



· 5G移动通信关键技术研究丛书 ·
湖北省学术著作出版专项资金资助项目

OPNET

物联网仿真

—— 基于5G通信与计算的物联网
智能应用

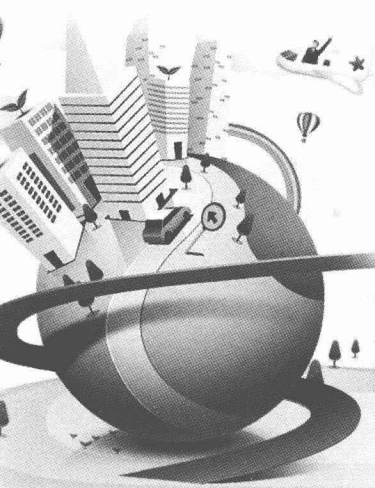
陈敏 缪一铭 胡龙 / 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

湖北省学术著作出版专项资金资助项目

Special Funds for Academic Pub

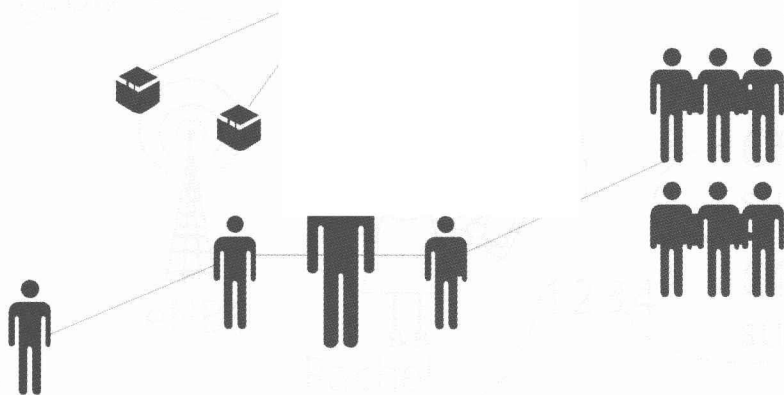


OPNET

物联网仿真

—— 基于5G通信与计算的物联网
智能应用

陈敏 缪一铭 胡龙 / 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是基于物联网 OPNET 仿真的一本学习参考书,本书阐述了物联网的演进过程,介绍了 OPNET 物联网仿真的基本模型,并对网络层基本路由算法、绿色物联网、智能物联网、宽带物联网、半实物仿真、窄带物联网、无线网络缓存等进行了建模与仿真。全书共分为 11 章。不仅介绍了经典的算法,还包括作者最新的研究成果。

本书侧重于实际的模型仿真,可作为学习物联网仿真和 OPNET 的进阶参考书。

本书可作为物联网和通信专业高年级本科生或研究生的教材或学习参考书,也可供相关专业工程人员或研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

OPNET 物联网仿真:基于 5G 通信与计算的物联网智能应用/陈敏,缪一铭,胡龙主编. —武汉:华中科技大学出版社,2018. 11

(5G 移动通信关键技术研究丛书)

ISBN 978-7-5680-4755-5

I. ①O… II. ①陈… ②缪… ③胡… III. ①互联网络-应用 ②智能技术-应用 IV. ①TP393.4
②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 265116 号

OPNET 物联网仿真——基于 5G 通信与计算的物联网智能应用

OPNET Wulianwang Fangzhen—Jiyu 5G Tongxin yu Jisuan 陈敏 缪一铭 胡龙 主编
de Wulianwang Zhineng Yingyong

策划编辑:王红梅

责任编辑:王红梅

封面设计:刘 卉

责任校对:张会军

责任监印:赵 月

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:30.5 插页:2

字 数:740 千字

版 次:2018 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:128.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

无线通信技术以及嵌入式、微电子机械系统、超大规模集成电路等领域取得的快速发展,使得“微型化”“智能化”和“网络化”的新型传感器的设计、开发和实现成为可能,从而为推动物联网时代信息世界向物理世界的全面渗透铺平了道路;另一方面,随着云计算、大数据技术及新一代通信和网络技术的发展,毫无疑问,物联网的持续演化势必在不久的将来对人们生活的方方面面产生巨大影响。

物联网是在传感器网的基础上演变而来的,并不断向核心网延伸,实现更加智能化的应用。所以说传感器网是物联网的基石,或者说是其重要组成部分。由于终端设备的数量不断增大,长期和大规模传感器网部署在实际运用中具有极高的难度。在多数情况下,虽然许多研究人员并非缺乏条件来部署真实的传感器节点,但是可利用的节点数量往往较少,根本无法发挥传感器网长期和大规模部署的优势,因此他们所设计的算法和协议很难在真实环境中得到验证。

因此,网络仿真不失为物联网实验的另一种途径,可以解决大多数研究人员因没有条件搭建对部署环境及硬件成本有很高要求的大规模传感器网所带来的困扰。虽然物联网近几年取得了较大的发展,也产生了一些成功的示范应用,但是仍然面临很多技术问题需要研究人员解决,在大规模部署物联网应用前必须对相关理论和算法进行验证和评估,这就迫切需要搭建物联网的仿真平台,尤其是为了满足面向大范围规模化感知的要求,而需要搭建大规模传感器网仿真平台。

由于物联网涵盖了复杂的网络与通信系统,因此,优秀的网络仿真软件 OPNET Modeler 成为一个很好的选择。虽然 OPNET 几乎内置了目前所有最新网络通信协议的仿真模型,但是这些模型主要是针对标准化了的协议和算法,并没有自带物联网和大规模传感器网仿真模块,需要重新搭建一个庞大的仿真系统,这又对广大物联网研究者提出了难题。

为了帮助广大物联网研究人员跨越这个挑战,笔者在书中详细讲解了一个成熟的基于 OPNET Modeler 的基本物联网仿真模型 IoT_Simulation,以及基于该模型的其他扩展仿真模型,还提供了各模型的源码供广大物联网研究者下载学习。

全书共分为 11 章。第 1 章描述物联网的发展历程,以及和以移动互联网、云计算、

大数据、软件定义网络、5G 等为代表的新技术的共融与演进。同时也提出了物联网仿真的必要性。第 2 章介绍 OPNET 仿真的基础知识,包括常用函数和一个基本的包交换例程;第 3 章详细介绍基于 OPNET 的一个物联网基本仿真模型 IoT_Simulation,介绍了作为基本模型的网络模型、节点模型、结果收集模型、能量模型和动画模型的实现,第 3 章是本书的核心。后续章节基于第 3 章的基本模型展开。第 4 章介绍 OPNET 的模型调试,列举读者在使用模型中可能遇到的问题和解决方法。第 5 章介绍基于地理路由、移动多媒体地理位置路由、定向扩散路由以及 Zigbee 网络层路由算法的实现和仿真。第 6 章绿色物联网仿真主要介绍了 REER 和 KCN 两个协作通信模型。第 7 章智能物联网仿真介绍了移动代理。第 8 章宽带物联网仿真介绍了多路路由模型以及物联网骨干网模型。第 9 章介绍半实物仿真的入门实验、仿真基础及半实物仿真实例。第 10 章介绍窄带蜂窝仿真的发展、搭建及实例。第 11 章介绍无线网络缓存仿真的模型建立、结构及分析。

本书内容由笔者多年的研究工作整理而成,在成书的过程中得到华中科技大学出版社王红梅编辑的大力支持,在此表示诚挚的感谢。在本书编写过程中广泛参考了许多专家、学者的文章、著作以及相关技术文献,笔者在此一并表示衷心感谢。

由于水平有限,书中的缺点、错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

陈 敏

2018 年 10 月

目 录

1	物联网的演进	(1)
1.1	物联网的发展历程	(1)
1.1.1	国内外发展历程	(1)
1.1.2	从应用需求看物联网的发展	(3)
1.2	物联网的设计理念	(9)
1.2.1	物联网的特征	(9)
1.2.2	物联网设计理念	(10)
1.3	物联网架构与关键技术	(12)
1.3.1	物联网架构	(12)
1.3.2	关键技术	(14)
1.4	物联网与 WSN、M2M、BAN 和 CPS	(21)
1.4.1	WSN、M2M、BAN 与 CPS 简介	(22)
1.4.2	物联网几种技术之间的共性	(25)
1.4.3	物联网几种技术之间的区别	(25)
1.5	人本物联网	(27)
1.5.1	人体局域网	(27)
1.5.2	基于云平台的医疗人体局域网	(34)
1.5.3	第二代 RFID 系统	(35)
1.5.4	基于机器人技术和云计算技术的智能健康物联网	(42)
1.6	物联网与大数据,云计算与软件定义网络	(45)
1.6.1	物联网与大数据	(45)
1.6.2	物联网与云计算	(47)
1.6.3	物联网与软件定义网络	(50)
1.7	物联网与网络仿真	(53)
2	OPNET 网络仿真简介	(54)
2.1	OPNET 概述	(54)
2.1.1	网络仿真简介	(54)
2.1.2	OPNET 简介	(54)
2.1.3	OPNET 网络环境	(56)
2.1.4	OPNET 编辑器简介	(57)
2.1.5	OPNET 常用文件格式	(60)
2.2	OPNET 常用函数介绍	(61)
2.2.1	函数命名规则	(61)
2.2.2	分布函数集	(61)
2.2.3	进程函数集	(62)

2.2.4	事件函数集	(64)
2.2.5	接口控制信息函数集	(66)
2.2.6	中断函数集	(69)
2.2.7	分组函数集	(72)
2.2.8	队列函数集	(75)
2.2.9	统计量函数集	(76)
2.3	OPNET 网络建模和仿真方法	(77)
2.3.1	OPNET 建模基本特性	(77)
2.3.2	OPNET 建模机制	(79)
2.3.3	OPNET 仿真机制	(84)
2.4	仿真结果的处理	(89)
2.4.1	收集统计量	(89)
2.4.2	查看和导出仿真结果	(90)
2.4.3	发布仿真结果	(91)
2.5	包交换网络例程	(92)
2.5.1	概述	(93)
2.5.2	创建包交换网络	(94)
2.5.3	收集统计量并配置仿真	(106)
2.5.4	运行仿真并分析结果	(107)
3	传感器网络 OPNET 仿真	(110)
3.1	网络模型	(110)
3.1.1	打开模型	(110)
3.1.2	网络参数	(111)
3.1.3	网络模型的节点部署	(112)
3.1.4	模型文件的分类	(117)
3.1.5	头文件	(118)
3.1.6	全局变量	(119)
3.1.7	包结构	(119)
3.2	节点模型	(120)
3.2.1	普通传感器节点模型	(120)
3.2.2	结果收集节点模型	(132)
3.3	结果收集模型	(136)
3.3.1	模型介绍	(136)
3.3.2	性能参数	(138)
3.3.3	代码实现	(138)
3.4	能量模型	(143)
3.4.1	MAC 层能量模型	(143)
3.4.2	网络层能量模型	(147)
3.5	动画模型	(147)
3.5.1	新建自定义探针	(148)

3.5.2	创建动画宏	(149)
3.5.3	调用动画	(151)
3.6	其他技巧	(155)
3.6.1	网络传输半径的确定	(155)
3.6.2	调试日志	(157)
3.7	综合实验	(158)
3.7.1	实验一:增加路由方案	(158)
3.7.2	实验二:不同参数路由方案比较	(161)
3.7.3	实验三:多随机种子多参数做 Errorbar 图	(166)
3.7.4	实验四:增加普通传感器节点应用层统计项	(172)
4	大规模传感器网络 OPNET 模型调试	(175)
4.1	查看 OPNET 日志文件	(175)
4.2	使用 OPNET Debugger 调试	(177)
4.2.1	ODB 调试概述	(177)
4.2.2	ODB 断点功能简介	(180)
4.2.3	ODB 信息追踪功能简介	(182)
4.2.4	ODB 映射功能简介	(184)
4.2.5	使用 ODB 调试 IoT_Simulation 模型实例	(186)
4.3	OPNET 与 VC6 联合调试	(191)
4.3.1	环境变量的设置	(191)
4.3.2	修改 OPNET 有关与 VC6 联合调试的标识	(192)
4.3.3	仿真时 OPNET 与 VC6 联合调试的步骤	(193)
4.4	仿真模型的跟踪调试	(195)
4.4.1	实例一:找到 IoT_Simulation 的源节点	(195)
4.4.2	实例二:跟踪数据包的处理流程	(198)
4.4.3	实例三:异常情况的调试	(205)
5	OPNET 网络层仿真	(211)
5.1	地理路由	(211)
5.1.1	地理路由概述	(211)
5.1.2	贪婪路由算法	(214)
5.2	移动多媒体地理位置路由	(219)
5.2.1	多媒体传感器网络概述	(219)
5.2.2	移动多媒体地理位置路由	(220)
5.2.3	MMSN 的 OPNET 仿真	(223)
5.3	定向扩散路由	(227)
5.3.1	定向扩散路由简介	(228)
5.3.2	模型实现	(229)
5.4	ZigBee 协议仿真	(235)
5.4.1	ZigBee 概述	(235)
5.4.2	OPNET 官方 ZigBee 模型	(239)

5.4.3	开放源代码 IEEE 802.15.4/ZigBee 仿真模型	(243)
5.4.4	基于 IEEE 802.15.4 的体域网仿真	(248)
6	绿色物联网仿真	(254)
6.1	REER 路由协议	(254)
6.1.1	REER 协议	(255)
6.1.2	REER 代码实现	(261)
6.1.3	性能分析与实验	(275)
6.2	KCN 路由协议	(277)
6.2.1	KCN 协议	(277)
6.2.2	KCN 代码实现	(278)
7	智能物联网仿真	(289)
7.1	移动代理概述	(289)
7.1.1	移动代理	(289)
7.1.2	基于移动代理的无线传感器网络路由规划	(291)
7.1.3	移动代理能量消耗	(293)
7.1.4	移动代理模型	(294)
7.2	单移动代理经典算法	(297)
7.2.1	通用的单移动代理路由规划算法	(297)
7.2.2	最近最优先路由算法	(297)
7.2.3	能量效率路由算法/迭代的能量效率路由算法	(299)
7.3	多移动代理经典算法	(300)
7.3.1	MST-MIP	(300)
7.3.2	BST-MIP	(302)
7.3.3	遗传算法	(303)
7.4	移动代理仿真实现	(306)
7.4.1	建立移动代理路由规划模型	(306)
7.4.2	模型中写入代码	(307)
7.4.3	运行仿真	(317)
7.4.4	添加新路由规划算法	(318)
8	宽带物联网仿真	(323)
8.1	多路径带宽扩展算法	(323)
8.1.1	多路径路由概述	(323)
8.1.2	DGR 路由	(325)
8.1.3	PW-DGR	(332)
8.1.4	多源单目标的多路径路由	(334)
8.2	物联网骨干网仿真	(349)
8.2.1	物联网架构	(349)
8.2.2	网络模型	(350)
8.2.3	模型实现	(351)
9	半实物仿真	(364)

9.1	入门实验	(364)
9.1.1	网络模型建立	(365)
9.1.2	设置 SITL 节点属性	(366)
9.1.3	设置 wkstn 节点属性	(366)
9.1.4	仿真结果分析	(366)
9.2	半实物仿真基础	(369)
9.2.1	SITL 网关	(369)
9.2.2	包转换(packet translation)	(370)
9.3	WLAN 半实物仿真	(377)
9.3.1	网络模型	(377)
9.3.2	WLAN 工作站与真实数据中心的交互	(399)
9.4	Wireless 半实物仿真	(404)
9.4.1	网络模型设计	(404)
9.4.2	南向接口设计	(406)
9.4.3	北向接口设计	(410)
9.4.4	模型实现	(411)
9.4.5	仿真实验	(418)
10	窄带蜂窝物联网仿真	(423)
10.1	NB-IoT 发展简介	(423)
10.1.1	NB-IoT 物理层特性	(424)
10.1.2	NB-IoT 下行链路	(424)
10.1.3	NB-IoT 上行链路	(425)
10.2	NB-IoT 模型的搭建	(426)
10.2.1	NB-IoT 网络架构	(426)
10.2.2	用户设备上行数据传输的过程及相关参数	(427)
10.2.3	NB-IoT 中应用层的设置	(430)
10.2.4	仿真实验结果与分析	(431)
10.3	NB-IoT 中敏感型设备延时优化算法	(434)
10.3.1	传统的拥塞解决方案 Access Class Barring Schemes	(436)
10.3.2	RADB 相较于 ACB 的优势	(437)
10.3.3	RADB 与 ACB 算法实验对比	(439)
11	无线网络缓存仿真	(442)
11.1	无线网络缓存	(442)
11.1.1	内容中心网络	(442)
11.1.2	无线 D2D 网络中的缓存	(444)
11.2	仿真模型建立	(444)
11.2.1	缓存模型概述	(444)
11.2.2	快速网络部署	(446)
11.2.3	模型文件说明	(451)
11.2.4	全局变量	(451)

11.3	包结构	(451)
11.3.1	兴趣包 interest_pk	(452)
11.3.2	数据包 response_data	(453)
11.3.3	广播包 server_info	(454)
11.4	节点模型	(454)
11.5	仿真模型分析	(471)
11.5.1	收集统计量并配置仿真	(471)
11.5.2	仿真结果分析	(473)
参考文献		(476)

物联网的演进

随着信息技术的发展,信息技术的应用已经从人扩展到围绕人类生活的物体,物联网则是将人类所需的各种“物”的状态通过各种传感设备和智能感知转化为数据,并通过无线或有线网络传输,以及通过云计算对数据进行存储、分析和处理。

学术界、工业界及各国政府对物联网的发展均给予极大关注。各国政府纷纷制定物联网发展的相关战略和产业政策,希望在这一新兴产业中占据制高点,推动产业创新和刺激经济发展。很多国家已经将发展物联网技术上升为重要的国家战略。目前,物联网并不是新事物,它是传感器网、互联网、移动通信、云计算以及智能信息处理等网络及信息技术发展到一定阶段后相互融合的产物。

与以往人与人、人与机器对话的互联网概念不同,物联网将互联的范围扩展到了机器与机器、机器与物理世界,不仅在规模上更大,而且在语义上更丰富。传统的互联网和电信网均是以信息传送为中心的,而物联网是以信息服务为中心的,通过将各种终端网络与核心网异构相连,把对物理世界的感知、认识、影响和控制与计算机系统进行融合,实现了物理世界、数字虚拟世界和人类感知的统一。

随着与其他 ICT(信息、通信、技术)技术的不断结合,包括目前热门的大数据技术、移动云计算技术、SDN(软件定义网络)、5G(第五代移动通信)等,物联网正加速向智能化与人本化(human-centric)演进。

1.1 物联网的发展历程

物联网的概念最早出现于比尔·盖茨在1995年发表的《未来之路》一书中。在《未来之路》中,比尔·盖茨已经提及 IoT(internet of things)的概念,只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展,并未引起世人的重视。

1.1.1 国内外发展历程

1. 国际发展历程

物联网的前身实际上是物流网。1998年,美国麻省理工学院提出了当时被称为 EPC(electronic product code)系统的“物流网”的构想,即把所有物品通过射频识别等传感设备与互联网相连接,以实现智能化的识别和管理;1999年,美国 Auto-ID 实验室

首先提出“物联网”的概念,称物联网主要建立在物品编码、RFID 技术和互联网的基础上;2005 年,ITU 发布了《ITU 互联网报告 2005:物联网》,正式提出“物联网”的概念,其包括了所有物品的联网和应用。ITU 在报告中详细介绍了物联网的特征、相关技术、面临的挑战以及未来的市场机遇,并指出“我们正站在一个新的通信时代的边缘,信息与通信技术(ICT)的目标已经从满足人与人之间的沟通,发展到实现人与物、物与物之间的连接,无所不在的物联网通信时代即将来临”。物联网为人类在信息与通信技术的世界里获得了一个新的沟通维度,将任何时间、任何地点连接任何人,扩展到连接任何物品,如图 1-1 所示。

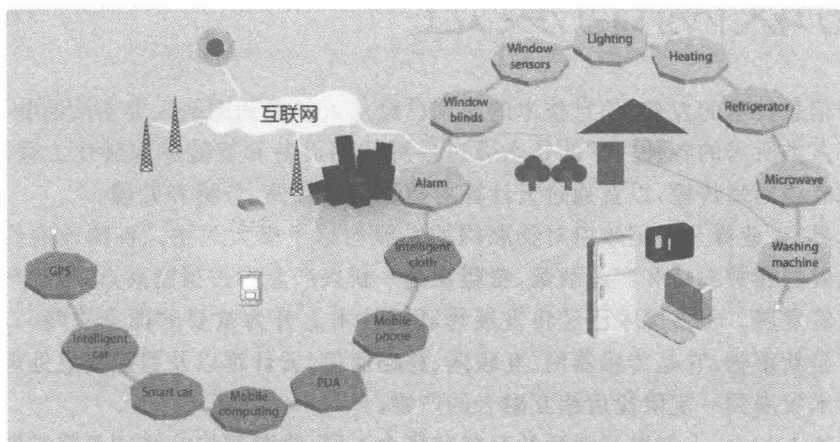


图 1-1 物联网连接的终端设备

2008 年 11 月,IBM 在美国纽约发布的《智慧地球:下一代领导人议程》主题报告中提出“智慧地球”理念,即把新一代信息技术充分运用到各行各业之中。奥巴马就任美国总统后,对 IBM 的“智慧地球”理念做出积极回应,将其纳入国家战略,并使之成为应对金融危机的新的经济增长点。

2009 年 6 月 18 日,欧盟执委会发表了“Internet of things: an action plan for Europe”,描述了物联网的发展前景,在世界范围内首次系统地提出了物联网发展和管理设想,并提出了 12 项行动保障物联网加速发展,标志着欧盟已经将实现物联网提上日程。

2009 年 10 月 13 日,韩国通信委员会通过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,提出了通过构建世界最先进的物联网基础设施,打造未来广播通信融合领域超一流的信息通信技术强国的目标,并确定了构建物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网扩散环境等 4 大领域和 12 项详细课题。

2. 国内发展历程

以欧盟和韩国为代表的上述物联网行动计划的推出,标志着物联网相关技术和产业的前瞻布局已在全球范围内展开。我国也将物联网作为战略性新兴产业予以重点关注和推进。

2009 年 8 月 7 日,温家宝总理视察无锡时提出了“感知中国”理念,由此推动了物联网概念在国内的重视,使之成为继计算机互联网和移动通信之后引发新一轮信息产业浪潮的核心领域。

2009 年 11 月 1 日,由中关村物联网产业链上下游具有优势的 40 余家机构共同发

起组建中关村物联网产业联盟,其目的在于加强企业间的协作、创新与联动,促进物联网成员单位与政府的互动,整合、协调优势资源,促进中关村地区物联网产业的发展壮大。

2010年3月5日,温家宝总理在政府工作报告中将加快物联网的研发应用明确纳入重点产业振兴计划。国务院发展和改革委员会、工业和信息化部、科学技术部等都在研究制定促进物联网产业发展的扶持政策,由此,推动了中国物联网建设从概念推广、政策制定、配套建设到技术研发的快速发展。

2012年11月,中华人民共和国住房和城乡建设部发布《国家智慧城市试点暂行管理办法》。

2012年12月,中国工程院组织起草并发布的《中国工程科技中长期发展战略研究报告》将智能城市列为中国面向2030年的30个重大工程科技专项之一。

3. 物联网的3A连接

早在1988年,物联网概念提出之前,Mark Weiser提出了普适计算的概念,他认为由于摩尔定律的作用,计算机及电子芯片将越做越小,越来越便宜,这样必将导致微型化节点的规模化部署,用户可以在不知道提供服务的机器在何地的情形下,即可享受到无所不在的服务。从这一点来看,与物联网在任何时间(anytime)、任何地点(anyplace)上对任何普适互联设备(anything)进行联通(3A连接)的特点有共通之处,如图1-2所示。

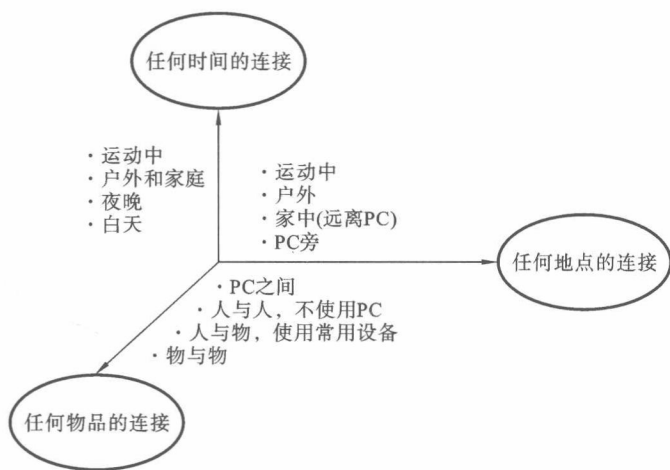


图 1-2 物联网在人机物三元空间的 3A 连接

1.1.2 从应用需求看物联网的发展

其实,物联网的兴起,何尝不是由于通信和网络领域新技术导致设备性价比急剧提升,以及人们对高品质生活不断追求所驱动的呢?看待物联网的兴起,可以从技术发展的角度去看,也可以从日益增长的应用需求去探讨。

1. 从无线传感器网说起

下面请允许笔者基于本人的研究经历来回顾。笔者的本科、硕士、博士的专业都是电子与通信工程,并不是计算机和网络,怎么会转而研究物联网呢?读硕士期间,研究

的是图像处理,那时候整个行业正处于从有线向无线、从 ATM 电路交换向 IP 交换变革的大潮中。读博士的时候,笔者非常意外地被导师指派负责一个名为“移动 IP”的富士通合作项目,那时候研究的是如何从有线网到无线局域网的边缘为多媒体业务提供更好的区分服务。随后,当笔者还沉迷于改进无线局域网 802.11 协议以提高对视频传输服务质量支持的时候,却突然发现无线自组织网已经成为当时的研究热点。将笔记本电脑通过自组织形式连接,在保证移动性的同时保持不掉线,在那时是一件让人称道的事情;而从无线自组织网络到无线传感器网络的兴起,其中一个重要的推动因素,就是节点在不断缩小。微处理器及无线通信模块等芯片日趋小型化,就可以集成到一个板子上,再往上面放一些传感器,整个节点就变小了。

笔者博士毕业之后去了首尔大学做博士后,研究项目就是无线传感器网络,而在此之前,笔者甚至不知道诸如 DSR 和 AODV 之类的基本自组网协议。在这里,顺便提一下几个容易被混淆的概念,即传感器、传感器节点,以及传感器网络、无线传感器网络,弄明白它们之间的联系和区别让当时笔者这个“外行”花了较长时间。一般来讲,传感器就是“Sensor”,小到测量温度或亮度的小芯片,大到测量人体内超声影像的传感器,简单来说就是一个把物理信号转化为模拟信号的模块。在传感器的基础上,还需要一个微处理器,其作用就是将模拟信号进一步转换成数字信号,转换完之后,还需要在诸如 TinyOs、Contiki 等微型操作系统上,安装一些嵌入式程序做进一步处理,再把数据包传到无线发射模块转发出去,这样合在一起的一整套器件,就形成一个独立的微型计算机,也就是通常所说的传感器节点。传感器节点的体积虽小,但它的设计却包含了很多内容,遵循了类似 OSI 七层框架体系的结构,可谓“麻雀虽小,五脏俱全”。如果放置多个这样的节点并让它们互联互通,就形成一个网络,我们称为传感器网络(简称传感网)或无线传感器网络。

设计传感器网络的初衷是用于采集各式外界信息,因此传感器常常被部署在偏远,或是人迹罕至甚至是人根本无法到达的地方,好在如今芯片成本已经大幅下降,节点置于无人管控的地方,即使丢了也没那么心疼,于是达到了以数量换取质量的效果。但比起成本,节点失效而导致网络出现空洞、阻碍任务完成才是设计者更加关心的问题,因此,关于省电节能、延长节点生命期、优化占空比等方面的算法研究,在很长一段时间里都备受关注。

传感网是用来感知信息的,获取物理信息之后有什么用途呢?首先是发给汇聚(sink)节点,Sink 节点可以看作是连接传感网和信息世界的一个桥梁和接口,在对信息做了过滤、汇聚等处理后,把信息搬运到墙上的 AP(无线接入点)或者基站,再到互联网。笔者把这一次的信息搬运称为物联网的“最后一里接入问题”。这一问题的基本原则是“可以不搬尽量别搬”,因为让无线通信这一“搬运工”反复搬东西可能会引发带宽资源不足、丢包、冲突等诸多问题。具体的设计要根据应用来量身定做,比如布置在建筑物里的节点,信息传到墙上的接入点,剩下的就走 IP 联网了,如果需要超宽带可以连光纤;在没有网线但是蜂窝网能覆盖的偏远区域,就可以考虑部署一些小型基站;若是距离再远一些,在孤岛上没有基站和互联网,就只能连接价格昂贵的卫星了;或者经过各种各样的“异构网络”(见图 1-3),感知信息历经千山万水抵达一个信息处理中心后,中心就可以对它进行更加深入或者复杂地处理了,从而为应用提供真正有价值和指导意义的决策或判断。如果处理能力不够,还可以请“云计算”来帮忙。

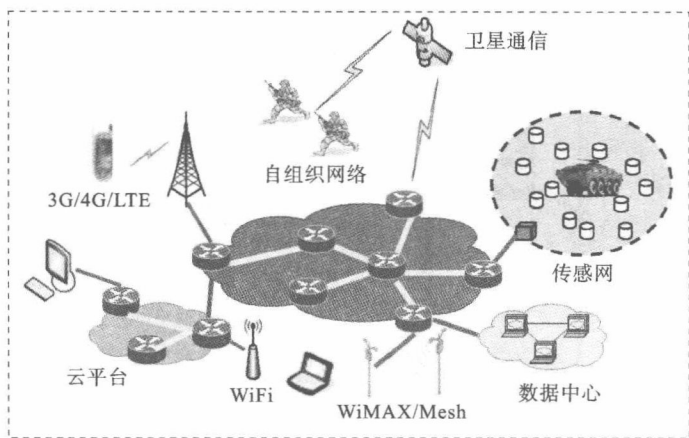


图 1-3 由自组织网络、传感器网络、移动通信网络和云数据中心组成的异构网络

因此,与物联网有关的架构都涉及这样一个流程:先通过各种手段获取信息,再进行多次搬运(当然在搬运过程中信息也可能会持续地被处理而不断进化),最后抵达一个目的地,得到先进透彻的处理而最终服务于应用。类似于目前物联网领域经典之作《物联网导论》,笔者把物联网体系架构主要分为四个部分:信息获取与感知、网络接入与传输、信息管理与处理、综合服务与应用,简言之,即感知、传输、处理、应用。另外,还有安全问题始终贯穿于这四个方面,但一般会把“隐私保护与安全”独立出来讨论。

紧接着,一个新问题被提出来:是不是被“体系架构”之后,物联网就被“标准化”了呢?问题应该没那么简单,即使将来被标准化了,也只是阶段性或者部分的标准化。认为物联网如同一个在不断发展的生命体,随着各类技术的发展和人们需求的增长而不断地进化,这也是本章探讨物联网之演进的原因。或者,从发展的角度去描述物联网更加准确:物联网的发展意味着“更透彻的感知,更广泛的互联互通,更深入的智能化”。从应用来看,物联网应当以人为本,为人服务,同时也是个性化的、智能的和绿色的。

2. 人本物联网与社会网络

以人为中心的物联网,笔者称为“人本物联网”。作为人本物联网的一种重要表现形式——人体局域网,与传感器网络相比,只不过是进一步针对人体设计的网络,因而呈现出一些新的特点。首先规模较小,放置于人体上的传感器网络数量通常只有三五个,而且对于单独人体的传感网来说,它是整体移动的。其次,由于采集的信息跟人紧密相关,对环境信息采集的传感器,又增加了两类:一类是人体传感器,用于采集人的各类生理信息;另一类为动态传感器,诸如加速度、陀螺仪、GPS等,可用于感知人的一些特别的动作,综合人周围环境和人自身信息的感知,再通过复杂的模型分析即可从某种程度上推测出人的心理活动,如图 1-4 所示。

这是一个巨大的进步,以前的机器和网络能够处理的事情大多是物质层面的,不会涉及精神层面的分析,而人本物联网则突破了这一局限。在这个意义层面上,有些关于精神层面的问题将引起人们辩证性思考。我们知道,科技进步给人类提供了许多便利,但人类的生活方式是更加健康了吗?调查结果不尽如人意。世界健康组织的报告中指出,在互联网时代,每天久坐的生活方式导致数以百万计的人患肥胖症或慢性疾病,网

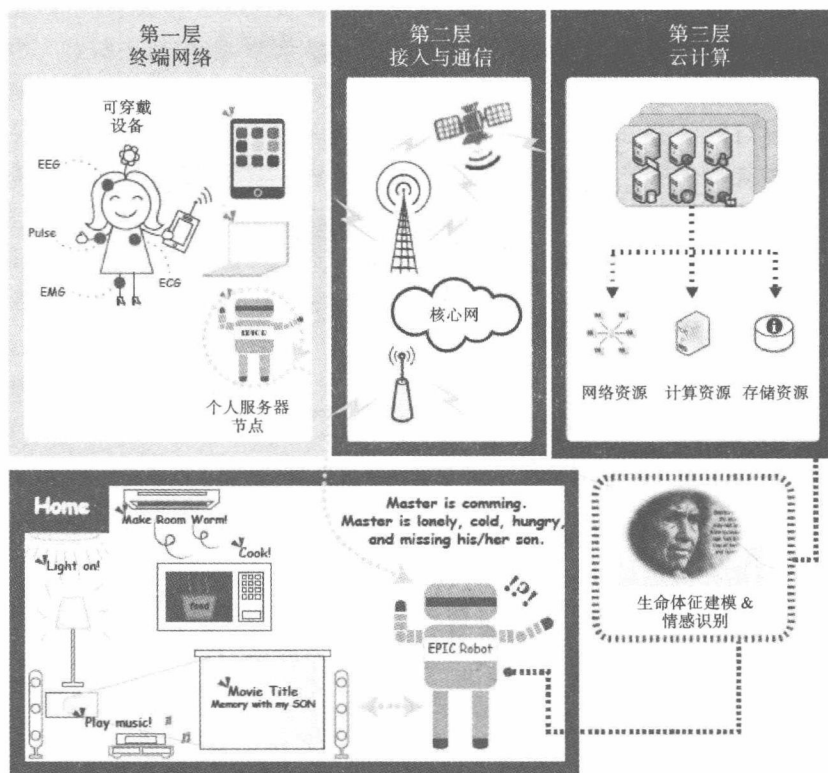


图 1-4 基于人体局域网和云计算的情感识别与反馈

络游戏正吞噬世界范围内广大青少年的身心健康。所以,要提高人类的生活质量,除了对物质世界的感知,未来更重要的一个方向是对精神世界的感知,从而引导人们的身心有一个真正健康舒适的生活。对于病患者或老人而言,人本物联网是解决其生存之迫切需求所期求的技术。以心脏病患者为例,据健康促进研究会(Institute for Healthcare Improvement)的统计数据显示,在突然发病的情况下,没有得到监护的心脏病患者,存活率仅为6%左右,而通过医疗人体局域网得到监护的心脏病患者,存活率可提高到48%。

谈到和人类密切相关的人本物联网,就不得不提及社交网络了。身处今天这个浩如烟海的信息时代,社交网络为人们提供了一个很好的“选择性空间”去过滤、整合各类信息,它可以和物联网相结合,根据每个人的兴趣和需求进行个性化地推荐。在你生活学习的一个校园里,诸如你喜欢的课程的上课时间、教室安排,噱头十足的电影的开幕和票价,心仪工作的招聘活动等,社交网络会忠诚地根据你的兴趣把网络感知到的对你有用的信息发送给你,不管你身在何处都能在手机上看到,并在第一时间提醒你。所以,现在很多年轻人想干什么、想知道什么,都是先打开 Facebook、微博、Twitter 等社交网络软件浏览。可以说,他们是生活在社交网络里的一代,社交网络已经成为他们生活中不可缺少的一部分,这是时代发展的潮流。

互联网架构的目的,就是为了传输和共享丰富的多媒体信息,与传统互联网时代不同,社交网络已经成为现代人获取媒体信息最直接的接口。据统计数据显示,全世界使用 Facebook 的有几亿人,而腾讯微博也有 2 亿~3 亿人。现在的白领和大学生,特别