	155
5.1.2 传感网的特点	157
5.1.3 传感网的应用与发展	158
5.2 传感网的体系结构	161
5.2.1 传感网协议体系结构	161
5.2.2 传感网拓扑结构	165
5.3 传感网的关键技术	168
5.4 传感网节点部署与覆盖	171
5.4.1 传感网节点部署	171
5.4.2 传感网覆盖	173

5.4.3	连接与节能	176
5.5	传感网 MAC 协议	176
5.5.1	基于竞争的 MAC 协议	177
5.5.2	基于时分复用的 MAC 协议	182
5.5.3	基于 CDMA 方式的信道分配协议	184
5.6	传感网路由协议	185
5.6.1	基于平面结构的路由协议	186
5.6.2	基于地理位置的路由协议	190
5.6.3	基于分级结构的路由协议	192
5.7	传感网的安全	196
5.7.1	传感网面临的安全障碍	196
5.7.2	传感网的安全性目标	197
5.7.3	传感网安全攻击与防御	199
5.8	传感网系统设计与开发	202
5.8.1	传感网设计要求	202
5.8.2	传感网核心部件的设计	203
5.8.3	传感网操作系统	206
	小结与进一步学习建议	210
	讨论与思考	212
第 6 章	物联网数据融合及管理	213
6.1	何谓数据融合	213
6.1.1	数据融合的概念	213
6.1.2	物联网中的数据融合	216
6.2	数据融合的基本原理及层次结构	218
6.2.1	数据融合的基本原理	218
6.2.2	物联网中数据融合的层次结构	219
6.2.3	基于信息抽象层次的数据融合模型	221
6.3	数据融合技术与算法	223
6.3.1	传感网数据传输及融合技术	224
6.3.2	多传感器数据融合算法	225
6.3.3	传感网数据融合路由算法	228
6.4	物联网数据管理技术	232
6.4.1	传感网数据管理系统	232
6.4.2	数据模型及存储查询	234
6.4.3	数据融合及管理技术研究与发展	236
	小结与进一步学习建议	236
	讨论与思考	237
第 7 章	云计算	238
7.1	云计算概述	238

7.1.1	云计算起源	238
7.1.2	云计算的定义	240
7.1.3	云计算的类型	242
7.1.4	云计算与物联网	243
7.2	云计算系统组成及其技术	245
7.2.1	云计算系统组成	246
7.2.2	云计算系统的服务层次	246
7.2.3	云计算关键技术	249
7.3	典型云计算系统简介	252
7.3.1	Amazon 云计算基础架构平台	252
7.3.2	Google 云计算应用平台	254
7.3.3	Microsoft 云计算服务	257
7.3.4	IBM 云计算服务	258
7.4	云计算应用示例	259
7.4.1	适于云计算的浏览器	259
7.4.2	Google 云计算应用示例	262
7.4.3	Windows Live 应用	265
	小结与进一步学习建议	267
	讨论与思考	268
第 8 章	物联网规划设计与构建	269
8.1	物联网设计基础	269
8.1.1	物联网规划设计的原则	269
8.1.2	物联网规划设计的步骤	271
8.2	物联网的构建	273
8.2.1	物联网应用系统规划	273
8.2.2	物联网应用系统设计	276
8.2.3	物联网系统集成	280
8.3	物联网应用系统设计示例	283
8.3.1	智能家居物联网系统应用示例	283
8.3.2	工业智能控制系统应用示例	286
8.4	传感网的广域互联	287
8.4.1	传感网广域互联的方式	287
8.4.2	基于 IPv6 的互联接入	290
	小结与进一步学习建议	294
	讨论与思考	295
	主要参考文献	296

第1章 绪 论

从“智慧地球”的理念到“感知中国”的提出，随着全球一体化、工业自动化和信息化进程的不断深入，物联网（Internet of Things, IOT）悄然来临。什么是物联网？虽然物联网技术已经引起国内外学术界、工业界和新闻媒体的高度重视，但当前对物联网的定义、内在原理、体系结构、关键技术、应用前景等都还在进行着热烈讨论。虽然大家都在谈论物联网，但是谈的却似乎并不一样。

本章将分析讨论物联网的基本内涵，介绍对物联网的种种描述，以期望通过对比关于物联网的不同描述，给出一个关于物联网的整体图景，以便读者能够对物联网有一个比较全面而准确的认识。

1.1 何谓物联网

近几年来物联网技术受到了人们的广泛关注，“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。于是在不同的阶段或从不同的角度出发，对物联网就有了不同的理解和解释。目前，有关物联网定义的争议还在进行之中，尚不存在一个世界范围内认可的权威定义。为了尽量准确地表达物联网内涵，需要比较全面地分析其实质性技术要素，以便给出一个较为客观的诠释。

1. 物联网概念的提出

物联网概念最早出现于比尔·盖茨 1995 年出版的《未来之路》一书。该书提出了“物—物”相联的物联网雏形，只是当时受限于无线网络、硬件及传感器设备的发展，并未引起世人的重视。

1998 年，美国麻省理工学院（MIT）创造性地提出了当时被称为 EPC（Electronic Product Code）系统的“物联网”构想。1999 年，美国 Auto-ID 首先提出“物联网”的概念，主要是建立在物品编码、射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术和互联网的基础上。这时对物联网的定义很简单，主要是指把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来，实现智能化识别和管理。也就是说，物联网是指各类传感器和现有的互联网相互衔接的一种新技术。

2005 年，国际电信联盟（ITU）在《ITU 互联网报告 2005：物联网》中，正式提出了“物联网”的概念。该报告指出，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互联网主动进行交换。射频识别技术、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。

2008 年 3 月在苏黎世举行了全球首个国际物联网会议“物联网 2008”，探讨了“物联网”的新理念和新技术，以及如何推进“物联网”发展。奥巴马就任美国总统后，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“智慧地球”的概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施，并阐明了其短期和长

期效益。奥巴马对此给予积极回应：“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去，毫无疑问，这就是美国在 21 世纪保持和夺回竞争优势的方式。”“智慧地球”的概念一经提出，就得到了美国各界的高度关注；甚至有分析认为，IBM 公司的这一构想将有可能上升至美国的国家战略，并在世界范围内引起轰动。

2009 年 8 月 7 日温家宝总理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，“在传感网发展中，要早一点谋划未来，早一点攻破核心技术”，提出了“感知中国”的理念，这标志着政府对物联网产业的关注和支持力度已提升到国家战略层面。之后，“传感网”、“物联网”成为热门名词术语。2009 年 9 月 11 日，“传感器网络标准工作组成立大会暨感知中国高峰论坛”在北京举行，会议提出了传感网发展的一些相关政策。2009 年 11 月 12 日，中国移动与无锡市人民政府签署“共同推进 TD-SCDMA 与物联网融合”战略合作协议，中国移动将在无锡成立中国移动物联网研究院，重点开展 TD-SCDMA 与物联网融合的技术研究与应用开发。

2010 年初，我国正式成立了传感（物联）网技术产业联盟。同时，工信部也宣布将牵头成立一个全国推进物联网的部际领导协调小组，以加快物联网产业化进程。2010 年 3 月 2 日，上海物联网中心正式揭牌。更为重要的是，温家宝总理在《2010 年政府工作报告》中明确提出：“今年要大力培育战略性新兴产业；要大力发展新能源、新材料、节能环保、生物医药、信息网络和高端制造产业；积极推进新能源汽车、电信网、广播电视网和互联网的三网融合取得实质性进展，加快物联网的研发应用；加大对战略性新兴产业的投入和政策支持。”

2. 物联网的不同定义

由于物联网概念出现不久，其内涵还在不断发展、完善。目前，对于“物联网”这一概念的准确定义尚未形成比较权威的表述。

1) 物联网的定义

目前，物联网的精确定义并未统一。关于物联网（IOT）的比较准确的定义是：物联网是通过各种信息传感设备及系统（传感网、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等）、条码与二维码、全球定位系统，按约定的通信协议，将物与物、人与物、人与人连接起来，通过各种接入网、互联网进行信息交换，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。这个定义的核心是，物联网的主要特征是每一个物件都可以寻址，每一个物件都可以控制，每一个物件都可以通信。

物联网的上述定义包含了以下 3 个主要含义：

（1）物联网是指对具有全面感知能力的物体及人的互联集合。两个或两个以上物体如果能交换信息即可称为物联。使物体具有感知能力需要在物品上安装不同类型的识别装置，如电子标签、条码与二维码等，或通过传感器、红外感应器等感知其存在。同时，这一概念也排除了网络系统中的主从关系，能够自组织。

（2）物联必须遵循约定的通信协议，并通过相应的软、硬件实现。互联的物品要互相交换信息，就需要实现不同系统中的实体的通信。为了成功地通信，它们必须遵守相关的通信协议，同时需要相应的软件、硬件来实现这些规则，并可以通过现有的各种接入网与互联网进行信息交换。

（3）物联网可以实现对各种物品（包括人）进行智能化识别、定位、跟踪、监控和管理

等功能。这也是组建物联网的目的。

也就是说，物联网是指通过接口与各种无线接入网相连，进而联入互联网，从而给物体赋予智能，可以实现人与物体的沟通和对话，也可以实现物体与物体相互间的沟通和对话，即对物体具有全面感知能力，对数据具有可靠传送和智能处理能力的连接物与物的信息网络。

2) 有关物联网的其他定义

目前，存在着物联网、传感网以及泛在网络等相关概念，而且对于支持人与人、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全新网络如何命名，也存在着物联网、传感网、泛在网三个概念之争。有关物联网概念的比较有代表性的表述有如下几种。

(1) 麻省理工学院 (MIT) 最早提出的物联网概念。早在 1999 年，MIT 的 Auto-ID 研究中心首先提出：把所有物品通过射频识别 (RFID) 和条码等信息传感设备与互联网连接起来，实现智能化识别和管理。这种表述的核心是 RFID 技术和互联网的综合应用。RFID 标签可谓是早期物联网最为关键的技术与产品，当时认为物联网最大规模、最有前景的应用就是在零售和物流领域。利用 RFID 技术，通过计算机互联网实现物品 (商品) 的自动识别、互联与信息资源共享。

(2) 国际电信联盟 (ITU) 对物联网的定义。2005 年，国际电信联盟 (ITU) 在 “The Internet of Things” 报告中对物联网概念进行了扩展，提出了任何时刻、任何地点、任意物体之间的互联，无所不在的网络和无所不在的计算的发展愿景，如图 1-1 所示。图 1-1 显示：物联网是在任何时间、环境，任何物品、人、企业、商业，采用任何通信方式 (包括汇聚、连接、收集、计算等)，以满足所提供的任何服务的要求。按照 ITU 给出的这个定义，物联网主要解决物品到物品 (Thing to Thing, T2T)、人到物品 (Human to Thing, H2T)、人到人 (Human to Human, H2H) 之间的互联。这里与传统互联网最大的区别是，H2T 是指人利用通用装置与物品之间的连接，H2H 是指人与人之间不依赖于个人计算机而进行的互联。需要利用物联网才能解决的是传统意义上的互联网没有考虑的、对于任何物品连接的问题。

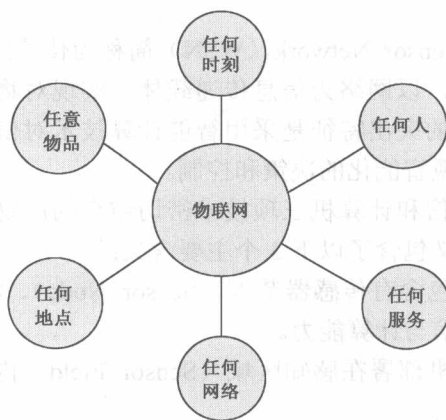


图 1-1 ITU 物联网示意图

物联网是连接物品的网络，有些学者在讨论物联网中，常常提到 M2M 的概念。可以将 M2M 解释成为人到人 (Man to Man)、人到机器 (Man to Machine)、机器到机器 (Machine to Machine)。实际上，M2M 所有的解释在现有的互联网都可以实现，人到人之间的交互可

以通过互联网进行,也可以通过其他装置(如第三代移动电话)间接地实现,可以实现十分完美的人到人的交互;人到机器的交互一直是人体工程学和人机界面领域研究的主要课题;而机器与机器之间的交互已经由互联网提供了最为成功的案例。

本质上,人与机器、机器与机器的交互,大部分是为了实现人与人之间的信息交互,万维网(World Wide Web)技术成功的原因在于通过搜索和链接,提供了人与人之间异步进行信息交互的快捷方式。通常认为,在物联网研究中不应该采用 M2M 概念,因为这是一个容易形成思路混乱的概念,采用 ITU 定义的 T2T、H2T 和 H2H 的概念则比较清楚。

(3) 欧洲智能系统集成技术平台(EPoSS)报告对物联网的阐释。2008 年 5 月 27 日,欧洲智能系统集成技术平台(EPoSS)在其发布的报告 *Internet of Things in 2020* 中,分析预测了物联网的发展趋势。该报告认为:由具有标识、虚拟个性的物体/对象所组成的网络,这些标识和个性等信息在智能空间使用智慧的接口与用户、社会和环境进行通信。显然,对物联网的这个阐释说明 RFID 和相关的识别技术是未来物联网的基石,并侧重于 RFID 的应用及物体的智能化。

(4) 欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组对物联网给出的解释。欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组对 RFID 和物联网进行了比较系统的研究后,在其 2009 年 9 月 15 日发布的研究报告中指出:物联网是未来互联网的一个组成部分,可以定义为基于标准的和交互通信协议的且具有自配置能力的动态全球网络基础设施,在物联网内物理和虚拟的“物件”具有身份、物理属性、拟人化等特征,它们能够被一个综合的信息网络所连接。

欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组的主要任务是:①实现欧洲内部不同 RFID 和物联网项目之间的组网;②协调包括 RFID 在内的物联网的研究活动;③对专业技术平衡,以使得研究效果最大化;④在项目之间建立协同机制。

总而言之,通过以上对物联网的几种表述可知,“物联网”的内涵起源于由 RFID 对客观物体进行标识并利用网络进行数据交换这一概念,不断扩充、延展、完善而逐步形成,并且还在丰富、发展、完善之中。

3) 无线传感网的概念

无线传感网(Wireless Sensor Network, WSN)简称为传感网。传感网是由若干具有无线通信与计算能力的感知节点,以网络为信息传递载体,实现对物理世界的全面感知而构成的自组织分布式网络。传感网的突出特征是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。

传感网作为传感器、通信和计算机三项技术密切结合的产物,是一种全新的数据获取和处理技术。传感网的这个定义包含了以下 3 个主要含义:

(1) 传感网的感知节点包含有传感器节点(Sensor Node)、汇聚节点(Sink Node)和管理节点,且必须具备无线通信与计算能力。

(2) 大量传感器节点随机部署在感知区域(Sensor Field)内部或附近,这些节点能通过自组织方式构成分布式网络。

(3) 传感器节点感知的数据沿其他传感器节点逐跳进行传输,在经过多跳路由后到达汇聚节点,最后可通过互联网或其他通信网络传输到管理节点。传感网拥有者通过管理节点对传感网进行配置和管理,收集监测数据及发布监测控制任务,实现智能化的决策和控制。协作地感知、采集、处理、发布感知信息是传感网的基本功能。

对于传感网的定义也有多种表述,不同的历史时期其含义有所差异,比较有代表性的表述如下:

美国军方对传感网的表述:传感网是由若干具有无线通信能力的传感器节点自组织构成的网络。这一概念起源于 1978 年美国国防部高级研究计划局资助卡耐基-梅隆大学进行分布式传感器网络的研究项目。当时在缺乏互联网技术、多种接入网络以及智能计算技术的条件下,此概念局限于由节点组成的自组织网络。这也是“传感网”这一简称的来源。因此,在大多数场合,都将传感网描述为一种由大量微型化、低成本、低功耗的传感节点组成的分布式自组织网络。

ITU-T 对传感网给出的定义:泛在传感器网络(Ubiquitous Sensor Network, USN)是由智能传感器节点组成的网络,以“任何地点、任何时间、任何人、任何物”的形式被部署。该技术具有巨大的潜力,因为它可以在广泛的领域中推动新的应用和服务,从安全保卫、环境监控到推动个人生产力和增强国家竞争力。这一概念来自于 2008 年 2 月 ITU-T 的研究报告 *Ubiquitous Sensor Networks*。该报告中提出了泛在传感器网络体系架构。ITU-T 将泛在传感器网络自下而上分为底层传感器网络、泛在传感器网络接入网络、泛在传感器网络基础骨干网络、泛在传感器网络中间件、泛在传感器网络应用平台 5 个层次。底层传感器网络由传感器、执行器、RFID 等设备组成,负责对物理世界的感知和反馈。泛在传感器网络接入网络实现底层传感器网络与上层基础骨干网络的连接,由网关、汇聚节点等组成。泛在传感器网络基础骨干网络基于互联网、下一代网络(NGN)而构建。泛在传感器网络中间件负责处理、存储传感数据,并以服务的形式对各类传感数据提供访问。泛在传感器网络应用平台是实现各类传感器网络应用的技术支撑平台。

国家信息技术标准化技术委员会对传感网的定义:传感器网络是以对物理世界的数据采集和信息处理为主要任务,以网络为信息传递载体,实现物与物、物与人之间的信息交互,提供信息服务的智能网络信息系统。该定义来自于我国信息技术标准化技术委员会所属传感器网络标准工作组 2009 年 9 月的工作文件。该文件认为传感器网络具体表现为: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的信息技术,能对物理世界进行信息采集、传输和处理,并将处理结果以服务的形式提供给用户。

比较以上对于传感网的 3 种不同描述,可以发现传感网的内涵起源于传感器组成通信网络,对采集到的客观物品信息进行交换这一概念。ITU-T 的报告对传感网给出了相对完整的体系架构,并且描述了各个层次在体系架构中的位置及功能。我国对传感网的两种表述尽管与 ITU-T 的定义在文字描述上有所不同,但其内涵基本一致,并未对 ITU-T 的定义进行实质性的改进。对传感网的这几种表述都把美国军方定义的“网络”作为底层的、对于客观物质世界信息获取交互的技术手段之一,只是对其进行了更为精确的文字描述而已。

4) 泛在网络

泛在网络(Ubiquitous Network)的概念来自于日韩提出的 U 战略,所给出的定义是: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武装而成的技术社会形态。根据这样的构想,泛在网络将以“无所不在”、“无所不包”、“无所不能”为基本特征,帮助人类在任何时间、任何地点,实现任何人、任何物品之间的顺畅通信。泛在网也被称为“网络的网络”,是面向泛在应用的各种异构网络的集合。

3. 对物联网内涵的进一步理解

对于实现人与人、人与物、物与物广泛互联,构建一个智能化社会这样一个远大愿景的物联网,在开始阶段是很难给出一个全世界公认、统一的定义的。实际上,对一个新兴的技术领域没有必要给出一个准确的定义,也不可能形成完美的定义。在目前阶段,对物联网的理解先从其近来受到热捧的原因开始,然后就其技术本身及其应用层面来认识理解它的现实意义可能更为准确一些。

1) 物联网产生的主要原因

物联网的产生有其技术发展的原因,也有应用环境和经济背景的需求。物联网之所以在当前被称为第三次信息革命浪潮,主要源于以下三个方面的因素。

(1) 经济危机催生新产业革命。2009 年全球爆发的金融危机,把全球经济带入了深渊。自然,战略性新兴产业将成为“后危机时代”的新宠儿。按照经济增长理论,每一次的经济低谷必定会催生某些新技术的发展,而这种新技术一定是可以为绝大多数工业产业提供一种全新的应用价值,从而带动新一轮的消费增长和高额的产业投资,以触动新经济周期的形成。美国、日本、欧盟等均已将注意力转向新兴产业,并给予前所未有的强有力政策支持。例如,奥巴马的能源计划是发展智能电网产业,全面推进分布式能源信息管理。我国专家提出的坚强智能电网概念,催生了以智能电网技术为基础,通过电子终端将用户之间、用户和电网公司之间形成网络互动和即时连接,实现了数据读取的实时、高速、双向的总体效果,实现了电力、电信、电视、远程家电控制和电池集成充电等的多用途开发。电力检测无线传感器电网配电传输系统和智能电表的用电智能感知网络,在很多地区的使用过程中已呈现出其优越性能。传感网技术将在新兴产业(如工业测量与控制、智能电网领域)中扮演重要角色,发挥重要作用。传感网所带来的一种全新的信息获取与信息处理模式,将深刻影响着信息技术的未来发展。目前的经济危机让人们又不得不面临紧迫的选择,显然物联网技术可作为下一个经济增长的重要助推器,催生新产业革命。

(2) 传感网技术已成熟应用。由于近年来微型制造技术、通信技术及电池技术的改进,促使微小的智能传感器可具有感知、无线通信及信息处理的能力。也就是说,涉及人类生活、生产、管理等方方面面的各种智能传感器已经比较成熟,如常见的无线传感器、射频识别(RFID)、电子标签等。传感网能够实现数据的采集量化、融合处理和传输,它综合了微电子技术、现代网络及无线通信技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术等先进技术,兼具感知、运算与网络通信能力,通过传感器侦测周边环境,如温度、湿度、光照、气体浓度、震动幅度等,并通过无线网络将收集到的信息传送给监控者;监控者解读信息后,便可掌握现场状况,进而维护、调整相关系统。由于监控物理环境的重要性从来没有像今天这么突出,传感网已被视为环境监测、建筑监测、公用事业、工业控制与测量、智能家居、交通运输系统自动化中的一个重要发展方向。传感网使目前的网络通信技术功能得到极大的拓展,使通过网络实时监控各种环境、设施及内部运行机理等成为可能。经过十余年的研究发展,可以说传感网技术已是相对成熟的一项能够引领产业发展的先进技术。

(3) 网络接入和数据处理能力已基本适应多媒体信息传输处理的需求。目前,随着信息网络接入多样化、IP 宽带化和计算机软件技术的飞跃发展,对于海量数据采集融合、聚类或分类处理的能力大大提高。在过去的十几年间,从技术演进视野来看,信息网络的发展已经

历了三个大的发展阶段，即：①大型机、主机的联网；②台式计算机、便携式计算机与互联网相连；③一些移动设备（如手机、PDA 等）的互联。信息网络的进一步发展，显然是更多地与智能社会相关物品互联。宽带无线移动通信技术在过去数十年内，已经历了巨大的技术变革和演变，对人类生产力产生了前所未有的推动作用。以宽带化、多媒体化、个性化为特征的移动型信息服务业务，成为公众无线通信持续高速发展的源动力，同时也对未来移动通信技术的发展提出了巨大挑战。当前，第三代移动通信系统（3G）已经进入商业化应用阶段，下一代移动通信系统（3G/4G）也已进入实质性研发试用阶段，按照最新的工作计划，国际电信联盟（ITU）在国际范围内启动了技术提案的征集工作，开始了一整套包括技术征集、评估、融合以及标准化在内的 4G 无线通信技术的国际标准化（ITU 称之为 IMT-Advanced）。可以说，网络接入和数据处理能力已适应构建物联网进行多媒体信息传输与处理的基本需求。

2) 技术层面的认识

由于物联网目前尚处在概念形成阶段，存在着物联网、传感网、泛在网的概念之争。通过上述对这三个概念的讨论可知，可以分别从不同的领域、不同的角度、不同的层面上认识理解。

从技术层面上看，物联网是指物体通过智能感知装置，经过传输网络，到达指定数据处理中心，实现人与人、物与物、人与物之间信息交互与处理的智能化网络。如果将传感器的概念进一步扩展，把射频识别、二维条码等信息的读取设备、音视频录入设备等数据采集设备都认为是一种传感器，并提升到智能感知水平，则范围扩展后的传感网络也可以认为是物联网。从 ITU-T、ISO/IEC JTC1 SC6 等国际标准化组织对传感网络、物联网定义和标准化范围来看，传感网与物联网是一个概念的两种不同表述，都是依托各种信息设备实现物理世界和信息世界的无缝融合。此外，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，其实质没有什么区别。可见无论从哪个角度，都可以认为目前为人所熟知的“物联网”和“传感网”均是以智能传感器、RFID 等客观世界标识和感知技术，借助于无线通信技术、互联网、移动通信网络等实现人与物理世界的信息交互。

3) 从应用的角度理解

纵观信息网络发展应用过程，可以认为物联网是网络的应用延伸，物联网不是网络而是应用和业务。它能把世界上所有的物品都连接到一个网络中，形成“物联网”，其主要特征是每一个物品都可以寻址，每一个物品都可以控制，每一个物品都可以通信。因此，也可以认为物联网是信息网络上的一种增值应用。例如，把与人们日常生活密切相关的应用设备（如洗衣机、冰箱、电视、微波炉等）互联互通，实现全球统一的“物联网”。

从应用的角度来看，物联网主要是在提升数据传送效率、改善民生、提高生产率、降低企业管理成本等方面发挥重要作用。例如，就电信运营的产业链而言，物联网的内涵主要是基于特定的终端，以有线或无线（IP/CDMA）等为接入手段，为集团和家庭客户提供机器到机器、机器到人的解决方案，满足客户对生产过程/家居生活监控、指挥调度、远程数据采集和测量、远程诊断等方面的信息化需求。

应用是技术进步的源动力，只有具有广阔的应用前景，技术才能得以发展。在目前技术背景、政府高度重视的大环境下，重要的是社会各领域深度挖掘物联网应用价值和产业链效