软件学报 ISSN 1000-9825, CODEN RUXUEW
*Journal of Software*,2014,25(8):1621−1624 [doi: 10.13328/j.cnki.jos.004668]
©中国科学院软件研究所版权所有.
E-mail: jos@iscas.ac.cn
http://www.jos.org.cn
Tel/Fax: +86-10-62562563

# 专题前言: 物联网研究的机遇与挑战*

沈苏彬[1], 林 闯[2]

[1](南京邮电大学 计算机学院,江苏 南京 210003)

[2](清华大学 计算机科学与技术系,北京 100084)

通讯作者: 沈苏彬, E-mail: sbshen@njupt.edu.cn

中文引用格式: 沈苏彬,林闯.专题前言:物联网研究的机遇与挑战.软件学报,2014,25(8):1621−1624. http://www.jos.org.cn/1000-9825/4668.htm

本文作为物联网建模与分析方法专题的前言,主要简单回顾物联网研究的背景,讨论物联网学术研究的范畴,分析国际物联网研究现状,简要介绍物联网建模与分析方法专题录用的论文,最后给出结论.

## 1 物联网的研究背景

我国是国际上较早进行大规模物联网理论研究和技术开发的国家,也是国际电信联盟物联网技术标准制定的主要发起国之一,并且实质性地推动了国际上有关物联网技术标准的研究和制定.但近几年,我国的物联网研究经历了物联网研究热潮到物联网研究低谷的转变,虽然与国际上物联网研究逐渐得到学术关注有些矛盾,但这也使得我们可以静心思考物联网学术研究的本质内涵.

物联网的英文名称是 Internet of Things,直译为物品互联网,中文缩写“物联网”容易产生很多歧义.首先,“物”在学术上不能解释成哲学意义上的“物质”或物理学意义上的“物体”,而一定是日常生活关注的“物品”,或者通俗地称为“东西”;其次,“联网”在学术上不能解释成“连接××网络”,而一定是“互联网”.所以,物联网在学术上的定义应该是“连接物品的互联网”,而不是通常认为的“连接物品的网络”.

“连接物品的网络”是一个十分宽泛的概念,随着信息和通信技术(ICT)的发展,很多物品和装置都连接到网络中,例如,携带射频标识码(RFID)的物品都连接到网络,工业控制、环境控制、交通控制中的很多装置也都连接到网络.如果采用这类非学术的物联网定义,将使得物联网被泛化,有可能使所有信息和通信技术研究的课题都纳入到物联网研究的范畴,这样会使物联网学术研究的范畴不明确,难以通过物联网的理论研究和技术创新突破物联网技术和应用发展的瓶颈.

目前国际上公认的物联网产业发展瓶颈在于[1]:物联网应用过于碎片化,不同的物联网应用领域采用不同的技术,使得物联网很难形成规模性产业.这需要通过物联网学术研究、技术创新和国际技术标准的制定,才能逐步消除物联网产业发展的技术障碍.

## 2 物联网的学术研究范畴

如果把物联网作为连接物品的信息基础设施,就比较容易确定物联网具有的特定学术研究范畴.作为信息基础设施的物联网学术研究范畴主要包括以下 3 个方面:其一,研究作为信息基础设施的概念建模、信息建模、通信建模、功能建模、安全建模,以及部署建模的理论和方法,奠定物联网作为通用信息基础设施的理论基础;其二,研究作为通用支撑技术、基于场景(包括基于位置)或基于内容的自主联网、自主服务提供、自主通信的技术体系,形成物联网的技术基础;其三,研究物联网灵活实现和部署过程中的可编程联网技术、网络功能虚拟化技术、可缩放数据存储技术、可缩放计算技术、可缩放知识发现技术等,为物联网低成本、可缩放的灵活实

* 收稿时间: 2014-06-10

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

现和部署提供技术保障.

其他有关物品的具体联网和通信技术包括近两年逐步引起学术界关注的纳米级物品联网技术[2],以及学术界一直在研究的可穿戴式传感器联网技术、资源受限的装置联网和通信技术等,都属于物联网需要集成和互联的技术,与物联网有联网和信息交互的接口,但这些技术研究本身构成了特定的学术研究领域.

## 3 物联网的研究现状

查阅 IEEE 数字图书馆可以发现,有关物联网的学术论文不断增加,在 IEEE 相关的学术期刊上发表的有关物联网的学术论文已经超过了 400 篇,而且 IEEE 在 2014 年新创刊了《物联网学报》双月刊,这说明国际上有关物联网的学术研究仍然呈上升趋势.

IEEE 的终生院士 John A. Stankovic 在 2014 年 2 月新创刊的 IEEE《物联网学报》第 1 期上发表了一篇题为“物联网研究方向”的论文[3].这篇论文作为该期刊的开篇之作,首先讨论了对物联网的研究理念.Stankovic 认为,有关智能装置、智能电话、智能轿车、智慧家庭、智慧城市等智能世界的研究,主要涉及到 5 个具有代表性的研究领域:物联网、移动计算、普适计算、无线传感器网络以及信息物理系统(CPS),但随着研究的深入,这些研究领域涉及到的原理和研究问题已经相互覆盖,这些领域已有的、狭隘的定义已经不再适用,应该形成与互联网连接的“物品感知、执行和通信基础设施”的研究理念,这样,在物联网平台上的感知和执行将成为通用功能设施,物联网将不再是某个单一系统,而是一个可以运行多个应用和服务、具有集成能力的重要基础设施.

Stankovic 随后讨论了物联网的主要研究方向,其中包括物联网中的大规模连接物品的困难,体系结构与集成多个物联网应用系统可能存在的假设和控制机制的冲突,对物联网大量采集到数据的知识挖掘和大数据问题,部署物联网的感知、执行和通信平台的鲁棒性问题,感知、执行和通信平台开放之后带来的统一通信接口、安全性和隐私保护问题,物联网面临的安全攻击问题,物联网面临的隐私保护的问题,以及人在物联网操作环路的应用模式(例如在智能交通系统中,人需要参与其中的智能安全驾车应用模式)带来的理论或技术方面挑战(例如人的行为建模理论和技术方面的挑战).我们认为,这些研究方向包括了物联网领域值得关注的核心学术问题.

文献[1]介绍了芬兰的物联网研究计划.为了应对物联网应用解决方案碎片化以及与日常生活集成等方面的挑战,芬兰的 16 家公司和 8 所大学于 2012 年启动了为期 4 年、投资约 5 000 万~6 000 万欧元的物联网研究计划,从物品的联网与通信,物联网装置管理基础设施,基于中间件和可编程接口的物联网服务和应用开发,面向端用户的人机交互,以及物联网生态系统、商业模型和演示系统这 5 个方面展开研究和开发,其中,学术研究主要侧重于这 5 个方面的能量有效性和安全的学术研究.

文献[4,5]探讨了将社会网络的研究方法和结果集成到物联网中,试图通过这些物品的相关社会网络得到的社会关联,推导出物品之间的信任而增加友好度,从而提供物品之间的信任管理.但是物联网连接的所有物品本身就具有社会属性,这种通过由统计分析方法导出的社会网络用于推导一个客观上具有社会属性的物品信任管理,是否比利用物联网感知的具有社会属性的物品行为数据直接进行物品信任管理更加有效呢?这还有待进一步研究.

文献[6]讨论了能够自主连接和处理2020年500亿连接互联网的移动装置以及5 000亿连接互联网的装置,设计了一种认知管理框架.这种框架包括虚拟对象、组合虚拟对象和服务这 3 个信息建模层次,提供 3 类基本操作:动态组合虚拟对象创建、基于知识的组合虚拟对象实例化,以及组合虚拟对象的自愈.这方面的研究对基于信息建模的物联网自主计算机制和方法的研究具有较高的参考价值.

文献[7]讨论了以网络为中心的物联网架构、以云计算为中心的物联网架构、以数据为中心的物联网架构,以此构建一个实现智慧城市的架构.该文献分别从通信视角、云服务视角以及信息视角讨论物联网架构.这是目前国际上公认的、采用信息和通信系统多个视角,分析和建立物联网模型的方法.该文献将多个视角的物联网建模方法应用于智慧城市.这是一种值得参考的研究方法.

文献[8]讨论了一种认知物联网,涉及到物联网异构数据、高维数据的处理,物联网的语义和知识发现,以及

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

物联网的智能决策方面的相关技术问题,对研究物联网的智能服务具有一定的参考价值.

文献[9]是一篇很有参考价值的综述了面向物联网数据挖掘技术的研究论文.该文献讨论了来自物联网的数据特征,以及适用于物联网的数据挖掘算法,在此基础上讨论了数据挖掘在应用于物联网过程中,需要在面向物品、面向互联网、面向语义方面进行的改变,数据挖掘理论和方法可能在物联网服务应用、物品自身的智能感知和控制、以及物品之间的智能感知和控制等方面的潜在应用价值,以及数据挖掘在基础设施、数据处理、数据挖掘算法、隐私保护等方面依然存在的值得进一步研究的问题.这篇文献如果能够与大数据技术关联,其研究和综述的内容就更加全面了.

## 4 本专题录用的论文

本次物联网建模与分析方法专题共收到了 25 篇稿件.由于专题征稿范围以及其他评审方面的限制,共录取了 8 篇研究论文.也有不少十分优秀的研究论文,只因与本专题不够吻合而未被录用.我们十分感谢论文作者、论文评审专家和学报编辑部对本专题工作的支持和帮助.

被录用的 8 篇研究论文分别从不同角度论述了我国在物联网建模与分析方法方面的研究成果,从一个侧面反映了我国物联网的理论研究和技术开发的现状.

《物联网监测拓扑可靠性设计与优化分析》一文以三江源大面积物联网远程生态监测的实际需求为背景,给出了基于均匀分簇的、可扩展的模块化传感器节点部署的方法,给出了设置传感器的拓扑结构层数、监测面积和监测节点数等参数的量化计算公式,针对不稳定的信息传输环境,给出了关键传输节点(簇头节点和协调器)的拓扑可靠性的动态优化策略,并且通过理论分析和仿真实验证明了其有效性.

《基于概率主题模型的物联网服务发现》一文针对物联网服务的异构性、提供服务的装置资源受限性和移动性等特点,利用维基网站的主题模型,通过对物联网服务描述进行语义扩展,可以利用服务隐含主题对服务进行自动分类,提高物联网服务发现的效率.

《物联网软件体系结构中的感执模型的求精》一文在已有物理模型的物联网软件体系结构研究的基础上,利用通信顺序进程(CSP)形式化方法,对其中的感知和执行模型进行求精,通过形式化描述子构件以及构件端口的功能实现,并采用 CSP 中的并发进程描述和演算方法,形式化地描述和验证了子构件的端口与构件的端口之间的同步.

《无线传感器网络中安全高效的空间数据聚集算法》一文针对无线传感器网络中安全的数据聚集算法易受到无线传感器网络结构动态性的影响、过多的加解密操作消耗大量的能量并影响聚集结果的精确性等不足,提出了一种采用与网络拓扑结构无关的方法实现聚集请求和数据聚集的、安全高效的空间数据聚集算法,并且通过理论分析了其有效性.

《物联网信息模型与能力分析》一文基于国际电信联盟有关物联网的定义和特征描述,采用统一建模语言,构建物联网用例模型,提出了一个物联网信息模型框架,并在此基础上分析和验证了物联网的物品关联能力、自主操作能力、隐私保护能力,在物联网信息模型框架下,讨论并分析了标签及装置、装置及物品、智能化等有争议的概念.

《基于运行时模型的无线传感网管理方法》一文针对将采集到的大量数据映射到物联网应用系统的问题域空间,并快速定制和开发物联网应用的问题,提出一种基于运行时模型的无线传感网管理方法,通过在传感设备管理接口上构造运行时模型,维护运行时模型与采集到信息的数据同步,对采集到的数据进行定制、抽取和合并,并映射到应用场景模型,满足物联网快速应用开发的需求;通过基于运行时模型的智慧社区原型系统的实现和测试,验证了这方面的有效性和可行性.

《基于有限状态机的 RFID 流数据过滤与清理技术》一文为了能够从大量不可靠、冗余的 RFID 流数据中提取有效信息,提高 RFID 系统中数据的质量,提出了一种过滤系统外标签数据、清理系统内部冗余标签数据、筛选有效标签数据、基于有限状态机的 RFID 流数据过滤与清理方法,通过仿真实验说明了该方法在降低漏读、误读方面的有效性.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

《面向 IPv6 物联子网的轻量级树型转发模型》一文将物联子网中的路由节点构造成一棵层次转发树,设计了一种支持 IPv6 地址自动分配的轻量级树型转发模型.树节点的 IPv6 地址在子树范围内高度聚合,各节点只需存储与其子节点数相当的转发项即可完成数据转发.该文还设计了备份父节点机制,以子树为单位进行网络拓扑重构,实现物联子网的快速路由恢复.通过实验验证了这种转发模型和故障恢复机制的有效性.

## 5 结 论

目前互联网处于技术创新的关键阶段,软件定义联网、网络功能虚拟化、大数据、云计算等多种创新技术为互联网的技术创新注入了新的活力,而物联网则为互联网技术创新提供了明确而具体的应用需求,为互联网的技术创新带来了新的机遇.但是,我们不可否认,物联网的应用需求使得我们已经无法绕开一直困扰互联网应用的机器自动处理的语义问题和智能服务问题.这些是物联网学术研究必须面对的挑战.

在当前互联网技术创新的关键阶段,我们希望有更多的研究人员能够从事物联网的学术研究,为我国物联网技术创新提供理论基础.我们希望本专题能够起到抛砖引玉的作用,吸引更多的年轻研究人员对物联网理论和核心技术进行深入而系统的研究.

**References**:


[1] Tarkoma S, Ailisto H. The Internet of things program: The Finnish perspective. IEEE Communications Magazine, 2013,51(3):10–11. [doi: 10.1109/MCOM.2013.6476854]

[2] Balasubramaniam S, Kangasharju J. Realizing the Internet of nano things: Challenges, solutions, and applications. Computer, 2013, 46(2):62–68. [doi: 10.1109/MC.2012.389]

[3] Stankovic JA. Research directions for the Internet of things. IEEE Internet of Things Journal, 2014,1(1):3–9. [doi: 10.1109/JIOT.2014.2312291]

[4] Atzori L, Iera A, Morabito G. From “smart objects” to “social objects”: The next evolutionary step of the Internet of things. IEEE Communications Magazine, 2014,52(1):97–105. [doi: 10.1109/MCOM.2014.6710070]

[5] Nitti M, Girau R, Atzori L. Trustworthiness management in the social Internet of things. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 2014,26(5):1253–1266. [doi: 10.1109/TKDE.2013.105]

[6] Foteinos V, Kelaidonis D, Poulios G, Vlacheas P, Stavroulaki V, Demestichas P. Cognitive management for the Internet of things: A framework for enabling autonomous applications. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2013,8(4):90–99. [doi: 10.1109/MVT.2013.2281657]

[7] Jin J, Gubbi J, Marusic S, Palaniswami M. An information framework for creating a smart city through Internet of things. IEEE Internet of Things Journal, 2014,1(2):112–121. [doi: 10.1109/JIOT.2013.2296516]

[8] Wu Q, Ding G, Xu Y, Feng S, Du Z, Wang J, Long K. Cognitive Internet of things: A new paradigm beyond connection. IEEE Internet of Things Journal, 2014,1(2):129–143. [doi: 10.1109/JIOT.2014.2311513]

[9] Tsai CW, Lai CF, Chiang MC, Yang LT. Data mining for Internet of things: A survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2014,16(1):77–97. [doi: 10.1109/SURV.2013.103013.00206]

**沈苏彬**(1963－),男,江苏启东人,博士,南京邮电大学研究员,博士生导师,CCF 高级会员,中国通信学会高级会员,主要研究领域为计算机网络、信息和通信系统建模方法,以及信息和通信技术标准化,目前主要研究物联网,云计算,软件定义联网和未来网络.

E-mail: sbshen@njupt.edu.cn

**林闯**(1962－),男,博士,教授,博士生导师,清华大学计算机科学与技术系学术委员会主任,CCF 高级会员.任英国 Bradford 大学荣誉教授,国际 Petri 网学术指导委员会委员,IEEE 高级会员,《IEEE Transactions on Vehicular Technology》和《Computer Networks》等国内外 11 家期刊的编委.主要研究领域为计算机网络,系统性能评价,安全分析,随机 Petri 网.获得 2012 年国家技术发明奖二等奖、2011 年国家自然科学奖二等奖、省部级科技奖励一等奖 5 项.在国内外一级学术期刊和 IEEE/ACM 等学术年会上发表论文 500 多篇,包括 50 多篇 IEEE 期刊论文,并出版 5 本专著.论著已被他引超过 12 000 次.

E-mail: chlin@tsinghua.edu.cn


© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn