

物联网主要特征与基础理论研究

王瑞刚

(西安邮电学院物联网与两化融合研究院 西安 710061)

摘要 物是物联网连接的对象,物的属性决定着物联网的特征及其研究方法。分析了物的主要属性,说明物是人、事、实物的代表——智能体。指出物联网的主要特征在于:自反馈体系架构、3C、安全、复杂网络、复合生态系统,并给出以时、空、量、构、序、信为主体的物联网复合生态系统理论模型。分析物联网基本概念与网络应用关系,给出一种物联网相关理论基础体系架构。

关键词 物联网,感知,智能体,复杂网络,网络科学

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Main Character and Basic Theory for Internet of Things

WANG Rui-gang

(Institute of IoT & IT-based Industrialization, Xi'an University of Posts and Telecommunication, Xi'an 710061, China)

Abstract The things is object connected to Internet of Things(IoT), and it's attributes determine IoT characteristics and research methods. Analysis of the main attributes of things indicate the things is man, service, substance and product, kind of representative agent. IoT main features are self-feedback architecture, 3C, security, complex networks, complex ecosystem, and IoT complex ecosystem theory model is composed of TSESOI(Time, Space, Energy, Structure, Order, Information). Analysis of the relationship between basic concepts and network applications gives a theoretical foundation architecture related to IoT.

Keywords Internet of things, Perception, Agent, Complex network, Network science

1 引言

2010年,国家重点基础研究发展计划(973计划)立项项目中,信息领域16项中有3项涉及物联网基础研究,它们分别是:物联网体系结构与关键技术的基础研究、物联网的基础理论和设计方法研究和物联网基础理论与方法研究^[1]。由此可见,国家对物联网的基础理论、体系结构、关键技术、设计方法研究十分重视,这无疑对满足国民经济和社会发展对物联网技术的重大需求具有积极的意义。

从技术的角度来看,物联网是互联网应用深化和扩展的结果,是一种互联网应用,它涉及3个方面的技术,即感知、传输和智能处理。从发展的角度来看,物联网的基础理论和关键技术还处于探索阶段。本文通过对物联网主要特征进行研究,揭示物联网旨在通过信息技术促进自然-经济-社会复合生态系统演进的科学本质,并给出一种物联网基础理论研究体系结构。

2 物联网中的“物”是什么?

1999年,美国麻省理工学院(MIT)的Auto-ID研究中心在研究RFID应用时,提出Internet of Things(IoT)一词^[2],汉译为“物联网”。2005年,国际电信联盟(ITU)发布《ITU互联网报告2005:物联网》^[3],其对物联网的定义和范围进行了大的拓展,正式提出了物联网的概念。目前,新闻媒体上使

用的物联网概念,更多的是指其外延属性,亦即物联网的应用形式,如智能交通、智能电网、智慧城市等。2008年,IBM提出“智慧地球”构想,强调感知技术与智慧城市建设;2009年,温家宝总理提出“感知中国”概念,强调传感技术与信息化服务。这些关于物联网的主要说法中均没有明确指出物到底是什么。

有人认为物联网是产品信息的互联网,那么物就是“产品信息”^[4],这比较符合物联网发展的初期应用,但明显弱化了物的现实性属性。本文认为物联网是智能体之间为实现信息交互而组成的互联网络,那么物就是智能体(Ithings, intelligent things)。

物联网明确指出连接的对象是物,其结果是构建物生存的信息环境,其目的是实现人对物的控制。物并非互联网节点的简单延伸,而是社会(人)、经济(事)、自然(物质)的网络符号(信息);物既包含天然(物质),也包含人工的产品(product)和服务(service);物不是永恒不变的,而是具有生命周期性的。说物是智能体,主要基于物的下列属性:

(1)二重性。物既具有现实性(产品),也具有虚拟性(与产品关联的信息)。

(2)有限性。物是人选择的价值较高的事物。

(3)感知性。感知是物理解、预测和应对一个比自身庞大和复杂得多的物联网的基础,也是物智能化和实现自治的基础。

(4)智能性。物是可计算的,即具备数据发送和接收、分析、加工和处理数据的能力,并标识为网络可识别的智能体,包括“内在智能”和“外在使能”。

(5)群聚性。物以类聚,表现为各种具体的应用系统(群聚)。群聚的结果导致聚落的形成,其中的人、事、物按一定的关联而形成稳定的空间组织和一个沟通彼此的网络,这是设计物联网网关的基础。

(6)网络生命周期性。物离开网络后,重新接入网络应视为下一个生命周期的起始。

3 物联网的特征

3.1 自反馈体系架构

通过上述对“物”的属性分析,可以看出物联网的特征主要体现在3个方面:全面感知、可靠传输和智能处理。

全面感知就是对物的生存状态和环境信息实时感知,包括近距离的感知(通过传感器感知物理量)、远距离感知(通过网络传递感知信息)和双向感知。可靠传输就是以互联网为基础,对需要联网的物提供互联互通的网络,随时随地进行可靠的信息交互、信息反馈、自动化控制和智能自治管理。智能处理利用云计算技术,对感知数据和信息进行分析处理,评估物的生存状态和环境改变,对物实施相应的控制策略,进行信息施救,并对信息施救效果进行评估。因此,物联网 M2M^[5]体系应是一个全面感知的自反馈体系架构。

3.2 新“3C”技术特征

互联网是通信(Communication)技术、计算机(Computer)技术、控制(Control)技术的集成,以信息技术中的“3C”为技术特征。而物联网则是通信(Communication)、云计算(Cloud Computing)、控制(Control)技术的聚合,即以新“3C”为技术特征。这种聚合将感知技术、现代网络技术、人工智能技术与自动化技术整合应用于多个物联网应用系统中,使人与人、人与物、物与物能够实时交互感知,实现智能对话,从而创造一个更加智慧的世界。

本文给出一种如图1所示的“3C+2M+3S”物联网技术体系模型。“2M”为标识(Marking)技术和管理(Management)技术,“3S”为感知(Sensing)技术、标准化(Standard)技术和信息安全(Security)保障技术。

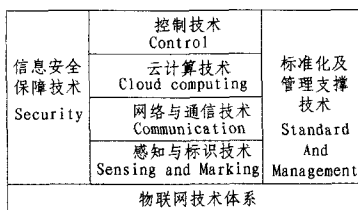


图1 “3C+2M+3S”物联网技术体系模型

3.3 复杂网络特性

物联网规模巨大,具有很强的异构性。它是传感器网的扩展,同时又是泛在网的真子集,传感器网本身就具有很强的异构性。物联网具有时空复杂性,可以是静态的,但通常是一个动态的全球网络基础设施,物在网络中的生命周期因物与网络的连接改变而瞬息万变。物联网存在不同的层次和应用,存在着物质、能量和信息交换的复杂过程。在受到某些条件的约束下,物联网系统的形态不断地发生不可逆转的演化。这种演化分为进化与退化,若退化严重,则影响物联网的稳定性。

3.4 安全特性

物联网安全不仅仅涉及信息和网络设备,同时也涉及现实的物本身。不安全的物物互联可能导致物质、能量和信息的异动,给自然和人类社会造成毁灭性灾难。可以预期的是在未来很长一段时间内,对复杂的物联网实现完美的理性控制是难以实现的,原因在于目前的云计算技术还无法满足复杂网络控制对运算能力的需求。简化理论的复杂性,在现有计算能力的前提下,以重点行业应用为特征进行物联网应用建设和理论探索,应是当今物联网发展的一条正确之路。

3.5 复合生态系统特性

自然-经济-社会复合生态系统理论和时、空、量、构、序的生态关联及调控方法,指出可持续发展问题的实质是以人为主体的生命与其栖息劳作环境、物质生产环境及社会文化环境间的协调发展^[6]。这与物联网的目的不谋而合。

物联网的本质,是以信息耗费改变人类生产和生活活动,以信息化促进工业化,以两化融合实现经济发展、社会和谐和自然平衡。在复合生态系统理论的基础上引入信息关联,形成时、空、量、构、序、信的物联网复合生态系统理论,以信息耦合促进了复合生态系统的演进,如图2所示。

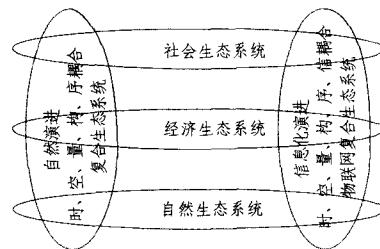


图2 物联网复合生态系统演进模型

物联网复合生态系统理论在构建智慧城市、智能农业等人工生态系统中可发挥积极的作用,同时也为与人类生存与发展紧密相关的生态学研究(如生物多样性、全球气候变化、受损生态系统的恢复与重建、生态系统长期演进等热点研究)提供基础。

4 物联网的相关理论基础体系

物的属性决定了物联网的特性。感知性、智能性、自组织性对于物联网的拓扑结构和网络测量、网络控制影响较大;生态系统特性对物联网的类型、规模和演化方式影响较大;生命周期特性对物联网的健壮性、安全性与可用性影响较大。图3给出了物联网基本概念与物联网应用的网络特性对应关系。

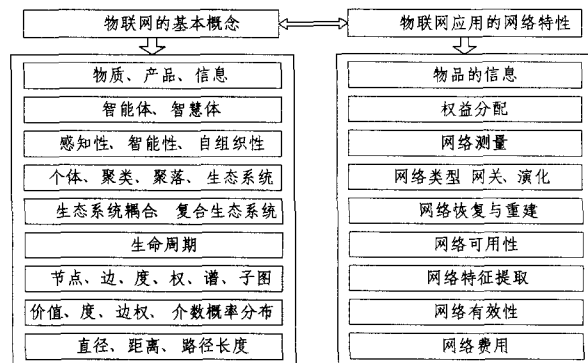


图3 物联网基本概念与物联网应用的网络特性

物联网是联系自然界和人类社会的复杂网络,普遍存在小世界现象、无标度特性、健壮性、安全性、动态随机性、统计分布性和进化稳定性^[7]。有关复杂网络的综述和研究在2005年后不断涌现^[8-10],研究内容主要包括非线性动态复杂网络系统(物理系统、互联网和相关社会网络)、网络科学理论框架、复杂性与普适性、动力学同步与控制方法等。

物联网具有广泛的学科交叉性,研究其规律必然涉及众多学科的背景知识和基础理论。物联网的自反馈特性、“3C”技术特性可以利用现代控制论、现代通信理论、云计算理论进行研究;其复杂网络特性和复合生态系统特性可以利用网络科学、数学物理、系统工程、复合生态系统等理论进行研究。本文给出一种基于现有科学理论组成的物联网理论基础体系,如图4所示。

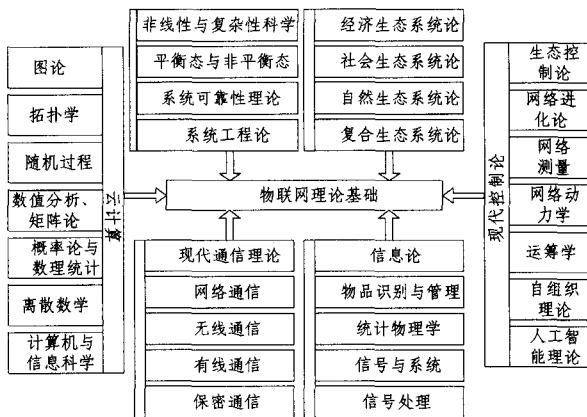


图4 物联网相关理论基础体系

结束语 物联网是人类通过信息关联来调控自然-经济-社会复合生态系统的科学,不仅遵从自然界的“物理”,也遵从人类活动的“事理”和人类行为的“情理”,其最大特点是从“物”出发,对“事”与“情”进行调理,强调应用策略的可行性,即合理、合法、合情、合意。

当我们在为获得对物的至高无上的控制权而暗自庆幸时,也不得不为丧失这种特权而面临灭顶之灾而深感忧虑。物联网科学无疑是寻找这二者之间最佳平衡点的一种选择。

本文研究了物联网的基本特征,指出了物联网理论研究的一些基本问题,如智能性、群聚性、生命周期性、复合生态性,并以此为基础构建了一种初步的物联网相关理论基础体系。就物联网的基础理论体系而言,远非本文能够完成,但对其进行深入研究是作者不懈努力的方向。

参考文献

- [1] 国家重点基础研究发展计划 2010 年立项项目清单[J]. 中国基础科学, 2010(05)
- [2] AutoID Labs homepage[EB/OL]. <http://www.autoidlabs.org/>
- [3] International Telecommunication Union, Internet Reports 2005: The Internet of things[R]. Geneva:ITU, 2005
- [4] 黄映辉,李冠宇. 物联网语义、性质与归类[J]. 计算机科学, 2011(1): 31-33
- [5] ETSI TC M2M overview[EB/OL]. http://docbox.etsi.org/M2M/Open/Information/M2M_presentation.pdf, 2011-06-15
- [6] 马世骏. 社会-经济-自然复合生态系统[J]. 生态学报, 1984, 4(1): 1-9
- [7] 徐群叁,徐邦海,张晓峰. 基于能量驱动的网络进化稳定性博弈分析[J]. 计算机工程, 2009, 35(23): 98-33
- [8] Boccaiati S, Latora V, Moreno Y, et al. Complex networks, structure and dynamics[J]. Physics Reports, 2006, 424(4): 175-308
- [9] 周华任,马亚平,马元正,等. 网络科学发展综述[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(24): 7-10
- [10] 方锦清,汪小帆,郑志刚,等. 一门崭新的交叉学科:网络科学(下)[J]. 物理学进展, 2007, 27(4): 361-448

(上接第 177 页)

- [10] Wang Y, Wu H Y. Replication-based efficient data delivery scheme(RED) for Delay/fault-tolerant mobile sensor network (DFT-MSN)[C]// Proc. of Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops. Pisa, IEEE Press, 2006: 485-489
- [11] Zhu Jin-qi, Cao Jian-nong, Liu Ming, et al. A Mobility Prediction-Based Adaptive Data Gathering Protocol for Delay Tolerant Mobile Sensor Network[C]// Global Telecommunications Conference, IEEE GLOBECOM 2008. 2008: 1-5
- [12] Camp T, Boleng J, Davies V. A survey of mobility models for ad hoc network research[J]. Wireless Communication and Mobile Computing, 2002, 2: 483-502
- [13] Maroti M, Kusy B, Simon G. The Flooding Time Synchroniza-

tion Protocol[M]. USA: ACM Sensys, 2004: 30-37

- [14] Doherty L, Pister KSJ. Convex Position Estimation in Wireless Sensor Networks[C]// Proc of the IEEE Infocom. Vol. 3, Anchorage; IEEE Computer and Communications Societies, 2001: 1655-1663
- [15] Zhang Ke, Liu Ming, et al. Data Aggregation-based Adaptive Data Reproductive Delivery Scheme for Delay Tolerant Mobile Sensor Networks[J]. Chinese Journal of Electronics, 2010, 19(1): 175-180
- [16] Nirjon S M S, Stankovic J A, Whitehouse K. Heuristics for scheduling periodic real-time streams in wireless sensor networks[C]// Conference on Embedded Networked Sensor Systems. 2009: 385-386