



中国自动化学会通讯

COMMUNICATIONS OF CAA

主办：中国自动化学会

<http://www.caa.org.cn>

E-mail: caa@ia.ac.cn

物联网将极大地改变我们的 生活方式

ISSN 2151-335X



6 915920 700067

2012年6月

第2期

第33卷 总第167期

Contents



第33卷 第2期 总第167期 2012年6月

www.caa.org.cn

主办单位：中国自动化学会



主编的话

近几年，全国各地纷纷提出建设智慧城市，以解决能源短缺、交通拥堵、环境污染等问题。物联网（Internet of Things）是实现智慧城市的核心技术，将极大地改变我们的生活方式。物联网是融合了传感、通信、计算、控制等技术的新一代信息技术，可以实现对物理世界更全面的感知和更有效的管理。

物联网同系统建模、控制、优化、系统集成等自动化技术也密切相关。《中国自动化学会通讯》2012年的第二期专刊关注物联网的研究与发展。在此，向为本专刊贡献优秀稿件的各位专家学者表示感谢，也翘盼学界同仁为《通讯》的发展建言献策。

本期专刊涵盖了物联网研究的诸多方面。江南大学刘飞教授对物联网进行了深入分析，并从物联网角度重新审视了自动化的作用。浙江大学陈积明教授分析了物联网的研究现状与挑战。物联网的标准化将对实现大规模应用网络所需要的互连互通起到至关重要的作用，重庆邮电大学王平教授等对物联网的标准化情况进行了总结。北京科技大学肖文栋教授等分析了无线传感器网络在物联网中的应用现状。国家特聘专家李玮博士介绍了物联网应用于山西煤炭行业安全管理、灾害预警和环境保护等方面的成功案例。中科院自动化所谭杰研究员等介绍了将物联网技术与制造技术有机融合的制造物联网，将可以实现对制造资源与信息资源的动态感知、智能处理与优化控制。合肥工业大学夏娜教授等介绍了可应用于海洋资源勘测、污染监测和辅助导航等领域的水下传感器网络。

物联网已成为当前世界新一轮科技发展的战略制高点之一，发展物联网对于促进经济发展和社会进步具有重要的意义。当前，智慧城市的建设正在全国各地如火如荼的展开。让我们期待泛在感知、万物相联的智慧生活早日到来。


刘德荣

专题

- 4 物联网——多学科集成创新与应用
- 9 浅议物联网研究现状与挑战
- 14 物联网标准化情况综述
- 21 无线传感器网络在物联网中的应用：现状与展望
- 28 开拓物联网技术应用之路——记煤炭、环保物联网技术在山西的应用
- 33 制造物联技术发展概况
- 39 水下传感器网络节点布置研究

译文

- 45 智能社区：一个物联网应用

新闻

- 55 日本科学技术振兴机构（JST）收录理事长戴汝为院士“社会智能科学的形成和发展”
- 56 中国自动化学会正式提交2020年IFAC世界大会申办书
- 57 第八届全国高校自动化系主任（院长）论坛在大连召开
- 58 责任 变革 创新——“2012中国自动化产业年会”活动隆重举行

本刊声明

为支持学术争鸣，本刊会登载学术观点彼此相左的不同文章。来稿是否采用并不反映本刊在学术分歧或争论中的立场。每篇文章只反映作者自身的观点，与本刊无涉。

- 61 中国自动化学会2012年第二次正副秘书长工作会议召开
- 61 中国自动化学会九届七次常务理事会在京召开
- 62 中科院自动化所成功承办第九届IEEE网络、感知与控制国际会议

会员园地

- 63 中国自动化学会智能建筑与楼宇自动化专业委员会2011年度年会在建筑与城市规划学院召开
- 64 四川省自动化与仪器仪表学会举办“化工过程安全与自动化”专题研讨会
- 65 第四届控制科学与工程前沿论坛在南京成功召开
- 66 山东省自动化学会第七届会员代表大会召开

党建强会

- 66 中国自动化学会喜获中国科协“党建强会”项目资助



刊名题字：宋 健

编辑：中国自动化学会办公室

地址：北京市海淀区中关村东路95号 邮编：100190

电话：(010)6254 4415 E-mail:caa@ia.ac.cn

传真：(010)6252 2248 http://www.caa.org.cn

编辑委员会

荣誉主编

- 戴汝为 CAA理事长、中国科学院院士、中国科学院自动化研究所研究员
- 孙优贤 CAA理事长、中国工程院院士、浙江大学教授

主编

- 刘德荣 CAA常务理事、中国科学院自动化研究所研究员、复杂系统管理与控制国家重点实验室副主任

副主编

- 陈俊龙 CAA常务理事、澳门大学教授
- 张化光 控制理论专业委员会委员、东北大学教授

专题栏目

主编

- 周东华 CAA常务理事、副秘书长、清华大学教授

编委

- 蒋昌俊 CAA常务理事、同济大学教授
- 戴国忠 CAA理事、计算机图形学与人机交互专业委员会主任委员、中国科学院软件研究所研究员
- 张丽清 CAA理事、生物控制论与生物医学工程专业委员会主任委员、上海交通大学教授

观点栏目

主编

- 孙彦广 CAA理事、副秘书长、冶金自动化研究设计院教授级高工

编委

- 范 铠 CAA理事、仪表与装置专业委员会主任委员、上海工业自动化仪表研究院教授级高工
- 陈宗海 CAA理事、系统仿真专业委员会主任委员、中国科技大学教授
- 张文生 计算机图形学与人机交互专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所研究员

新闻栏目

主编

- 陈 杰 CAA常务理事、副秘书长、北京理工大学教授

编委

- 熊范纶 CAA理事、农业知识工程专业委员会主任委员、中国科学院合肥物质科学研究院研究员
- 李艳华 CAA理事、遥测遥控遥测专业委员会主任委员、中国航天科技集团公司第704研究所研究员
- 郝 宏 系统复杂性专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所高级工程师

译文栏目

主编

- 刘 民 CAA理事、名词委员会主任委员、清华大学教授

编委

- 王庆林 CAA理事、北京理工大学教授

会员栏目

主编

- 张 楠 CAA专职副秘书长、办公室主任

编委

- 孙长银 CAA理事、青年工作委员会主任委员、北京科技大学教授
- 柯冠岩 平行控制与管理专业委员会秘书长、国防科学技术大学工程师
- 薛成海 清华大学博士后联谊会会长、清华大学博士后

物联网——多学科集成创新与应用

刘 飞

江南大学 物联网工程学院 无锡 214122

摘要：现代学科发展的重要特征之一是多学科交叉融合，物联网作为新一代信息技术，是大范围的学科集成与应用创新。结合信息科学技术的历史背景和发展规律，分析了物联网丰富的内涵和广阔的外延。从直观性原理和“感知、传输、智能、控制”等要素出发，解读物联网。提出物联网广泛的应用实践，将孕育信息科学技术的重大突破。中国物联网战略既要带动信息网络技术的发展，培育新兴产业，更要推动工业化与信息化融合，促进传统产业升级改造。最后说明物联网战略下自动化科学技术大有可为。

关键词：物联网，传感网，CPS，学科融合，集成创新

1 引言

电话、广播、电视，直至互联网极大地改变了人与人相互联系的方式，为人类提供了丰富多彩的数字世界，而物联网（The Internet of Things, IOT）直观地来看，是将人与人相联，发展到物与物相联，实现广域范围内人与物、物与物之间信息交换，从而使所有物体像人类一样，获得智能与对话的能力，实现数字世界与物理真实世界的对应与融合。

物联网最初的概念由MIT在1999年提出，2005年国际电信联盟（ITU）发布《ITU互联网报告2005：物联网》，认为无所不在的“物联网”时代即将来临，在此前后几年间，日本、韩国、欧洲分别提出了类似的概念，美国则由IBM向奥巴马总统提出了基于物联网的“智慧地球”设想。

中国温家宝总理2009年三谈物联网，8月视察无锡，11月在面向科技界的大会上讲话，12月接受新华社独家专访；同年国务院正式批准无锡建设

国家传感网创新示范区，2010年十一届全国人大第三次会议将“物联网的研发应用”明确列入要大力培育的战略新兴产业。“物联网”或称“传感网”逐渐进入公众视野，站在国家战略层面，发展“物联网”，简而言之即大力促进信息技术向社会生活和生产的方方面面渗透，可以预见将对人类社会产生深远影响。

中国工程院邬贺铨院士指出，物联网是未来信息产业的发展方向，但物联网不是网络是应用，人类未来将能够借助物联网，以更加精细和动态的方式管理生产和生活。

物联网是什么？

目前没有统一的定义，在各种看法的基础上，我们的理解，就是利用传感、通信、计算、控制技术等，将人、机、物无缝地连接在一起，进行物理世界与信息世界之间的能量、物质与信息交换，实现对物理世界的感知、传输、智能信息处理和控制在控制，构成信息化智能空间和实体性物理空间融合一体的网络化复杂系统。

注：本文引用的领导和专家观点，均来自会议材料和网络报道，特此说明并致谢！

类似地,认为物联网是传感网、通信网和互联网的渗透与融合,是“物-人-物”的互联,集计算机、通信、网络、智能计算、传感器、嵌入式系统、微电子等多个领域于一身,将解决广域或大范围的人与物、物与物之间信息交换与需求问题。

中国政府工作报告(2010年)所附注释中对物联网有如下说明:物联网是通过传感设备按照约定的协议,把各种网络连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

潘云鹤院士概括目前一些学者的观点,认为物联网是建立在传感网络(Sensor network)之上的3C和1D的集成,即通讯(Communication)、计算(Computation)、控制(Control)和海量数据(Data)。

在国际信息技术领域,一种描述数字世界与物理世界紧密交互的所谓信息物理系统(Cyber Physical System, CPS),正逐渐成为研究热点,在国内一般而言也可称为物联网。何积丰院士认为,CPS从广义上来理解,就是一个在环境感知的基础上,深度融合了计算、通信和控制能力的可控可信可扩展的网络化物理设备系统,其本质内涵是3C的融合,是计算、物理和控制等多学科的交叉与融合,CPS的功能目标是使物理设备系统具有计算、网络通信、精确控制、远程协作和自治五大功能。

综上,物联网的本质是多学科的集成,包含了感、传、智、控等要素,物联网是什么还没有明确统一的定义,甚至“物”是什么?如何描述?“联”意味着什么?物联网的概念和词汇,其相互关系及赖以形成的体系,还远未明确;但从现有学科的角度,可以认为,物联网不是通信工程,不是计算机技术,不是控制理论,也不是传感器及网络,物联网超越目前单一学科的划分,代表着新一代信息技术。

2 物联网以多学科应用实践孕育新一代信息技术

2.1 物联网催生信息科学与技术的新发展

自20世纪中期,信息科学取得了一系列重大突破,1945年冯·诺伊曼提出计算机体系结构,1948年至1950年,相继地维纳创立控制论、香农奠定信息论基础、图灵提出人工智能基本概念。60年代前后,以Kalman滤波、Pontriagin极大值原理、Bellman动态规划为代表,现代控制理论成熟;同一时期,可用于电话和电视传输的通信卫星发射成功;集成电路以及以Pascal为代表的计算机程序设计语言出现,计算机网络核心概念“分组交换”被提出。1969年出现互联网雏形ARPANET,1980年TCP/IP协议正式成为标准。此后40年来,信息技术迅速发展,已成为扩展性、渗透性、融合性、带动性最强的技术,但信息科学与技术本身却再未有激动人心的重大突破!

信息技术是当今经济社会发展的重要驱动力,业界所谓“十五年周期定理”分别以1965年前后大型机、1980年前后个人计算机(PC)、以及1995年前后互联网为标志,而互联网革命一定程度被认为是由美国“信息高速公路”战略所触发。今天,2010年前后,人们有理由期待新的标志性事件,事实上,“智慧地球”战略被不少美国人认为与当年的“信息高速公路”有许多相似之处,而物联网被更多国家认为是振兴经济、确立竞争优势的关键战略。该战略能否掀起如当年互联网一样的科技革命,不仅为中国、美国、欧洲等关注,更为世界所关注。

21世纪学科发展的重要特征之一是众多以信息技术为基础的交叉学科快速发展。现在,信息技术更多强调的是与能源、材料、生物、健康、社会等领域的交叉研究,物联网的出现并不偶然,中国工程院院士李国杰认为,21世纪上半

叶, 集成电路、高性能计算机、存储器等都将遇到只靠延续现有技术难以逾越的障碍, 信息科学与技术孕育着新的重大科学问题的发现和原理性突破, 至21世纪中期可以预期新的信息网络技术与体系。

2.2 物联网是多学科集成的实践活动

物联网以信息技术为基础, 其发展依赖大范围的学科集成与创新应用。一方面, 物联网的学科内涵丰富, 体现出典型的多学科交叉融合的特点, 涉及通信、计算机、微电子、控制、光学、微机械、化学、生物等诸多学科领域; 另一方面, 物联网具有广阔的外延, 物联网将广泛应用于电网、制造业、环境、交通、物流、家居、医疗、农业、军事等众多领域, 呈现广泛感知、海量聚合、智能处理、高效流通、及时调节等特点。

现阶段物联网更多体现为政府主导的物联网产业培育, 尤其需要与经济社会发展紧密结合, 既要物联网的实践活动带动信息网络技术的发展, 培育新兴产业, 又要以物联网促进工业化与信息化融合, 完成传统产业的改造和升级, 推动经济社会发展。

物联网召唤技术、资源、应用和产业的集聚, 与之相伴的是人才的汇集, 以及学科的交叉、融合和创新。狭义的“物联网”, 重点是“网”, 主要是网络技术、协议、标准等, 广义的“物联网”, 重点应是“物联”, 强调利用信息网络实现物物互连。而后者为物联网提供了广阔的实践空间, 面向社会管理领域, 在安防、交通、医疗和环保等领域开展典型应用, 推动在民生服务中的应用创新; 面向国民经济领域, 在工业、农业、电力等领域开展典型应用, 推动在工农业生产中的应用创新。

物联网首先是广泛的应用实践活动, 在此基础上期待新的科学理论和技术的突破, 在我国物联网已经体现出应用驱动、示范引领的特点, 以

江苏省及无锡市的物联网产业发展规划为例, 将重点推进智能工业、智能电网、智能环保、智能交通、智能物流、智能医疗、智能家居、智能城市管理应用示范工程。

3 物联网的感、传、智、控

物联网广泛的应用实践覆盖了众多的专业技术内容, 难以全面准确地阐述, 依据目前的资料, 以下列出在感、传、智、控等方面的一些要点, 仅供参考。

3.1 在线感知

(1) RFID技术: 标签芯片存储及安全, 防冲突算法及电路, 精密机构设计优化技术, 标签芯片与传感器的集成技术, 超高频读写器, 2.45G和5.8G等微波频段RFID, 智能有源标签SAL技术、电子标签印刷与测试, 多标签天线优化, 片上天线等。

(2) 二维码技术: 条码定位, 条码识别, 条码纠错编码和译码, 条码信息加密, 条码印制, 图像预处理, 条码图像校正等。

(3) 传感器技术: 低功耗片上系统, 多物理量在线检测, 生物传感器, 在线光谱检测, 低功耗传感网核心芯片, 传感节点的小型化、高敏感度、低功耗技术, 中高速传感网射频芯片、接入设备及节点基带技术等。

(4) 视频采集技术: 数字化视频采集, 压缩算法等。

(5) 物体定位技术: GPS、ZigBee、WSN的定位及集成技术, 实时定位系统的实现等。

3.2 实时传输

(1) 近距离无线通信技术: 低能耗无线通信, ZigBee、蓝牙、红外(IrDA)、超宽频(UWB)等, 多跳频、短分组技术, FM调制方式, 前向纠错编码技术, 物理层调制、分集、频

谱感知及天线技术, QoS、路由、射频技术, 媒体接入技术等。

(2) 移动通信网络技术: 天线与分集技术, 多址接入, 调制与编码技术, 射频、中继和同步技术, 3G, 网络组网技术, 资源分配、移动管理, 固定移动融合技术等。

(3) 互联网组网与管理技术: 物理层、MAC、路由等, IPv6, 光纤接入技术, 网关接口与交互协议, 超高速链路数据包捕获, 快速业务流匹配, 高效精确采样与识别, 自动网络配置机制, 网络流量控制与网络资源优化, 自治网络, 末梢网的接入和组网等。

(4) 网络安全技术: 身份鉴别与访问控制, 病毒防护与入侵检测, 桌面安全, 内容审计和行为审计技术, 数据安全存储, 非法外联监测, 数字加密技术, 可靠信息获取机制, 网络信任关系模型等。

3.3 智能处理

(1) 计算机软硬件架构: 向量、阵列、多核、并行处理机, 多核/众核系统编程与运行支撑, 高性能计算服务环境构建, 精简指令、复杂指令机处理技术; SOA、动态、多层次、面向模式等软件构件, 全生命周期开发与支撑技术, 可裁减和自主演化的应用服务架构, 大规模软件系统的协同与自适应, 分布式中间件技术等。

(2) 海量数据处理技术: 海量数据存储、数据挖掘、知识发现技术, 数据质量保障技术, 数据融合, 新型数据模型和管理, 大数据集数据库处理技术, Web、XML数据提取与处理等。

(3) 高效可信计算: 并行、网格计算, 云计算, 普适计算, 自治计算, 高可信数字内容服务技术, 恶意代码行为检测与防御, 结构无关的备份技术, 可信操作系统, 失泄密监测与防范, 数据安全存储、加密解密技术等。

3.4 控制决策

(1) 系统建模与仿真: 白箱、灰箱、黑箱建模, 统计建模、标定与校验, 多变量多率模型, 非线性辨识与参数估计, 离散事件及混杂系统建模, Petri网, 智能建模方法, 模型的简化等。

(2) 系统协同与交互: 信息交换, 人机协调控制, 分布式计算与控制, 数据库及工作流协同, 多智能体, P2P计算, 协同资源管理等。

(3) 系统优化与诊断: 大规模系统优化, 动态优化, 全局优化; 软测量技术, 基于模型、数据和知识的诊断、装备故障自诊断与修复技术等。

(4) 先进控制技术: 多变量多模型控制, 自适应控制, 鲁棒控制与容错, 预测与推断, 智能及学习控制、高速高精运动控制技术等。

(5) 系统集成技术: 感知、传输、处理及控制的集成, 人、机、物的集成, 反馈控制系统, 嵌入式系统, 系统界面技术, 业务流程集成, 计算机集成制造系统, 大系统理论, 管控一体化系统等。

4 物联网战略下自动化科学技术大有可为

4.1 从物联网角度重新审视自动化

自动化科学技术发展伊始, 即以作为对象的“物”为出发点, 维纳划时代的著作《控制论——关于在动物和机器中控制和通讯的科学》, 就是研究机器、动物等“物体”中控制和通讯的一般规律的科学, 其思想和方法已广泛渗透到自然科学和社会科学各领域。所谓“控制”就是获取并使用信息来改变物体的功能或引导物体的变化; 控制的基础是信息, 其实现依赖于信息反馈, 信息传递是为了控制。

维纳从动物和机器中控制和通信的角度, 抽象出控制论, 其核心内容原本包含了感知、通

信、物体的结构系统、以及反馈处理等重要方面。逐渐地关于通信的内容归类于以香农的信息论为代表的通信学科，感知和执行处理的内容归类于测控器件、计算装置及系统等学科，而系统结构方面则归于贝塔朗菲的系统论，由此形成了现代信息科学的主要划分。随着人类社会的发展，学科的划分越来越细，各专业技术内容越来越窄，那么是否可以认为：物联网为各学科在更高水平上的重新交叉融合提供了契机？

物联网作为新一代信息技术被提出，其功能目标与自动化极其相似，在物联网背景下重新审视自动化科学技术，其“物—物”相联的本质也更加清晰；并且，自动化科学技术所包含的系统、决策、反馈等思想，也为物联网的多学科集成和应用提供了框架和工具。事实上，我国控制科学与工程学科所包含的控制理论与工程、检测技术及装置、系统工程、模式识别与智能系统、导航制导等方向内容，也在不同程度上体现了感、传、智、控等要素。

值得注意的是，2003年五位著名自动控制学者Murray R M、Astrom K J、Boyd S P、Brockett R W、Stein G联合在IEEE控制系统杂志上发表《自动控制在信息丰富的世界中未来的发展方向》一文，指出在信息丰富的时代，控制、通信和计算的集成将是一个充满机会的领域。廉价及泛在的感知、通信及计算，将引发自动化技术的很多新应用，同时也将带动控制理论和工具的新发展。

4.2 自动化在两化融合中发挥重要作用

我国发展物联网更多地还体现为发展创新经

济、加快经济转型升级的需要，尤其是对工业化与信息化的融合发挥全面的支撑作用，我国工业大而不强，传统工业需要信息技术才可以提升和改造；工业化与信息化深度融合，关键是应用数字化技术，直接面向工业需求，实现装备智能化、生产精细化、过程最优化、产品信息化。在世界范围特别是西方国家，第三次工业革命以及“再工业化”正越来越受到关注，制造业在全球化条件下以低消耗、低污染实现用户满意的高品质产品，需要持续地将先进的信息和过程控制技术引入制造流程，其目标路径中不可或缺数字化、智能化和自动化。

时任工业和信息化部部长李毅中在国家传感网创新示范区部际建设协调领导小组会议上以及近期在西安接受记者采访，都强调了一个观点，物联网的本义更加重视物与物的之间的信息，各种传感器捕捉如基础设施、生产制造线上的信息，由物联网、互联网传递到计算机，计算机发出“智慧”指令，反馈到实际物理单元中，控制和调整生产线，提前预警可能出现的隐患并采取防范措施，提高运行效率、降低物耗。要把传感网和经济社会发展紧密结合，培育新兴产业，同时推动工业化与信息化融合，推动经济社会发展。

深入分析物联网架构下，工业化与信息化融合的现实途径，感知与控制技术、自动化装置与系统直接面向工业领域，具有广阔的应用空间。以工业应用创新带动物联网产业创新，产业创新又将推动物联网技术创新，从而促进应用创新，形成良性循环。

作者简介

刘飞 男，1965年出生，浙江大学控制科学与工程博士。现为江南大学教授，博士生导师，物联网工程学院院长，轻工过程先进控制教育部重点实验室主任，自动化研究所所长。主要从事先进控制理论及应用、工业系统监控与诊断、过程工业智能装备与控制系统的研究与开发。目前为“工业感知与先进控制”江苏高等学校优秀科技创新团队带头人。

浅议物联网研究现状与挑战

陈积明

浙江大学 控制系 杭州 310027

摘要：物联网被认为是继计算机、互联网与移动通信网之后世界信息产业的第三次浪潮，受到全世界广泛关注，我国也高度重视，并将物联网列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，国内许多高校、科研院所和企业也纷纷加入物联网的研究与应用中。目前，我国在物联网相关产业发展、技术研发、应用拓展等领域取得很大进展，但在核心技术和标准制定方面与发达国家仍有较大差距。本文回顾了物联网的起源和发展过程，简要分析了国内外研究现状，总结了当前物联网领域面临的研究挑战，包括技术标准的统一、安全和隐私保护、有限资源的利用等等。。

关键词：物联网，国内外现状，研究挑战，服务质量，资源，安全，技术标准

物联网（Internet of Things）是当前国际最受关注的新兴技术之一。它通过RFID（射频识别）、传感器、定位系统等信息感知设备，并利用互联网、无线局域网、蓝牙、Wi-Fi等各种通信手段，进行信息交换和通讯，将现实世界的物物相联，提供实时监控、定位溯源、远程控制、统计报表、决策支持等功能，以实现人们对物理世界的安全、有效、节能的控制与管理^[1-4]。

1 物联网的起源与发展

上世纪80年代初，美国卡内基梅隆大学的互联网可乐贩售机被认为是物联网的最早应用实例之一。1995年，微软创始人比尔·盖茨在《未来之路》一书中提出了物联网的思想，但受当时技术的限制，并未引起世人的重视。直到1999年，美国麻省理工学院K. Ashton教授在保洁公司举行的报告中首次提出了“物联网”概念——在计算机、互联网的基础上，利用RFID、EPC（电子产

品码）、无线通信等技术，实现所有物体信息的实时共享，形成一个实物互联网。

随着无线通信、嵌入式系统、传感器及传感器网络等技术的进步和广泛应用，物联网逐渐受到关注并迅速发展，其概念被不断拓展和延伸。2005年，国际电信联盟首次发布了关于物联网的报告：《ITU互联网报告：物联网》，深入探讨了物联网的技术细节及其对全球市场、国家发展和个人生活的影响。报告认为通过在物体上嵌入移动收发装置，物联网将实现人与物、物与物之间在任何时刻、任何地点的互联，使人类在信息与通信世界获得一个新的沟通维度。此后，物联网进入加速发展时期。2008年召开的“欧洲物联网大会”是首次以物联网为主题的国际大会，吸引了众多科研人员和企业参加。大会广泛探讨了包括新型感知和通信等新技术，对物联网研究和发

展起到良好的推动作用。同年，以推动IP协议在物联网中应用为宗旨的IPSO联盟宣布成立，目前已

经发展到60余家成员公司。美国思科公司在2011年一份报告中指出,2008年,连接互联网的设备数量首次超过了全球人口数,因此这一年也被称为物联网的“诞生”年^[5]。

当前,物联网已经得到各国政府、企业和科研人员的广泛关注和高度重视。2008年底,IBM提出“智慧地球”战略,充分运用感知、通信等新一代IT技术,把感应器嵌入到全球各个角落,并将它们普遍连接,形成全球物联网。2009年,美国政府将“智慧地球”上升为国家战略,并将物联网列为振兴经济的两大重点领域之一。欧盟于2008年发布《物联网2020:未来路线图》,提出从个体互联、网络化互联、半智能化到全智能化的物联网发展四步走战略。日本于2004年提出了U-Japan战略,即建设泛在的物联网,并服务于U-Japan及后续的信息化战略。此外,法国、德国、韩国、新加坡等发达国家也提升了物联网的战略地位,加快部署与之相关的基础设施。

我国政府对物联网的技术研发和产业应用同样高度重视。2009年,温家宝总理提出“感知中国”的理念,物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一,写入政府工作报告,许多省市先后出台了相应的物联网发展战略。工业和信息化部《物联网十二五发展规划》指出,截止2010年,我国无线射频识别产业市场规模超过100亿元,传感器年产量达24亿只,机器到机器终端数量接近1000万,物联网市场规模接近2000亿元。据估计,到2015年,我国物联网产业规模将突破5000亿元。

总之,物联网被认为是继计算机、互联网与移动通信网之后世界信息产业的第三次浪潮,受到全世界范围的重视。我国也将物联网上升到国家战略高度,大力支持物联网技术和产业的发展。

2 物联网国内外研究现状

欧美国家最早开始研究物联网,在RFID、传

感器网络、定位跟踪、移动通信网络、海量信息处理、云计算等领域进行了大量理论研究和系统开发工作^[3],在技术和标准方面处于领先地位。

RFID系统包括射频标签和射频读写器,可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,通过与互联网、移动通讯等技术相结合,可实现全球范围的物品跟踪与信息共享。美国麻省理工学院Auto-ID实验室是较早从事RFID系统研究的机构,此外,华盛顿大学、加州大学洛杉矶分校、德州A&M大学、俄亥俄大学等多所高校都有专门从事RFID研究的实验室,在超高频RFID、网络协议与中间件设计、网络性能分析、RFID系统应用等领域取得了大量研究成果^[6-7]。

传感器网络是物联网的重要支撑技术,本世纪末以来一直是国际信息领域的研究热点之一。针对传感器节点硬件,美国加州大学伯克利分校开发的Mica2传感器节点和TinyOS系统被广泛用在传感网的研究中。如今,无线传感器节点已经发展出MicaZ、IRIS、Cricket、Eyes、Telos、Stargate、Imote2等等多种类型^[8]。近年来,在传感器网络的部署、覆盖、网络协议、资源调度与优化、实时控制等方面,世界各国研究人员开展了大量研究,其中麻省理工学院CSAIL实验室、加州大学洛杉矶分校CENS实验室、斯坦福大学WSNL实验室、法国国家信息与自动化研究所INRIA等等做出了许多代表性工作,传感网技术日趋成熟^[9-10]。值得一提的是,近年出现的RFID传感技术(如Intel的WISP节点)将传感器与RFID结合,优势互补,极大拓展了物联网在物流、医疗等领域的应用^[11-12]。

此外,为方便技术验证和开发原型系统,涌现出MoteLab、NetEye、Senslab、KanseiGeni等众多物联网实验测试系统^[13]。随着技术的进步,物联网的应用领域已经拓展到物流、工业生产、环境监控、医疗、智能楼宇、智慧城市等等众多

领域^[2,14]。

除了技术开发,美国也主导了物联网标准的制订,由其主导的EPCglobal标准在RFID领域呼声最高,而IEEE 802.15.4标准(及以此为基础的Zigbee协议)也已成为物联网主流。欧盟委员会、欧洲电信标准组织ETSI、欧洲标准化委员会CEN等也参与到物联网标准的制订中。

我国物联网发展与全球几乎同时起步。中科院早在1999年就与世界主要国家几乎同步启动了传感器网络相关技术研究,在无线通信、微型传感器、移动基站等方面取得重大进展,目前已形成从材料、技术、器件、系统到网络的完整产业链,典型的示范性应用也取得了良好的效果。近年来,国家“973”计划、国家自然科学基金对物联网的基础研究也给予了大力资助,以支持我国对其中的体系结构、理论与设计方法、实践与应用等问题的研究。在政策支持下,中科院以及清华大学、北京邮电大学、浙江大学、东南大学、华中科技大学、江南大学等高校掀起了物联网研究热潮,中国移动、中国电信等大批公司也加入物联网的应用开发中^[2,15]。

虽然我国在物联网相关产业发展、技术研发、应用拓展等领域取得了一些进展,但是在核心技术、高端服务、规模化应用、信息安全等方面与发达国家仍然存在明显差距^[16]。以RFID为例,我国相关专利申请量只有美国的6.5%,日本的45.7%,且多以实用新型为主,发明专利较少,而其中外企在我国申请的发明专利授权量占据主要地位,完全自主知识产权数量偏低^[17]。

3 物联网研究挑战

互联网、RFID、传感网、无线通信等技术的快速发展为构建“无所不包”的物联网打下了基础,但在目前,物联网相关技术还未成熟,该领

域仍存在一些亟待解决的问题:

(1) 地址分配^[18]。物联网一个重要特征是规模庞大,而要实现其中所有物体的有机互联,必须给每个物体赋以身份——地址,因此物联网对地址的需求量是巨大的。目前主流的IPv4协议采用32位地址,数量有限而且将即将耗尽,因此IPv6协议受到青睐。但是从现有网络升级到IPv6网络将是一个漫长的过程,因此兼容两种地址的物联网成为挑战。另一方面,现有针对RFID的EPCglobal标准与IPv6无法兼容问题,这也为IPv6在物联网中的广泛应用带来挑战。

(2) 有限资源的利用^[19-20]。资源有限性是制约物联网规模化发展的重要因素。首先,传感器节点在追求低成本的同时,其能量非常有限,这对物联网长期稳定运行带来挑战。当前,能量有效的感知、传输、调度与控制已成为物联网相关领域研究的重点之一;其次,带宽有限。传感网通常采用ISM开放频段进行工作,而随着越来越多的设备包括无线局域网、蓝牙、Wi-Fi等工作在开放频段,造成严重的“频谱拥挤”,频谱需求呈指数迅猛增长。对此,认知无线电(cognitive radio)技术通过合理利用空闲的授权频段,能有效缓解这一问题,成为物联网领域又一研究重点;最后,物联网中个体能力高度受限,而充分利用网络个体间的协作来完成任务将是主要解决途径。

(3) 安全与隐私的保护^[21-22]。RFID系统、传感器节点大多成本较低、能力有限,容易收到外界攻击或自身发生故障,从而破坏整个网络的正常运转。同时,由于无线通信的开放性,信息在传递过程中也易被侦听、阻塞甚至篡改,使得信息传输不可靠。此外,在信息的存储、计算等环节的非安全因素也对物联网应用构成极大挑战。另一方面,由于人的参与将不可避免地带来隐私问题。物联网中信息的广泛、频繁交互,将使得每个人难以对自身信息(如位置、行程等

等)的传播进行有效控制。但是,从系统设计角度,我们只能通过合理的协议和算法对不安全因素加以规避,而不能强制干预信息的交换。因此,如何保护个人隐私、保证信息安全、保障商业和国家机密已成为物联网重要挑战。

(4) RFID本身的挑战^[14,23]。RFID标签有被动式(passive tag)、主动式(active tag)和半主动半被动式(semi-active semi-passive)等几种。其中,后两者面临能量有限性的挑战,而被动式RFID标签虽然无源,但需要读写器能够准确获取其信息,因此,如何有效避免多标签同时阅读时的通信碰撞问题亟待解决。其次,RFID标签和读写器天线性能的好坏直接影响RFID系统的灵敏度、读写距离和读写速率。RFID标签天线带宽的拓展、复数阻抗匹配问题、固定频点阻抗测试等是目前制约RFID技术大规模应用的主要技术瓶颈。

(5) 服务质量(Quality of Service, QoS)的保障^[3,26-27]。实时性和可靠性为代表的服务质量将是物联网的重要性能指标。物联网在QoS方面的挑战主要表现在:首先,QoS与资源的调和问题,例如时钟不同步直接影响了实时性,而现有时钟同步方法需要大量通信,增加了网络能耗,对资源需求量大;其次,我们缺乏物联网的实际特性(如数据流特征),这给算法和协议的设计以及QoS的优化造成障碍。

(6) 技术标准的统一^[3,25]。物联网的应用跨多个领域,人们根据实际应用的需要,往往制定出多个技术标准。目前国际上进行物联网标准制订的任务组主要有:侧重机器互联的M2M、采用IPv6和IEEE 802.15.4的6LoWPAN、侧重路由协议的ROLL、面向实时应用的WirelessHART、低功耗的Zigbee以及针对RFID的EPCglobal和GRIFS等。为降低物联网开发、集成、部署和维护成本,进而实现物联网产业的大规模应用,亟需建立统一的物联化技术标准体系。

此外,物联网在其它方面的挑战包括:分布式计算技术、实时估计与控制技术、网络互操作(interoperation)与可扩展(scalability)技术、海量数据管理技术以及物联网社会因素分析与利用技术等^[2-4,26]。

综上,面对物联网领域诸多关键瓶颈问题,国际上相关研究远未成熟。我国研究人员应抓住机遇,突破核心关键技术和标准,广泛开展技术和应用创新,迎接“物联网时代”的到来。

参 考 文 献

- [1] 郭川, 郭贺铨. 物联网不是网络是应用. 人民邮电报, 2010.
- [3] 刘云浩, 物联网导论, 科学出版社, 2010.
- [3] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The Internet of Things: A survey, Computer Networks, 54(15):2787-2805, 2010.
- [4] V. Ovidiu, F. Peter, Internet of Things - Global Technological and Societal Trends, River Publishers Series in Communications, 2011.
- [5] Cisco Internet Business Solutions Group, The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything, Apr. 2011.
- [6] P. V. Nikitin, D. D. Arumugam, M. Chabalko, B. E. Henty, and D. D. Stancil, Long Range Passive UHF RFID System using HVAC Ducts, Proceedings of the IEEE, 98(9):1629-1635, 2010.
- [7] G.M. Gaukler, Item-level RFID in a Retail Supply Chain with Stockout-based Substitution, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 7, Issue 2, 2011.
- [8] T.V. Chien, H.N. Chan, T.N. Huu, A Comparative Study on Hardware Platforms for Wireless Sensor Networks, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 2, No. 1, 2012.
- [9] P. Baronti, P. Pillai, V. Chook, S. Chessa, A. Gotta, Y.F. Hu. Wireless Sensor Networks: A Survey on the State of the Art and the 802.15.4 and ZigBee Standards. Computer Communications, 30(7):1655-1695, 2007.
- [10] J. Yick, B. Mukherjee, D. Ghosal, Wireless Sensor Network Survey, Computer Networks, 52(12):2292-2330, 2008.
- [11] A. Sample, J. R. Smith, Experimental Results with two Wireless Power Transfer Systems, in Proc. ACM Sensys, 2008.
- [12] S. He, J. Chen, F. Jiang, D. Yau, G. Xing and Y. Sun. Energy Provisioning in Wireless Rechargeable Sensor Networks, IEEE Transactions on

Mobile Computing, to appear.

- [13] A. Gluhak, S. Krco, M. Nati, D. Pfisterer, N. Mitton, and T. Razafindralambo, A Survey on Facilities for Experimental Internet of Things Research, IEEE Communications Magazine, 49(11):58-67, 2011.
- [14] D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini, I. Chlamtac, Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges, Ad Hoc Networks, 10, 1497-1516, 2012.
- [15] 宁焕生, 徐群玉. 全球物联网发展及中国物联网建设若干思考, 电子学报, Vol. 38, no. 11, Nov. 2011.
- [16] 王晓静, 张晋. 物联网研究综述, 辽宁大学学报, 第37卷, 第1期, 2010年
- [17] 高常水, 许正中, 王忠. 我国物联网技术与产业发展研究, 中国科学基金, Volume 26(4):205-209, 2012.
- [18] K. Ning, X. Li, and B. Yan. A Model Supporting Any Product Code Standard for the Resource Addressing in the Internet of Things. In Proc. International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems, 233-238, Nov. 2008.
- [19] G. Anastasi, M. Conti, M. Francesco, A. Passarella, Energy Conservation in Wireless Sensor Networks: A Survey, Ad Hoc Networks, 7(3):537-568, 2009.
- [20] K.R. Chowdhury and I.F. Akyidiz. Interferer Classification, Channel Selection and Transmission Adaptation for Wireless Sensor Networks. Proceedings of ICC, Dresden, Germany, May, 2009.
- [21] A. Juels. RFID Security and Privacy: A Research Survey. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 24(2): 381-394, Feb. 2006.
- [22] R. H. Weber. Internet of Things-New security and privacy challenges. Computer Law & Security Review (Elsevier), 26(1): 23-30, Jan. 2010.
- [23] N.-C. Wu, M. A. Nystrom, T.-R. Lin, and H.-C. Yu. Challenges to Global RFID Adoption. Technovation (Elsevier), 26(12): 1317-1323, Dec. 2006.
- [24] C.-L. Fok, C. Julien, G.-C. Roman, and C. Lu, Challenges of Satisfying Multiple Stakeholders: Quality of Service in the Internet of Things, in Proc. International Workshop on Software Engineering for Sensor Network Applications, 2011.
- [25] H. Zhang and L. Zhu. Internet of Things: Key technology, Architecture and Challenging Problems. In Proc. IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering, 4: 507-512, Jun. 2011.
- [26] X. Li, R. Lu, X. Liang, X. Shen, J. Chen, X. Lin, Smart community: an internet of things application. IEEE Communications Magazine, 49(11): 68-75, 2011.

作者简介

陈积明 浙江瑞安人。2000年本科毕业于浙江大学电气工程学院。同年考入浙江大学控制系，在孙优贤院士指导下于2005年获控制理论与控制工程博士学位，现为浙江大学控制系教授、博士生导师，浙江大学工业控制研究所副所长。主要研究方向为无线传感器网络、网络化控制系统等。曾在法国INRIA，新加坡国立大学，挪威Simula Research Lab，英国Warwick University等单位短期访问。2008年至2010年在加拿大滑铁卢大学电气与计算机工程系从事访问研究。2010获浙江省杰出青年基金资助。2011入选教育部新世纪人才支持计划，并获日本学术振兴会JSPS Fellowship和IEEE通信学会亚太区杰出青年研究学者奖（IEEE ComSoc APB Outstanding Young Researchers）。2012年获国家自然科学基金委首批优秀青年基金资助，并入选中组部首批青年拔尖人才计划。

现担任IEEE Network, IEEE Transactions on Industrial Electronics等期刊编委；曾担任IEEE Transactions on Automatic Control等期刊客座编委；应邀担任IEEE SmartGridComm 2012-The Whole Picture-Sense, Communicate, Compute, Control Symposium Co-Chair, IEEE ISIE 2012-Sensors, Actuators, System Integration and Signal Processing Track Symposium Co-Chair, IEEE Globecom 2011-Ad hoc and Sensor Network Symposium Co-chair, General symposia Co-Chair of ACM IWCMC 2009 and ACM IWCMC 2010, WiCON 2010 MAC track Co-Chair, IEEE MASS 2011 Publicity Co-Chair, IEEE DCOSS 2011 Publicity Co-Chair, IEEE ICDCS 2012 Publicity Co-Chair; TPC members for IEEE ICDCS 2010, 2012, 2013, IEEE MASS 2010, IEEE SECON 2011, 2012, IEEE INFOCOM 2011, 2012, 2013 etc. 现为IEEE 高级会员。

物联网标准化情况综述

王 平, 魏 旻

重庆邮电大学 工业物联网与网络化控制教育部重点实验室 重庆 400065

摘要: 本文介绍了物联网标准化的意义, 阐述了国内外主要物联网标准工作组开展的工作, 全面深入的分析、研究了物联网技术标准体系和核心技术标准化现状以及物联网在各个行业与应用中的标准化现状。最后, 提出了物联网标准化进程中亟需思考和完善的问题。

关键词: 物联网, 标准体系

1 概述

物联网作为信息技术前沿领域, 将改变未来人们的生活方式, 对国家安全、经济和社会发展产生重大影响, 是继以计算机为主体的信息处理、以互联网和移动蜂窝网为代表的信息传输和信息处理融合之后新一轮全面融合信息获取、处理和传输的信息产业化浪潮原动力。国际上正在加快传感器网络的研究、产业化和标准化进程。

目前, 物联网领域尚处于发展初期, 我国在物联网的科研、标准、产业和典型应用方面与国际同步, 某些技术甚至处于领先地位。但总的来说, 现有技术、产品设计、系统集成尚无统一标准可循, 标准滞后严重制约了技术应用和产业的迅速发展。物联网的标准化将对实现大规模应用网络所需要的互连互通起到至关重要的作用。

2 物联网国内外标准工作组

在物联网标准化方面, 国内外已成立多个组织, 从物联网的基础结构、核心技术、产业应用等多个方面研究物联网的标准化问题。

2009年全国信标委设立了传感器网络标准工作组^[1], 直属国家信息技术标委会, 现有成员100

多家, 下设总体组、通信与信息交互项目组、安全技术项目组、测试项目组、标识技术项目组、接口项目组若干应用项目组等。2010年2月, 中国通信标准化协会(CCSA)成立了“泛在网技术工作委员会”(TC10)^[2], 下设4个工作组, 对物联网的共性总体标准、应用标准、网络标准和感知延伸等标准进行了全面的研究和行业标准的制订。自TC10成立以来, 已完成31项行标、技术报告和研究课题立项, 涵盖了物联网标准体系中的3个层次、相关的总体架构和公共技术。其中, 有6项涉及总体架构和公共技术的立项, 16项涉及物联网应用层的立项, 4项涉及物联网网络层的立项, 5项涉及物联网感知延伸层的立项。

2010年11月, 国家标准化管理委员会、国家发展和改革委员会联合成立了国家物联网基础标准工作组, 主要职责是对物联网基础标准领域标准的研究和制定, 包括对物联网标准体系研究, 物联网基础性和通用性技术标准的制订。同时, 围绕贯穿物联网三层的共性基础标准, 根据应用特定需求, 与行业部委对接, 开展物联网行业标准体系建设, 为物联网行业应用标准提供技术支撑。2011年10月21日, 国家物联网基础标准工作组在第三次全体会议上成立物联网总体项目组、

物联网标识项目组和物联网信息安全项目组。这三个项目组在今后将积极开展物联网总体标准研究、标识标准研究和信息安全标准研究。

国际标准方面,目前有很多标准化组织均开展了与传感器网络相关的标准化工作,包括ISO/IEC JTC1 WG7、ITU-T、IETF、ZigBee联盟、IEEE、IEC和ISA100等。

ISO/IEC JTC1^[3] 有多个分技术委员会在开展传感器网络的标准化研究工作。其中SC6(数据通信分技术委员会)中的传感器网络参考模型和安全框架两个提案都已立项为新工作项目;SC31(数据采集)中也提出了传感器网络应用的提案。为了协调传感器网络标准化工作,ISO/IEC在JTC1下成立了传感器网络工作组WG7,致力研究传感器网络的特性以及与其他网络技术的共性和区别,传感器网络的系统体系结构,传感器网络的实体及其特性,确定可用于传感器网络的现有协议以及传感器网络仅有的协议元素,传感器网络基础设施的范围,确定传感器网络需要处理的、获取的、传输的、存储的以及递交的数据类型,以及这些不同的数据类型所需要的QoS属性,确定传感器网络需要支持的接口类型,研究传感器网络需要支持的服务类型,与传感器网络相关的安全、保密和标识。

ITU-T^[4] 在下一代网络标准框架中将泛在传感器网络作为其中的一个组成部分,尚处于框架性规划阶段。在SG13、SG16、SG17的研究中涉及到了传感器网络的应用和服务需求、中间件需求以及安全需求等。

IEEE系列标准针对短距离无线通信的物理层和媒体访问控制层制定标准,其主要目标是产业界制定短距离无线芯片的标准。ZigBee联盟主要制定IEEE 802.15.4的高层协议,包括:组网、应用规范等。IEEE 1451系列标准主要制定传感器通用命令和操作集合,同时制定了一系列接口标准,

包括模拟传感器接口标准、无线传感器接口标准和执行器接口标准等。

IETF所开展的两个研究项目与传感器网络有一定的关系,分别是基于低功耗无线个域网的IPv6协议和低功耗网络的路由协议。

各标准化组织也都认识到仅靠一个标准化组织制定传感器网络标准是不可能的,因此相关的组织在传感器网络标准研究制定过程中也纷纷建立了联络关系。

3 物联网技术标准体系

物联网标准体系框架如图1所示,物联网标准体系按层次主要从技术基础标准和应用子集标准两方面考虑。技术基础标准:物联网的技术基础标准是物联网发展中技术的通用标准,该标准应该包括物联网体系架构、组网通信协议、接口、网络安全、编码标识、测试等技术的基础规范和产品。对其他类标准起支撑作用。应用子集标准:这类标准是为物联网产品研发和应用开发中对标准的采用提供重要支持而提出的,通过标准体系指导物联网标准制定工作成体系、系统。对应于系统的感知层、传输层、应用层将应用子集分类。

4 核心技术标准化现状

4.1 物联网通信核心协议标准化

通信协议是实现“物物互联,感知世界”的基础,也是物联网最为基础的关键技术,各个国家和国际组织都投入了大量的人力物力开展大规模的研究工作。

IEEE 802.15致力物联网通信核心协议标准的制定,任务组TG4针对低速无线个人区域网络(Low-rate Wireless Personal Area Network,

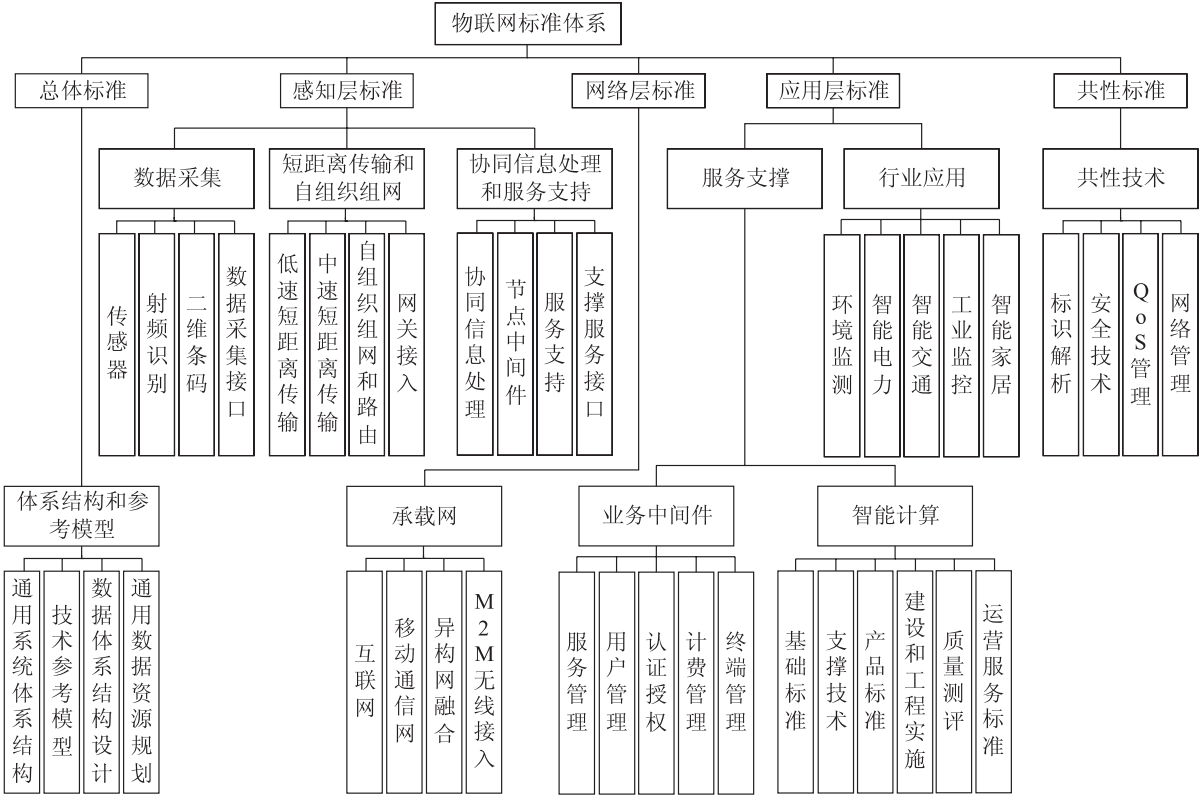


图1 物联网标准体系框架

LR-WPAN）制定标准，相继推出了802.15.4a、802.15.4c、802.15.4d、802.15.4e、802.15.4f、802.15.4g等一系列标准，TG6主要研究由人体周边配置的各种传感器及器件构筑的近距离无线通信协议（Body Area Network，人体局域网），推出了IEEE802.15.6标准。IETF 下设的6LoWPAN、ROLL和CoRE工作组都在致力物联网通信核心协议标准的制定，正式推出了“draft-ietf-6lowpan-problem” [RFC 4919]、“draft-ietf-6lowpan-format” [RFC 4944] 等标准。

国家传感器网络标准工作组设立了通信与信息交互项目组负责相关标准制定，《传感器网络通信与信息交互 第1部分 低速无线传感器网络网络层和应用支持子层技术规范》的报批稿已经正式提交，不久将正式发布。同时，CCSA也启动了《泛在网IPv6相关技术研究》、《无线体域网技术研究》等标准化项目。

在重庆邮电大学牵头承担的“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项课题“基于IPv6 的无线传感器网的网络协议研发及验证”支持下，国家传感器网络标准工作组通信与信息交互项目组启动了《基于IP技术的网络层协议标准研究》、CCSA启动了《适用于6LoWPAN网络的增强型系列协议研究》等工作。

4.2 物联网标识技术标准化

物联网编码标识技术作为是物联网最为基础的关键技术，编码标识技术体系由编码（代码）、数据载体、数据协议、信息系统、网络解析、发现服务、应用等共同构成的完整技术体系。物联网中的编码标识已成为当前的焦点和热点问题，各个国家和国际组织都在尝试提出一种适合于物联网应用的编码。

国家传感器网络标准工作组设立了标识项目

组，组长单位设在重庆邮电大学。研究传感器网络节点身份唯一性和传感器网络节点应用属性的标识方法，涉及传感器网络节点身份唯一的描述符和网络节点应用属性的标识符内容及构成方式。目前《传感器网络标识传感节点编码规则》的报批稿已经正式提交，不久将正式发布。

同时，2011年10月21日，国家物联网基础工作组在第三次全体会议上宣布成立“国家物联网编码标识项目组”，项目组将重点致力于我国物联网编码标识的基础技术标准制订、物联网在各个行业领域的编码标识体系制订，以及推广应用等工作。

4.3 物联网安全标准化

物联网安全技术作为物联网标准体系框架中的重要组成部分，安全部分的标准化工作对整个物联网的大规模产业化及应用具有重要意义。物联网安全标准化主要研究物联网的安全模型和安全机制，保证物联网信息的机密性、完整性、可用性，抵抗各种恶意的攻击，提高物联网容错能力。

国内方面，传感器网络国家标准工作组PG6安全项目组向国标委提交的《传感器网络 信息安全通用技术规范》（报批稿）对传感器网络安全体系以及相关安全技术进行了规范。2012年，CCSA TC10 WG1工作组提交“物联网的安全需求”（送审稿），对物联网存在的安全威胁与安全需求进行了分析。

国际标准方面，ISO/IEC JTC1 SC6工作组负责相关安全标准的制定，我国专家重庆邮电大学的王浩博士是ISO/IEC JTC1 SC6工作组的“ISO/IEC FDIS 29180”的合作编辑，参与相关物联网安全国际标准的制定。同时，ITU也启动了安全标准的制定，重庆邮电大学的王浩博士作为合作编辑还将相关技术引入到ITU-T X.1311标准之中。

4.4 物联网测试标准化

物联网的测试是物联网开发、部署及大规模应用的必要环节。鉴于传感器网络的应用、通信协议规范、部署环境多样性，因此传感器节点或系统间的互联互通、系统性能需要相应的测试和评估。

国内标准方面，传感器网络标准工作组专门成立了传感器网络设备技术要求和测试规范项目组开启了测试标准的制定工作。组长单位设在重庆邮电大学。项目组研究范围主要包括建立传感器网络标准测试验证平台，解决传感器网络接口、协同信息处理、传输、组网和安全等相关标准的测试和验证问题，并启动了《低速无线传感器网络网络层和应用支持子层一致性测试技术规范》、《物理层通用参数测试技术要求描述》等工作。

与此同时，国际标准ISO/IEC JTC 1/WG 7于2012年3月成立了Ad hoc Working Group，重庆邮电大学为召集人单位，提交了《Study Report on Sensor Network Testing》等技术文档，争取在ISO/IEC JTC 1/WG 7负责成立测试标准项目。

4.5 物联网其他关键技术标准化

除了上述的标识、安全、测试的标准化，物联网标准体系中的接口、网关、频谱等关键技术的标准化也正在进行中。

国内标准方面，传感器网络标准工作组成立了相关项目组：PG7接口项目组，其研究范围主要包括对各种类型传感器（模拟量传感器、数字化传感器和智能化传感器）接入节点进行研究，实现传感器互换和即插即用功能所涉及的传感器接口问题；PG9网关项目组，其主要研究物联网与其它网络接口标准化，包括对移动通信网络、互联网、卫星网等，制定相关数据交互及管理接口标

准；网关运行管理规范，包括协议控制转换、基础服务管理、应用支持等方面；网关设备标识与寻址规范等内容；PG10频谱项目组，其主要对传感网使用的无线电工作频段、发射功率、信道带宽、带外发射、杂散发射、频率容限、天线等射频特性以及相关的无线电路程序规则进行研究，为频率规划工作提供建议和支撑管理。

国际标准方面，ISO/IEC JTC1针对接口、网关、频谱的标准化也展开了大量的研究工作，成立了相应的分技术委员会，例如：SC6系统间的通信与信息交换、SC32数据管理与交换、SC35用户接口等。我国代表团正在积极参加这些分技术委员会会议，提交技术报告，在工作组中承担重要角色，并取得重要进展。积极促进国际标准化工作，提升我国实质性参与国际标准化活动的能力和水平，增强国际标准制定话语权。

5 行业与应用标准化现状

5.1 工业物联网标准化

目前工业物联网现成三大主流国际标准共存的局面，包括ISA 100.11a（ISA）、Wireless HART（HART基金会）、WIA-PA（中国WIA联盟）。

无线HART（Wireless HART）标准是HART通讯协议的扩展，专为工业环境中的过程监视和控制等应用所设计。无线HART标准在2007年6月，经HART通讯基金会批准，作为HART 7技术规范的一部分，加进了总的HART通讯协议族中。国际电工委员会于2010年4月批准发布了完全国际化的无线HART标准IEC 62591（Ed. 1.0），是第一个过程自动化领域的无线传感器网络国际标准。该网络使用运行在2.4GHz频段上的无线电IEEE802.15.4标准，采用直接序列扩频（DSSS）、通信安全与可靠的信道跳频、时分多址（TDMA）同

步、网络上设备间延控通信（Latency-controlled Communications）等技术。

ISA100.11a是由国际自动化协会（ISA）管理并倡议的工业无线标准，ISA100 WCI（无线符合性测试机构）负责提供ISA100标准族的符合性认证服务。ISA100委员会致力于通过制定该领域的一系列标准、建议规范、技术报告来定义工业自动化控制环境下的无线系统实现技术。考虑到广泛的覆盖范围，ISA100委员会已成立了若干工作组分别从事不同的具体任务。目前，国内有两家单位（重庆邮电大学，北京科技大学）具有ISA100的投票权。

中科院沈阳自动化所、重庆邮电大学等单位制定的WIA-PA（Wireless Networks for Industrial Automation-Process Automation）作为我国拥有自主知识产权的工业无线标准，已于2011年正式成为IEC 62601国际标准，为我国推进工业化与信息化相融合提供了一种新的高端技术解决方案，也标志着我国在工业无线通信技术领域的研发已处于世界领先地位。

重庆邮电大学与达盛电子股份有限公司（中国台湾）联合研发了全球首款支持三大国际工业无线标准的物联网核心芯片——渝“芯”一号（UZ/CY2420），重庆邮电大学、中科沈阳自动化所分别牵头承担了国家科技重大专项课题“面向工业无线网络协议WIA-PA的网络设备研发及应用”，这将为我国在工业物联网领域占据领先地位奠定基础。

5.2 电力物联网标准化

智能电网是物联网的重要应用之一。智能电网是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高

效、环境友好和使用安全的目标。智能电网标准化推进主要来自于政府、行业、标准化开发组织和协会等几个方面的力量。

美国能源部2003年通过了“能源独立与安全法案2007”，确立了国家层面的电网现代化政策，并指定由美国标准与技术研究院（NIST）负责协调相关部门和相关标准化组织进行分工合作制订智能电网标准。NIST于2009年9月发布了智能电网互操作框架和演进的1.0版本，并于2010年2月发布了智能电网网络安全战略和需求。目前已经发布的指南包括“智能电网互操作框架和路线图草案版本1.0”，其中包含25项标准和50项候选标准。

欧盟委员会（EU）的智能电网标准化推动工作从2009年3月颁发的M441指令开始，2010年6月EU发布指令M468，对欧洲各标准组织提出回顾和制订电动汽车相关标准的要求，实现供电站、充电器等相关设备之间的互操作。2011年3月EU发布指令M490，对欧洲各标准组织提出在2012年底之前制订推动高级智能电网业务应用的标准的要求。2011年4月，EU发布“Smart Grids: from innovation to deployment”文件，从管制、标准等方面对智能电网的推动措施进行说明。为推动智能电网的标准化工作，欧盟还成立了若干专家组，主要的标准化机构包括ETSI、CEN和CENELEC，ETSI专门成立了M2M技术委员会，完成了M2M应用系统架构、智能电网电表等标准。

国际上相关的标准化组织也都在对智能电网的相关标准进行研究，包括ITU、ISO、Zigbee、OASIS等，ITU-T专门成立了智能电网焦点组（SG FG），完成了5份技术报告，包括智能电网名词术语、智能电网使用案例、智能电网概述、智能电网的通信需求、智能电网体系架构。在智能电网方面中国也在制订相应的标准，以国网信通公司和中国通信标准化协会（CCSA）为首。CCSA正

在制订“面向智能电网中物联网应用的无线技术研究”。

经过各界的努力，已经初步形成了智能电网的标准化体系，包括智能电网的名词术语、需求、体系架构、电力系统标准、无线通信标准等，为智能电网的实施做出了贡献，也为物联网标准体系奠定了基础。

5.3 ZigBee标准

ZigBee联盟由国际著名半导体生产商、技术提供者、技术集成商以及最终用户组成，ZigBee技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通讯技术。主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输以及典型的有周期性数据、间歇性数据和低反应时间数据传输的应用，应用范围横跨全球的民用、商用、公共事业以及工业等市场。

ZigBee标准重点制订网络层和应用层规范，PHY层、MAC层及数据链路层协议直接引用IEEE 802.15.4协议标准。目前发布了ZigBee的网络层、加密层及应用描述层的标准V1.0版。其他应用领域及其相关的设备描述也会陆续发布。由于ZigBee不仅只是802.15.4的代名词，而且IEEE仅处理低级MAC层和物理层协议，因此ZigBee联盟对其网络层协议和API进行了标准化。

6 物联网标准化进程中亟需思考和完善的问题

目前，物联网标准化发展情况来看，亟需制定的标准主要有以下几方面的内容：

6.1 加强标准控制的协调工作

目前，全国信标委的传感器网络标准工作组、中国通信标准化协会的泛在网技术工作委员

会和国家物联网基础标准工作组都在负责物联网标准的制定,形成了多方负责的局面,相互之间缺乏工作协调和明确的内容划分,使人无所适从。而国际上也存在相似的情况。

6.2 物联网编码体系方面

由于应用的场合及范围不同,在编码体系建设中可能会需要多种编码方案,仅应用一种编码方案并不一定能解决所有问题。成熟的编码方案的应用已有一定规模,并在某些领域的信息化中得到很好的应用。在对这些编码方案认真研究的基础上,针对不同应用场合制定最为合理的编码标准,以及制定对应的解码标准,这对物联网建设起着至关重要的作用。

6.3 物联网测试技术方面

国内外尚缺乏统一物联网测试体系架构,各种物联网协议的测试标准各具特点,方法众多,却又有局限性,缺乏一种典型适用于物联网的通用方法和机制。针对物联网测试需求,基于ISO/IEC CD 29182提出的物联网体系架构,完善物联网测试策略、测试方法,有效利用我国在ISO/IEC JTC1 WG7中成立的测试项目组召集人单位的优势,尽快推进物联网测试标准化工作,将对物联网的大规模应用起到至关重要的作用。

6.4 物联网安全方面

用户数据和隐私的保护问题是新技术在使用推广过程中面临挑战之一。由于传感器和电子标签能追踪用户的行动、习惯以及在发展的偏好,因此对数据和隐私安全的关注非常广泛。物联网应用的尺度和能力放大了安全问题。人们普遍质疑数据将会被窃取。为了提升用户对物联网相关技术的认可度,必须保护用户知情同意原则、数

据保密性和安全性。此外,保护隐私不一定局限于技术解决方案,必须出台保护用户安全和隐私的管理标准和法律条文。

参考文献

- [1] www.wgsm.org,传感器网络标准工作组
- [2] www.ccsa.org.cn中国通信标准化协会
- [3] http://www.iso.org/iso/jtc1_home.html ISO/IEC JTC1
- [4] ITU-T SG-FG. Output Document of Smart Grid Architecture [S]. 2012.
- [5] 张晖.物联网技术框架与标准体系研究进展.2010.
- [6] 刘多.物联网标准化进展.2012.
- [7] 无线传感器网络及其标准化
- [8] www.china-iot.org.cn

作者简介

王平 重庆黔江,博士,二级教授,博士生导师,重庆邮电大学自动化学院院长、工业物联网与网络化控制教育部重点实验室主任、重邮-CISCO绿色科技联合研发中心主任,研究方向为智能检测与物联网技术、网络化控制与智能仪器仪表等。牵头承担了10余项国家科技重大专项、国家863等重要项目,研制出全球首款工业物联网核心芯片-渝芯一号,主研的EPA、WIN-PA技术与标准在国内外产生了重要影响,核心技术正在形成专利保护群。研究成果获得国家级科技奖2项,省部级一二等奖5项。

魏旻 重重庆邮电大学讲师,2005年在浙江大学获得学士学位,2008年在重庆邮电大学获得硕士学位,现为韩国建国大学博士研究生,是工业无线国际标准WIA-PA起草人,担任Heathrow工业无线融合国际标准工作组五人核心小组成员,工业无线融合标准工作组白皮书起草人。主要从事物联网、无线工业通信的研究。

无线传感器网络在物联网中的应用：现状与展望

宋睿卓，肖文栋

北京科技大学 自动化学院 北京 100083

摘要：无线传感器网络作为物联网的关键技术之一，在其实现中发挥着举足轻重的作用。目前，无线传感器网络处于机遇与挑战并存的时代，无线传感器技术的每一步进展都影响着物联网产业的发展。本文深入浅出地介绍了物联网技术及无线传感器网络在物联网中的应用，详细分析了无线传感器网络特点及面临的诸多问题。并指出先进的无线传感器技术将对物联网的研究与发展提供强有力的理论支撑和有效的解决方案。

关键词：物联网，无线传感器，能量优化，数据融合

1 物联网的兴起

随着经济的快速发展和全球化脚步的加快，人们在现有的“互联网”概念基础之上，将其用户端延伸扩展到任何物体与物体之间。各物体之间进行信息交换和通信的网络称之为“物联网”（Internet of Things）^[1-3]。物联网通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物体与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网，通过各种有线和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^[4-6]。

国内外普遍公认的是MIT Auto-ID中心Ashton教授1999年在研究RFID时最早提出物联网概念的。在2005年国际电信联盟（ITU）发布的报告中，物联网的定义和范围发生了变化，覆盖范围

有了较大的拓展，不再只是指基于RFID技术的物联网。物联网在中国受到了全社会的极大关注，2009年8月温家宝总理提出“感知中国”，物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，写入“政府工作报告”。温总理在2010年的政府工作报告中明确提出，要积极发展新一代信息技术产业，“促进物联网示范应用”。2011年工业和信息化部提出了物联网“十二五”发展规划，明确指出“物联网已成为当前世界新一轮经济和科技发展的战略制高点之一，发展物联网对于促进经济发展和社会进步具有重要的现实意义”。

从技术架构来看，物联网是由感知层、网络层和应用层构成的层次体系。一般来说，物联网的基础结构如图1所示。

感知层由信息采集设备及物理链路层构成，包括二氧化碳浓度传感器、温度传感器、湿度传感器、二维码标签、RFID标签和读写器、摄像头、GPS等感知智能终端。感知层的作用相当于人

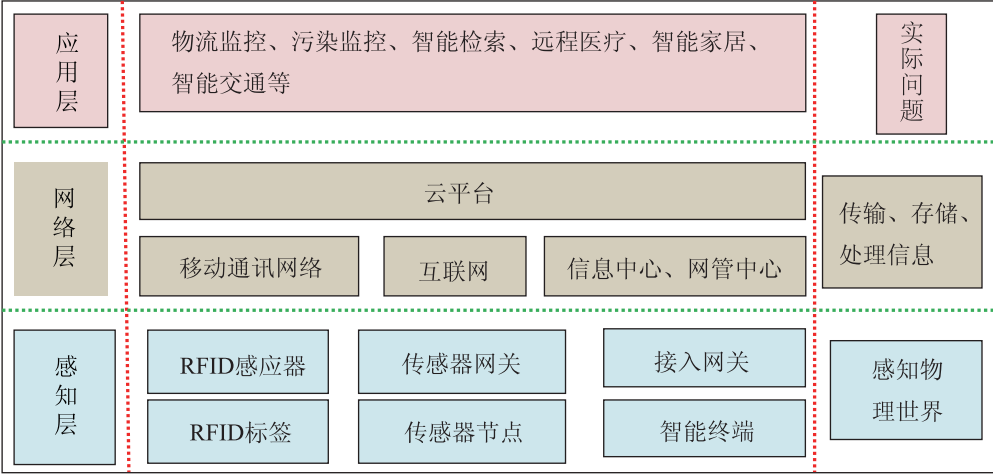


图1 物联网架构图

的耳眼鼻喉和皮肤等神经末梢，其主要功能是识别物体、采集信息、传递信息。

网络层由各种私有网络、互联网、有线和无线通信网、网络管理系统和云平台等组成，相当于人的神经中枢和大脑，其主要功能是传递、存储和处理感知层获取的信息。

应用层是物联网和用户的接口，它与行业的实际需求相结合，实现物联网的智能应用。

2 无线传感器网络在物联网中的应用

传感器网络在基础感知层，负责对物体信息的采集和抓取，这一功能对于物联网技术的发展和应用起着至关重要的支撑作用。传感器技术是物联网的核心技术，也是目前新兴的研究领域^[7-12]。通过各种信息传感设备，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，与互联网结合即形成物联网。传感器网络的潜在优势表现在以下几个方面^[13]：

(1) 分布节点中多角度和多方位信息的综合有效地提高了信噪比；

(2) 传感器网络低成本、高冗余的设计原则为整个系统提供了较强的容错能力；

(3) 传感器节点与探测目标的近距离接触大大消除了环境噪声对系统性能的影响；

(4) 节点中多种传感器的混合应用有利于提高探测的性能指标；

(5) 多节点联合，形成覆盖面积较大的实时探测区域；

(6) 借助于个别具有移动能力的节点对网络拓扑结构的调整能力，可以有效地消除探测区域内的阴影和盲点。

在传感器网络中引起人们极大关注的是无线传感器网络。无线传感器网络诞生于上世纪70年代，最早被应用于美国军方资助项目。它是一种由独立分布的节点以及网关构成的传感器网络。安放在不同地点的无线传感器节点不断采集外界的物理信息，如温度、声音、震动等,相互独立的节点之间通过无线网络进行通信。无线传感器网络系统如图2所示^[13,14]。

一个典型的无线传感器网络包括分布式传感器节点群、接收发送器（Sink节点）、卫星/互联网和用户界面等。传感器节点散布在指定的感知区域内，每个节点都可以收集数

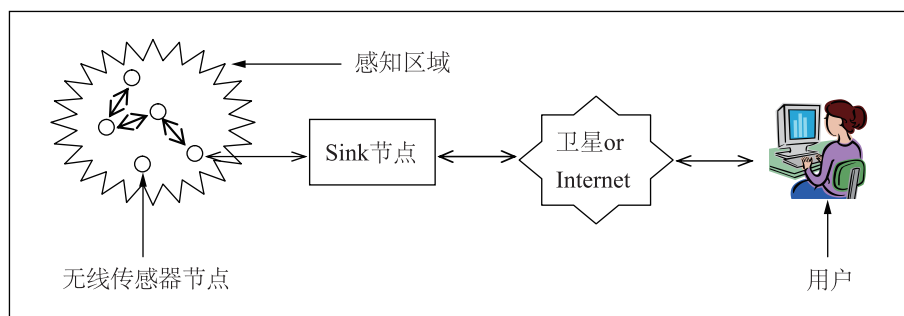


图2 无线传感器网络系统结构图

据，并通过多跳路由方式把数据传送到Sink节点，Sink节点也可以用同样的方式将信息发送给各传感器节点。Sink节点直接与Internet或通信卫星相连，通过Internet或通信卫星实现任务管理节点（即用户）与传感器之间的通信。通常，一个无线传感器网络节点的硬件结构包括：传感器接口、ADC、微处理器、电源以及无线收发装置。

经过近30年的发展，无线传感器网络的应用逐渐转向民间，在森林、河流的环境监测中、在建筑环境的智能化应用中，以及一些无法放置有线传感器的工业环境中都已经出现了它的身影^[19]：

（1）军事领域：由于无线传感器网络具有快速布设、自组织和容错等特性，无线传感器网络将会成为军事领域不可或缺的一部分。美国海军开展的网状传感器系统CEC（Cooperative Engagement Capability）是一项革命性的技术。该系统使用战船或飞机战斗群携带的电脑进行感知数据的处理，每艘战船不但依赖自己的雷达，还依靠其它战船或者装载有CEC的战机来获取感知数据。空中的传感器负责侦察更大范围内的低空目标，利用这些数据合成图片具有较高的精度。由于CEC可以多方面的获得测量数据，因此可以更精确的击中目标，此外，CEC还可以快速而准确的跟踪混乱战争环境中的敌机和导弹。

（2）预警系统：在边远或偏僻野外地区、植

被不能破坏的自然保护区，无法采用固定或预设的网络设施进行通信，也可以采用无线传感器网络来进行信号采集与处理。巴西政府投资兴建的亚马逊预警系统具有很大的覆盖面，它可以提供环境监测、毒品监控以及空中交通控制等多方面的服务。这个系统由不同类型的传感器相互连接构成一个完整的网络，包括图象传感器、雷达以及环境传感器。其中，图象传感器是基于空间位置分布的，雷达安装在飞机上，而环境传感器则安装于地面。

（3）环境科学：无线传感器网络的节点一般通过飞行器直接撒播在被监测区域，不需要人类直接监测。这些特点一方面使网络的监测区域可以扩展到更广阔的范围，另一方面也避免了人类活动对生物栖息、生活习性的影响。由普林斯顿大学电子工程系提出的zebraNet工程，是无线传感器网络在野生动物研究和保护方面的典型应用。该项目旨在通过无线传感器网络和GPS系统的配合，彻底改变以往对野生斑马的生活习性观察采用射频收发器和GPS系统由于能源有限、必须经常回收的麻烦。

（4）医疗健康：传感器网络在医疗和健康护理方面的应用包括监测人体的各种生理数据、跟踪和监控医院内医生和患者的行动，进行药物管理等。台湾国立大学开展的WHAM-BioS系统涵盖了生物技术、信息技术、网络通信和纳米技术

等多项前沿技术，它通过自主设计的临床体温计和血压、脉搏测量仪对病人进行体温、血压等常规数据的监控，并将数据发送给由PDA实现的网关，再由这些网关将数据发送至医疗中心。无线传感器网络为未来的远程医疗提供了更加方便、快捷的技术实现手段。

(5) 空间探索：美国太空总署的喷射推进实验室设计的无线传感器网可用于监察行星上的生物活动，帮助寻找外太空生物。

(6) 商业应用：无线传感器网络的自组织性、微型化和对外部世界的感知能力决定了无线传感器网络在商业领域也会有不少的机会。德国某研究机构利用无线传感器网络技术为足球裁判研制一套辅助系统，以减小足球比赛中越位和进球的误判率。此外，在仓库管理，导游系统，交互式玩具等众多领域，无线传感器网络都有其独特的应用模式和商业价值。

在1999年和2003年，美国商业周刊和MIT技术评论杂志相继将其评价为21世纪最具影响力的20项技术以及改变世界的10大新技术。无线传感器网络综合了传感器技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和无线通信技术，能够协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息，并对其进行处理，传送给用户。因此无线传感器网络很好地实现了把客观物理世界与逻辑信息世界相互融合的功能。

无线传感器网络除了具有Ad Hoc网络的移动性、断接性、电源能力局限等共同特征以外，还具有以下几个鲜明的特点^[15-18]：

(1) 电源容量有限：传感器节点体积较小，一般由电池供电，且在使用过程中，不能给电池充电或更换电池，因此一旦电池能量耗尽，该节点将失去作用。另外，无线通信的能量消耗随通信距离以指数倍增长。因此，在满足通信连通度的前提下就尽量减少单跳通信距离，数据传输通

常采用多跳路由的传输机制。同时传感器节点的无线通信带宽有限，通常仅有几百kbps的速率。

(2) 计算能力有限：传感器节点受价格、体积和功耗的限制，其计算能力和存储能力有限，因而利用大量具有有限计算能力的传感器节点进行协作的分布式的信息处理是必然的选择。

(3) 强网络动态性和容错性：无线传感器网络中没有严格的控制中心，所有节点地位平等，可以随时加入或离开网络，任何节点的故障不会影响整个网络的运行，具有很强的抗毁性。网络的布设和展开无需依赖于任何固定的网络设施，节点开机后通过分层协议和分布式算法协调各自的行为，可以快速、自动地组成网络。

(4) 超大规模性：为了获得物理世界的精确信息，通常在被监测区域部署大量的传感器节点，传感器节点的数量可能达到成千上万，甚至更多，通过不同空间视角获得的信息具有更大的信噪比。传感器网络的超大规模包含两方面的含义：一方面是传感器节点分布在很大的地理区域范围内；另一方面是指节点部署很密集，并且存在大量的冗余节点，减少洞穴或者盲区，以期获得精确的监测效果。

普遍网络化孕育的无线传感器网络是一种新的信息获取和处理技术，在各种领域，它有着传统技术不可比拟的优势，同时也必将开辟出更多新颖而有价值的商业应用，研究无线传感器网络的意义重大而深远。目前，无线传感器网络已成为计算机科学技术的一个新的研究领域，引起了学术界和工业界的高度重视。但是由于无线传感器技术的成熟度和成本问题，阻碍了无线传感器网络的大规模发展及应用。目前，世界各国竞相加速新一代无线传感器网络的研究开发与产业化。而无线传感器作为物联网关键物件之一，在物联网的发展与应用过程中，传感器网络技术的提高与发展势必会对其产生巨大的推动作用。研

究和开发国产无线传感器网络技术, 具有非常大的经济效益和社会效益。

3 无线传感器网络在物联网发展中面临的机遇与挑战

目前, 无线传感器网络已经成为国内外的研究热点问题之一, 对于无线传感器网络的研究也取得了一些进展^[20-24], 但总体而言, 无线传感器网络的研究仍处于起步阶段, 距离实际需求还有很大差距, 还需要解决一系列问题:

(1) 无线传感器网络的能量、存储与通信资源等都非常有限, 而无线传感器网络需要利用有限的资源完成数据采集、处理、传输等各项任务。其中无线传感器网络能量优化是无线传感器网络设计的主要目标^[25-27], 这使得高效利用能量以最大化网络的生命周期成为无线传感器网络研究面临的首要挑战^[28-31]。

(2) 无线传感器网络节点需要通过其自组织功能自动地形成多跳无线网络系统, 并不断地进行资源优化整合, 降低能源消耗速度。因此无线传感器网络的动态特性要求其具有强大的自愈能力^[32]。

(3) 现有的无线传感器网络研究大多基于同构的无线传感器网络, 而异构互连能够提供更加灵活便捷的组网方式, 实现无线传感器网络的可扩展性, 及无线传感器网络产业的多样化、个性化, 是无线传感器网络产业化的关键。但是异构网络要求节点与节点之间、层与层之间相互协同合作, 所以实现异构网络的数据采集、系统集成是无线传感器网络面临的又一大挑战^[33-36]。

(4) 由于无线传感器网络所处环境瞬息万变, 不可预测, 加之无线传感器网络本身也受到环境的影响, 会有延迟、丢包等现象, 这就要求

无线传感器网络拓扑结构能够随着被检测环境的改变和系统性能要求自适应的变化。

(5) 如何使大量传感器节点与执行器节点协同工作^[37], 并去冗留真, 实现有效数据信息的融合, 以完成对数据的感知与对目标的控制也是传感器网络的关键技术之一。

(6) 开发物联网运营和传感设备接入中间件, 集成多种传感设备的接入方法、控制协议, 能快速无缝集成各种新型传感设备, 实现跨网络、硬件和OS平台的透明式应用与服务交互功能, 实现传感器节点的即插即用。

(7) 在物联网开发中, 急需为无线传感器网络提供的信息设定一个全面公平的性能分析指标, 使得系统运行更加科学、资源利用更加高效, 实现无线传感器网络性能的优化。

(8) 无线传感器网络的传感能力有限, 由于无线网络资源的限制, 尤其是网络带宽的限制, 使得无线传感器网络的传感能力受到严重制约, 这就要求要有完善的网络协议克服网络资源的局限。

(9) 在物联网的感知层, 不能仅仅依靠一种数据采集方式, 应该采用多元化的信息收集手段, 以得到更加立体的数据信息。这就要求无线传感器网络与其他数据采集方式相结合, 因此需要设计一个多元化的信息融合方法及调度方案, 得到精度更高的现场数据。

当然, 无线传感器网络在实际应用中会面临更多的问题^[38-42]、更大的挑战, 但这也促使无线传感器网络技术快速发展。物联网时代的到来带来了千载难逢的机遇, 而无线传感器技术作为物联网不可或缺的应用技术, 它的任何一项突破性研究, 必将促进物联网的发展, 推动各行业的广泛应用, 促进世界信息化的发展与建设。

4 结论

随着经济的发展,物联网应用会越来越商业化,会出现更多的技术问题等待人们去解决。而无线传感器网络作为物联网的神经末梢,是物联网的重要支撑性技术,受到众多学者的关注,这大大推动了我国的物联网建设。发展物联网不仅可以节约成本,提高整体经济效益,而且可以为产业的发展及整个国家经济的增长提供技术动力。为此,我国的科技工作者应携手共进,努力完善我国的物联网技术,实现人与自然的无缝沟通。

参考文献

- [1] Yang Q.,Wang Z.,Yue Y.,Summarize the technology of the things of Internet,2012 2nd International Conference on Consumer Electronics,Communications and Networks (CECNet),1357-1360.
- [2] Yokotani,Tetsuya,Application and technical issues on Internet of Things ,2012 10th International Conference on Optical Internet (COIN),67-68.
- [3] Hurlburt,G.F.; Voas,J.; Miller,K.W.,The Impact of Internet of Things (IoT) on Consumer Electronics,IT Professional ,2012,14(3),56-59.
- [4] Yuan,Y.,Relationship Between the Internet of Things and Consumer Electronics,IEEE Consumer Electronics Magazine,2012,1(2),23.
- [5] Tozlu,S.; Senel,M.; Wei Mao; Keshavarzian,A.,Wi-Fi enabled sensors for internet of things: A practical approach,IEEE 2012,50(6),134-143.
- [6] Gluhak,A.; Kreo,S.; Nati,M.; Pfisterer,D.; Mitton,N.; Razafindralambo,T.,A survey on facilities for experimental internet of things research ,IEEE Communications Magazine,2011 ,49(11),58-67.
- [7] 王福豹,史龙,任丰原,无线传感器网络中的自身定位系统和算法,软件学报,2005 16(05),857-868.
- [8] David Culle,Deborah Estrin,Mani Srivastava,Overview of Sensor Networks,IEEE Computer Society 2004,04,27-36.
- [9] 龚文华,徐振阳,无线传感反应网络综述,计算机科学,2005,32(9),5.
- [10] 崔莉,鞠海玲,苗勇,李天璞,刘巍,赵泽,无线传感器网络研究进展,计算机研究与发展,2005,42(1),163-174.
- [11] Han X.,Cao X.,Lloyd,E.L., Shen C.-C., Fault-Tolerant Relay Node Placement in Heterogeneous Wireless Sensor Networks, IEEE Transactions on Mobile Computing,2010 ,9(5), 643-656.
- [12] Chi-Tsun Cheng; Tse,C.K.; Lau,F.C.M.,A Delay-Aware Data Collection Network Structure for Wireless Sensor Networks,IEEE Sensors Journal,2011,11(3),699-710.
- [13] Akyildiz I,Su W,Sankarasubramaniam Y,et al. Survey on Sensor Networks. IEEE Communication Magazine,2002,40(8): 102-114.
- [14] 侯惠峰,刘湘变,胡捍英,无线传感器网络寿命的一种新定义方法,计算机工程与应用,2005,4.
- [15] 刘明,龚海刚,毛莺池,陈力军,谢立,高效节能的传感器网络数据收集和聚合协议,软件学报,2005,16(22),12.
- [16] 田乐,谢东亮,韩冰,张雷,程时瑞,无线传感器网络中瓶颈节点的研究,软件学报,2006,17(4),830-837.
- [17] 杨少军,史浩山,刘晨亮,面向应用的无线自组传感器网络研究,计算机工程与应用,2004,35.
- [18] 潘晏涛,无线传感器网络生存时间优化问题研究,国防科学技术大学,2006.
- [19] 李虹,无线传感器网络中节能相关若干关键,中国科学技术大学博士论文,2007.
- [20] Lee E.,Park S.,Yu F.,Kim S.-H.,Communication model and protocol based on multiple static sinks for supporting mobile users in wireless sensor networks,IEEE Transactions on Consumer Electronics,2012,56(3),1652-1660.
- [21] Raymond,D.R.; Marchany,R.C.; Brownfield,M.I.; Midkiff,S.F.,Effects of Denial-of-Sleep Attacks on Wireless Sensor Network MAC Protocols ,IEEE Transactions on Vehicular Technology,2009,58(1),367-380.
- [22] Zhao T.,Nehorai,A.,Distributed Sequential Bayesian Estimation of a Diffusive Source in Wireless Sensor Networks ,IEEE Transactions on Signal Processing,2007,55(4),1511-1524.
- [23] Sun B.,Osborne,L.,Xiao Y.,Guizani,S.,Intrusion detection techniques in mobile ad hoc and wireless sensor networks,IEEE Wireless Communications,2007,14(5),56-63.
- [24] Omeni,O.; Wong,A.; Burdett,A.J.; Toumazou,C.,Energy Efficient Medium Access Protocol for Wireless Medical Body Area Sensor Networks,IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems,2008,2(4),251-259.
- [25] Anastasi G.,Conti M.,Francesco M. D.,Passarella A.,Energy conservation in wireless sensor networks: A survey Ad Hoc Networks,2009,7(3),537-568.

- [26] Zhu J.,Hung K.,Bensaou B.,Farid N.-A.,Rate-lifetime tradeoff for reliable communication in wireless sensor networks,Computer Networks,2008,52(1),25-43.
- [27] Peng I-H.,Chen Y.-W.,Energy consumption bounds analysis and its applications for grid based wireless sensor networks Journal of Network and Computer Applications,In Press,Available online,2012.
- [28] Mo Y. L.,Garone E.,Casavola A.,and Sinopoli B.,Stochastic Sensor Scheduling for Energy Constrained Estimation in Multi-Hop Wireless Sensor Networks,IEEE Transactions on automatic control,2011,56(10),2489-2495.
- [29] Lin J. Y.,Xiao W. D.,Lewis F. L.,and Xie L. H.,Energy-Efficient Distributed Adaptive Multisensor Scheduling for Target Tracking in Wireless Sensor Networks,IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,2009,58(6),1886-1896.
- [30] Liang S.,Tang Y.,and Zhu Q.,Passive wake-up scheme for wireless sensor networks. In second international conference on innovative computing,information and control,2007,507.
- [31] Zhi Ang Eu,Hwee-Pink Tan,Winston K.G. Seah,Design and performance analysis of MAC schemes for Wireless Sensor Networks Powered by Ambient Energy Harvesting,Ad Hoc Networks,2011,9(3),300-323.
- [32] 郑扣根, 郑增威, 吴朝晖, 林怀忠, 可靠传感网聚类路由算法研究, 浙江大学学报, 2005, 4.
- [33] Chen S.,Huang M.,Tang S.,Wang Y.,Capacity of Data Collection in Arbitrary Wireless Sensor Networks,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems,2012,23(1),52-60.
- [34] Wang C.,Ma H.,He Y.,Xiong S.,Adaptive Approximate Data Collection for Wireless Sensor Networks,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems,2012,23(6),1004-1016.
- [35] Ozdemir S.,Xiao Y.,Secure data aggregation in wireless sensor networks: A comprehensive overview,Computer Networks,2009,53(12),2022-2037.
- [36] Lucas D.P. Mendes,Joel J.P.C. Rodrigues,A survey on cross-layer solutions for wireless sensor networks,Journal of Network and Computer Applications,2011,34(2),523-534.
- [37] Cheng Y.,Dharma P. Agrawal,An improved key distribution mechanism for large-scale hierarchical wireless sensor networks,Ad Hoc Networks,2007,5(1),35-48.
- [38] Ke W.-C.,Liu B.-H.,Tsai M.-J.,The critical-square-grid coverage problem in wireless sensor networks is NP-Complete,Computer Networks,2011,55(9),2209-2220.
- [39] Zhu W. T.,Zhou J.,Deng Robert H.,Bao F.,Detecting node replication attacks in wireless sensor networks: A survey,Journal of Network and Computer Applications,2012,35(3),1022-1034.
- [40] Ozlem Durmaz Incel,A survey on multi-channel communication in wireless sensor networks,Computer Networks,2011,55(13),3081-3099.
- [41] Ali Fanian,Mehdi Berenjkoub,Hossein Saidi,T. Aaron Gulliver,A high performance and intrinsically secure key establishment protocol for wireless sensor networks,Computer Networks,2011,55(8),1849-1863.
- [42] P.D. Hossein Zadeh,C. Schlegel,M.H. MacGregor,Distributed optimal dynamic base station positioning in wireless sensor networks,Computer Networks,2012,56(1),34-49.

作者简介

宋睿卓 北京科技大学博士后。2012年毕业于东北大学控制理论与控制工程专业，获博士学位。目前在北京科技大学从事博士后研究工作，主要研究兴趣为：优化控制、自适应动态规划、无线传感器网络、物联网。

肖文栋 北京科技大学教授，博士生导师。于1990年及1995年在东北大学数学系及自动控制系分别获得理学学士学位及工学博士学位。毕业后曾在东北大学、韩国浦项钢铁公司技术研究所、新加坡南洋理工大学及新加坡科技研究局资讯通信研究院工作多年。2011年9月受聘为北京科技大学自动化学院教授。肖文栋教授主要研究兴趣为协调信息与信号处理、定位与跟踪、信息驱动的网络协议及资源管理、跨层网络设计、无线传感器网络与物联网等，并已在这些方向进行了大量开创性的研究与开发工作。在国内外期刊及会议上已发表论文130余篇。

开拓物联网技术应用之路

——记煤炭、环保物联网技术在山西的应用

李 玮

环保部工业污染源监控工程技术中心 太原 030032

摘要：随着国家《物联网“十二五”发展规划》的出台，及各地对物联网新一代信息技术的逐步重视，物联网受到广泛关注，全国20余个省市出台了物联网技术产业发展规划方案，针对不同领域的应用技术展开科技攻关，山西省找到了物联网技术研发与本省经济结构特点的“交集”，开拓出一条较为成功的物联网技术应用之路。此文主要介绍物联网技术在煤炭、环保行业领域的应用情况。

关键词：煤炭，环保，物联网技术应用

自上世纪末，人们在研究RFID时提出“物联网”这一概念以来，物联网技术得到较快发展，被确定为新一代信息技术，包括我国在内的许多国家将之确立为战略性新兴产业。

从我国来看，2009年前后，当温家宝总理提出“感知中国”，继而将物联网发展写入政府工作报告时，物联网技术已经全国许多省市发展起来，比较突出的有上海、江苏无锡、山西太原、重庆等地，其中上海、无锡等地在技术研发领域集聚了较大的优势，而山西、重庆等地则很好地抓住所在区域经济物联网技术应用需求，在相关技术的应用方面开辟出一条成功之路，及一些值得借鉴的成功经验，现就山西省物联网技术应用情况作简单介绍：

2003年始，本为世界500强公司罗克韦尔高低压配电设备组装生产商的罗克佳华，开始涉入物联网技术领域，先后从国外引进多名该领域的专家型人才，致力物联网、云计算技术攻关与应用，几年间通过对多项国家级课题任务的承担，

积累了较强的技术能力。随后，在山西省地方政府的大力扶持下，他们用不足十年的时间，将技术成果推向应用实践，在煤炭、环保、物流、节能等国计民生领域中，寻求新技术与旧产业的最佳结合点，在提升传统产业发展水平做出了诸多有益的尝试。

1 以煤矿本质安全为己任，发展煤炭物联网技术

山西省市煤炭大省，如何加强煤矿安全生产管理，实现安全损失最低、经济效益最好是各级政府、煤矿企业长期面临的第一课题。

2003年以来，罗克佳华工业有限公司在省市政府及各主管部门的有力支持下，通过提供先进的顶层设计和解决方案及配套软硬件设施，将物联网技术的研发与应用同煤炭领域的优化发展有效结合，收到良好的效果。从先期的实践经验来看，物联网是解决煤炭等行业安全管理难题的有效途径。

1.1 煤炭物联网及主要技术

(1) 全面感知

感知层设备由大量感知环境、机电、人员等的传感器构成,例如风速、风量、温度、转速、振动、电压、电流、功率等传感器,甲烷、CO、CO₂、O₂、锚杆压力、钻孔应力、顶板离层环境等传感器,跑偏、堆煤、烟雾、皮带打滑等传感器,煤仓料位计、水位计等传感器以及摄像机、RFID人员定位等。这些传感器在矿区地面、井下构建了一个庞大的传感网络层。

(2) 实时传输

网络层设备主要有铺设在地面、井下的吉比特光环网及网络交换机设备、光电转换设备、路由器、防火墙、服务器等,以及用来实现无线覆盖的PHS网络或Wi-Fi网络,共同构建了覆盖整个矿区的数据网络。

(3) 综合应用

应用层是矿区综合信息化系统,包含矿区3D GIS系统、综合自动化系统、人员管理系统、视频监控系統、短信管理平台、矿区应急指挥系统、调度系统等。应用层软件提供各种通用的数据接口,在此之上,可以方便地将提升机监控系统、安全监控系统、矿井通信系统、应急救援通信系统、视频监控系統、井下调度无线通信系统、大巷运输系统、选煤厂计算机控制系统、主通风机监控系统、压风机监控系统、中央泵房监控系统、工业电视系统等进行无缝链接,最后经过工业以太网平台统一传输到应用层上进行统一的管理,真正实现矿井“采、掘、运、风、水、电、安全”等生产环节的信息化和自动化,从而优化煤炭生产和安全管理。

1.2 罗克佳华煤炭物联网技术应用

(1) 矿山自动化控制中心ACC

罗克佳华于2005年基于罗克韦尔技术,针对

煤矿管理各层面需求开发而成。该系统应用先进的现场总线device net将智能化器件进行工艺集成,来控制最终设备的自动化运行,达到现场控制、无人值守、少人维护的效果,实现了“最底层设备的智能化和数字化”。

矿山自动化控制中心ACC的优点是:

1) 利用传感设备在采煤、掘进、运输、通风、排供水、供电等方面全面监测各个设备的运行状况,一有运行异常情况马上预警。

2) 实现自动化控制,特别是在灾难控制方面,传统的瓦斯监控、灾害监控系统是采用单板机来实现单一控制,ACC则采用连锁控制,在灾害发生初期,可准确地判断灾害的性质,采用维持照明、排水,准确的将井下配电合理分配,快速切断采掘面生产电流,引导矿工及时离开灾害区域,同时自动切换风机进行反风,开启消防设备等措施排除灾害。

ACC产品现已在神华集团、平朔煤炭公司、潞安矿务局、阳煤集团等百余个矿井得到成功应用,在安全监管、自动控制、灾害预警、应急控制等方面取得了实实在在的效果,得到煤矿企业的一致好评。2005年7月31日,胡锦涛总书记视察罗克佳华时,对矿山自动化控制中心ACC给予重点关注和较高评价。

(2) CERP信息管理平台

2006年由罗克佳华牵头,通过创新地整合各种数据信息交换模块,为司马煤业打造了煤矿管理CERP信息管理平台,建立了符合煤炭企业实际的物联网管理体系,现正在行业推广。

以前,每个矿井下几十种主要设备和控制系统,都是独立存在,各行其道,数据不能共享,通过罗克佳华技术整合,使井下20多种子系统连接到一个平台。该系统主要把感应器嵌入或装配到矿井设备、输煤管道、矿工设备中,可以感知危险环境中工作人员、设备机器、周边环境等方面的安全状态信息,将现有的监管网络提升为系

统、开放、多元的综合网络监管平台，能够实现实时感知、准确辨识、快捷响应及有效控制。

此技术与传统矿井监管方法相比，有一个明显优势就是能够重点监控极易导致矿难发生的井下瓦斯、通风、水灾、塌方等关键部位，一旦井下安装的传感器感知捕捉到瓦斯含量、排风量、地下水出水量、顶板承受压力异常，能够迅速通过通信物联网传到后台处理系统。目前，司马公司矿井改造并接入平台的子系统有：人员定位系统、井下自动排水系统、通风机在线监测系统（可远程控制）、216矿压在线监测系统、工业电视系统等14种，整个项目基本覆盖了能实现自动监控的全部设备。比如，安装井下人员定位系统，也称人员探测系统，其方法是在每个下井员工帽子里或者身上可靠部位，藏有一个定位发射技术的产品，什么时候下井、在什么位置，通过发射器自动发射信息。万一井下出现危险，后台系统能在出现危险的一瞬间迅速找到方位，真正做到了井下人员监控无盲区，保证紧急情况下能顺利组织实施撤离、救援；还有安装井下无极绳绞车信号闭锁智能化安全管理系统，实现了在长距离巷道内运输时的区段控制能力；安装智能型柔性防跑车装置，能在坡度较大的巷道预防跑车事故发生；安装风门启闭气动远程控制装置、远距离启闭气动阻车装置，能保障员工的作业安全，为企业安全高效生产提供了坚实的技术支撑和保障。

（3）煤矿全矿井安全生产数字化监测监控及重大灾害预警系统

2008年罗克佳华在前期煤矿安全管理、物联网技术应用整合的基础上，承担了国家科技支撑计划——煤矿全矿井安全生产数字化监测监控及重大灾害预警系统的研究任务。

在采集相关的地测、水文、瓦斯、通风、顶板压力、排水等数据的基础上，解决与就地的监测分站或现场总线式网络传感器的通讯连接和统

一通讯协议，建立千兆工业以太网将信息上传到地面数据中心处理站，进行数据的存储、分析；通过数据仓库（Data Warehouse）、数据挖掘（Data Mining）和数据集市等数据分析技术，设计开发预测软件系统，帮助明确预测目标和进行问题的识别，建立或修改预测模型，通过一系列人机对话过程，交互式的进行分析、比较和判断，从而达到预测预警的目的。

目前，该技术已在平朔等煤矿企业进行了产研结合的综合实验，从实验结果看，通过项目实施，不仅培养造就出一批年轻的科研、开发队伍，而且有效地控制了井下作业的环境条件，同时为安全生产带来有效的保障，重大灾害发生的机率下降7%。

作为国家发改委产业升级项目的承担单位，国家煤矿安全标准化委员会成员之一，罗克佳华致力于开发集安全、生产、节能、环保为一体的智能矿山，参与制定审定国家煤矿标准，几年来，利用煤炭物联网技术的应用，保证了山西、陕西、黑龙江等省区400余座矿井5000万吨出煤任务的“零伤亡”生产。

2 从环保行业监控入手，强化环保物联网技术应用

山西省是全国重点污染地区，自2003年罗克佳华落足山西以来，面向环保领域的物联网应用为发展方向，申请承建了“国家环境保护工业污染源监控工程技术中心”，从而逐渐形成环保物联网应用的技术研发、设计、工程、运营、政府监管于一体的集中式示范区和推广区，以更好地完善和提高环保物联网的技术水平，为环境管理提供先进的技术手段。

2.1 罗克佳华环保物联网技术组成

（1）环保监控系统

罗克佳华凭借领先的物联网技术，成功实施多个省级污染源自动监控系统的建设和运营。荣获国际建设环境友好型社会成果金奖、国家环保科技进步奖。

(2) 排污权交易系统

罗克佳华开发的排污权交易系统，现场总量监测仪和总量刷卡仪首次将排污权实时计量，为准确核定排污量奠定了真实的计量基础，为实施排污权交易提供技术保障。

(3) 生态监测系统

应用物联网技术，建立地面与遥感协同感知生境观测系统、远程传输系统、生态保护和灾变识别诊断系统三位一体的生态监测系统。

(4) 环保示范工程及运营

罗克佳华引进国内外先进脱硫、脱硝、污水处理、生态修复技术并结合物联网优势技术，提供全面环保工程、运营解决方案。

脱硫、脱硝精确控制管理系统

污水处理精确控制运营系统

智能生态修复工程

专业运营资质和运营团队

(5) 环境数据应用

结合物联网技术，罗克佳华整合环境影响评价、生态环境规划、生态修复工程、清洁生产审核、碳排放等多领域数据，为区域、城市、建筑等提供环境咨询服务。

(6) 企业节能

将企业高耗能设备监控、动力管理中心及变频系统、工艺优化系统、经济运行信息分析系统优化整合，建立企业节能运营服务体系，达到“安全、生产、环保、节能”四效合一。

(7) 建筑节能

应用“节能魔方”技术，将恒压供水、管网监测、水量监测、冷热源自动控制、变频调节、电力监控、动力管理中心、风机监控等优化整

合，建立物联网节能运营服务体系。

(8) 节能监管

为节能管理部门建立物联网监测监控体系，对各行业、各领域高耗能企业、高耗能建筑进行实时监控、全面联网、评估评价、远程执法。不仅对能耗超标行为进行监管，同时对高能耗单位提供节能技术服务。

2.2 环保物联网技术应用成果

目前，在罗克佳华物联网技术的促动下，山西省环保事业建立起了全国范围最大、效果最好的物联网技术应用基础优势，建立了全国最大的污染源自动监控系统，成立了省环保监控中心及11个地市监控中心，连接排污单位1000余家，感知点超过6000个，实现了全面联网，实时监控，效果显著，引领全国环保物联网技术应用的发展。

特别是在监控、监测方面，已联网上千家重点污染源，废气、废水监控点1609个、视频监控点位173个、治理工况监控点近1237个、超标警告和控制点位2071个；空气、地表水水质、辐射等环境质量监测点达到273个；首次建成了排污权交易管理平台，同时在部分大型煤矿开展了生态环境监测试点。

此外，在罗克佳华的牵头下山西省物联网技术应用领域不断拓宽，在地下管网监控、数字城市、智能物流等方面亦有较大突破，为物联网技术更高层次的应用奠定了坚实的基础。

3 通过建设物联网产业园区，开辟物联网技术应用之路

2012年，罗克佳华承建了山西省物联网产业园区，旨在使山西省物联网、云计算技术应用落地，实现产业集群化发展，以物联网技术的综合解决方案和服务能力，为国计民生各传统行业领

域、工作方式和运行模式带来根本性改变。

园区建成后，将对我省我市经济社会发展产生巨大的推动作用和社会效应，对所服务的煤矿、环保、节能、物流领域，通过信息化物联网技术，极大提升行业管理水平和自动化水平，降本增效，为事关国计民生的领域提供物联网技术。

总之，进入新世纪，物联网技术得到了较快发展，全国各省市均在抢占新一轮竞争的制高

点，纷纷提出各种技术概念，但不容忽视的是在技术应用方面难以形成较大突破，山西省在煤炭、环保物联网技术研发与产业化应用方面的良好结合，为各地提供了一个足资参考的示范，在物联网、云计算等新技术产业拓展初期，各地应着力为其提供良好的产业应用发展环境，积极开拓新技术应用之路，使其真正成为带动区域经济发展的强力引擎。

作者简介

李玮 国家特聘专家，中组部“千人计划”成员，环保部工业污染源监控工程技术中心主任。

1994年毕业于华中理工大学，后赴美国留学工作多年，从事物联网技术的研究和开发，2003年，回国后在太原国家高新区创办罗克佳华电子工业园。作为国家高科技学术课题的带头人，承担国家科技支撑计划项目、国家科技攻关项目、国家火炬计划项目等7项国家级科技专项，获国际国内发明专利11项，实用新型专利16项和外观设计专利3项，软件产品登记证书11项，计算机软件著作权登记证书17项，国家科技支撑计划专项“全矿井数字化安全生产监测监控及重大灾害预警系统的研究”课题负责人，国家发改委科技进步和产业升级专项“矿井自动化控制中心ACC”课题负责人，国家科技部火炬计划专项“区域性供电暨智能电网技术研究”课题负责人，环保领域污染源自动监控系统发明人，获得国家环境保护科学技术奖，国际建设环境友好型社会成果金奖。



制造物联技术发展概况

谭 杰, 王敏丽

中国科学院自动化研究所 RFID研究中心 北京 100190

摘要: 本文介绍了制造物联主要内容及技术架构,总结了实现制造物联的主要技术难点,包括建立制造物联标准体系、传感器集成、物物互感技术、工业感知技术、工业无线网络、多源数据处理、信息整合与业务集成、云制造服务提供技术等。并介绍了当前我国关于制造物联的探索和实践。

关键词: 制造物联, 物物互联, 工业感知, 多源数据处理

改革开放三十年来,我国制造业已得到长足发展,规模上已成为全球第二制造大国,“中国制造”享誉全球。但是,面对产业结果调整和分工趋势越来越明显,全球化、精益化协同化、服务化、绿色化和智能化发展趋势越来越强的制造业发展格局,我国制造业发展呈现出明显的不足,一是自主创新能力弱,产业附加值低,产业结构不合理,结构性失衡严重,转型升级任务艰巨;二是制造业大而不强,全球资源配置资源能力弱,没有形成大中型企业协同发展的生态化产业链条;三是制造业能源消耗大、利用率低,绿色低碳发展压力大。我国制造业正面临着全球竞争、绿色低碳、转型升级的巨大挑战,急需转型升级,提高产业的整体竞争能力。而制造物联技术作为现代制造业信息化发展趋势,可以大幅提高制造效率和产品质量,建立企业创新运作模式和业务流程、降低产品成本和资源消耗,为用户提供更加透明化和个性化的服务,促进制造业向智能化、精益化、服务化发展。

1 什么是制造物联

近年来,随着传感器、信息技术、移动计算、传感网络、射频识别(RFID)、微电子等技术的迅猛发展,物联网(The Internet of Things, IoT)应用而生,其目标是通过传感器、射频识别技术、全球定位系统等技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程,实现物与物、物与人的泛在链接,达到对物品和过程的智能化感知、识别与管理。随着物联网概念在制造领域的渗透,新的制造模式与理念不断涌现,制造物联概念应运而生。

制造物联就是将网络、嵌入式、RFID、传感器、M2M等物联网技术与制造技术相融合,实现对产品设计、制造与服务过程中制造资源与信息资源的动态感知、智能处理与优化控制的一种新型的制造模式和信息服务模式。制造物联下理念下建立的制造模式可以突破制造系统在信息获取、控制、人机交互和管理方面的集成度差、协

同能力弱的局限，并通过分布在制造环境下的感知设备（RFID、传感器等）之间的协同提高制造系统的性能。是推动制造业精益化、智能化、服务化发展的有效手段。

2 制造物联的主要内容

2.1 制造物联的主要内容框架

制造物联的内容框架包括制造物联过程的物理资源物物互联与互感，在此基础上实现从生产订单下达、产品完成乃至后续产品服务的制造产品全生命周期过程的主动感知和过程优化，并能通过多源信息的整合实现制造物联技术与企业原有系统的无缝集成，以实现高效能智能制造、供应链协同管理以及产品全生命周期管理。技术框架如图1所示。

物物互联层：物物互联层主要是针对要采集的多源数据，面向制造资源、产品资源、物流资源、维修维护资源等各类物理资源配置各类传感器、RFID电子标签、读写器以及无线网络等终端设备，为产品生产、管理、物流、服务、维护等

业务过程中的物理资源实现互联互通提供物理基础，确保制造过程多种信息的实时、准确和可靠的获取。

感知层：感知层主要从对异构的多种传感器群及RFID读写器集群管理的角度出发，在异构传感器群管理器、传感器数据获取功能封装服务、数据获取服务调用等技术的支持下，为各类终端感知设备在异构通讯网络环境下主动的感知和传输各类制造资源的实时制造活动提供数据。

信息整合层：信息整合层是对源自异构传感器上多源、分散的现场数据转化为可被制造物联过程决策利用的标准制造信息提供服务，通过对多源数据关系定义、建立信息整合规则、增值处理实现多源数据在制造执行环境中的增值，最终整合并转换为可直接为制造物联执行过程监控与优化服务的标准信息（如标准制造信息ISA95/B2MML 标准）^[1]。另外还可以通过云制造服务规则封装云资源的虚拟化封装，进而发布到云制造服务中心。

应用层：应用层主要面向企业的具体用户需求，利用生产、物流、售后维修、回收、应用等现场的多源实时信息，实现物联制造执行过程的

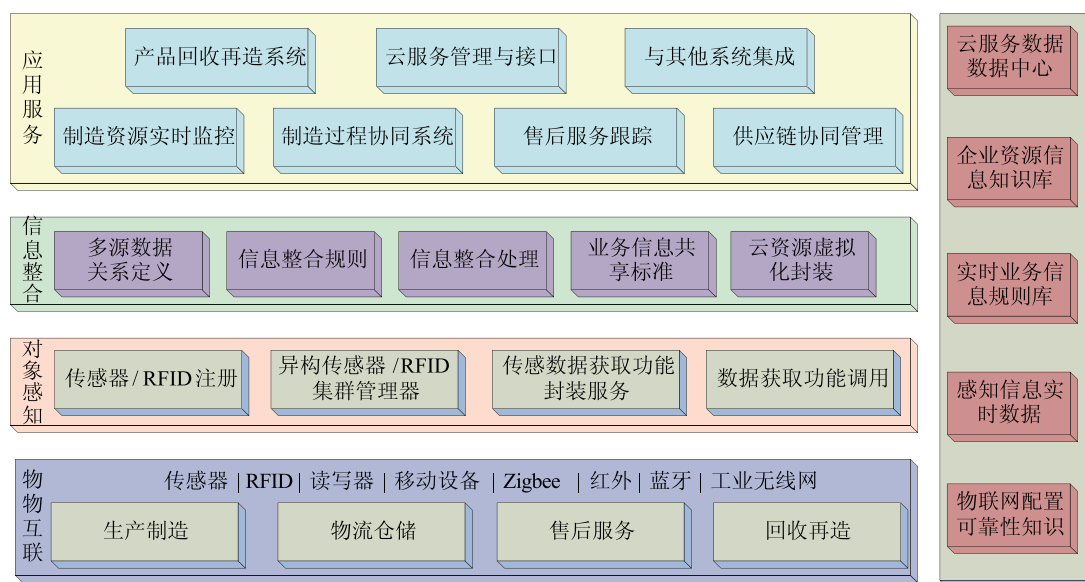


图1 制造物联技术框架

信息透明、过程实时感知和动态优化管理,包括提供制造资源实时监控服务、生产任务动态调度服务、制造过程监控/协同服务、产品物流运输监控、产品售后维修维护服务、产品回收再制造、云制造服务管理及接口,以及与其他系统集成服务等。

数据服务中心:数据服务中心主要从数据、信息和知识的层面为制造物联执行系统的运行提供随用随到的信息服务,包括用于制造物联执行系统整合与决策的各类知识和规则库、用以记录各类传感器及RFID的配置和注册信息的基础数据库、用以记录实时数据的实时数据库、记录云制造资源的资源数据库。

2.2 制造物联实现的主要技术基础

制造物联主要基于现场信息采集技术、嵌入式技术、工业现场通讯与控制技术、网络技术等主要技术来实现。其中信息采集技术包括传感器技术、RFID技术等;工业现场通讯与控制包括总线技术、OPC标准规范等。

用于工业中的传感器类型包括环境传感器、设备传感器、工具传感器和工件传感器,用以采集对象的具体性状变化如温湿度、压力等连续的参数信息。RFID标签是对象的身份标识,RFID读写装置可以采集对象的具有时间轴属性的空间信息。传感器技术与RFID技术集成应用,可以得到完整的得到采集对象的身份、时间、地点以及发生事件,为制造物联的实现提供了全方位的信息基础。

现场总线技术是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支的通信网络。自控系统的调试以及现场检测设备的运行状况的监视管理,为制造物联提供了必须的基础条件。OPC规范用以解决不同的客户应用程序与不同的数据源包括现场设备及软件数据库之间的接口问

题,使的控制系统、现场设备与工厂管理应用程序之间具有更大的互操作性。

3 实现制造物联需要的主要技术难点

3.1 制造物联标准体系

制造物联技术与应用体系庞大,在技术层面,涵盖感知、传输、处理等方面的信息编码、数据标准、协议、接口规范和系统平台规范等;在应用层面,覆盖设计、制造、销售、服务及回收处理环节,面临生产商、物流商、代理商、零售商、最终使用用户等多个商业实体和角色多样、场景复杂、业务需求多样。因此,必须制订相关系列术语、数据编码、接口规范等通用技术标准以及面向行业的应用实施指南与规范等。

3.2 适应制造业复杂环境的RFID标签和传感器集成应用技术

制造车间复杂的环境如高温、粉尘、振动、严重冲击、电磁等因素及物料、设备的全金属属性都会对RFID读写器的读写效果带来影响,读写“空洞”现象比较明显,需要根据生产工艺的特点进行电子标签的封装、粘贴技术和工艺,以保证RFID标签信息在整个制造过程应用中的信息完整性和可靠性;此外,支撑制造物联还需要解决通用传感器与标签的集成问题,也仍然是RFID领域正在突破的研究方向。

3.3 适用于制造业复杂环境的工业无线网络

工业无线网络用以解决工厂环境下遍布的各种大型器械、金属管道等对无线信号的反射、散射造成的多径效应,以及马达、器械运转时产生

电磁噪声对无线通信的干扰,提供能够满足工业应用需求的高可靠、实时无线通信服务,包括动态自行组网和最大可能的消除盲点的特性的异构多跳网络等。使企业可以实现复杂车间、物流中、等环境中动态制造信息的可靠传输,可以以较低的投资和使用成本实现对工业全流程的“物联网感知”,获取在传统工业中由于成本原因无法在线监测的重要工业过程参数,并以此为基础实施优化控制。

3.4 制造物联过程物物互感技术

制造物联过程中各种物理资源具有感知交互能力也就是M2M的感知能力,是制造物联执行系统的重要特征。通过为不同物理资源(如人、设备、物料、工具、环境等)配备相应的固定或移动感知设备,并对这些集成了感知设备的资源进行建模,从而使得各种物理资源具有一定的逻辑行为能力,能主动感知其周围制造环境的变化,同时也能基于传感网反映该资源的实时运行状态和环境变化数据。根据配备的传感设备功能的不同,每种物理资源可具有感知能力或者被感知能力。智能的制造物联物理资源需要能够按照预定义的工作流模型实现自身的事务逻辑,以及与其他物理资源之间进行交互与协同工作,感知和分析制造环境中可能的或确定的动态条件^[1]。

3.5 制造物联执行过程工业感知技术

工业信息主动感知是制造物联执行系统主动地获取制造、维护、回收/再制造等执行过程动态信息的重要方式,实现框架需要建立多层次事件数据模型和主动感知模型。多层次事件体系包括原始事件和关键事件,原始事件即传感器捕获的事件,关键事件是指由原始事件或者复杂事件经过一定的规则运算而合成的一类新的有意义的事件。关键事件采用一定的操作符如时序操作符、

逻辑关系操作符、层次关系操作符或运算操作符等来进行与原始事件关系的描述。主动感知模型是基于事件驱动架构的方式对制造过程、仓储物流过程、维护维修过程、回收处理过程中的各种事件进行主动感知,每当检测到新事件的发生则通过该原始事件与关键事件的数据模型,进行一定的操作符运算获得相应的制造物联过程现况^[1]。

3.6 制造物联过程的多源数据处理方法

制造物联技术的应用将使得信息获取与处理的深度、广度和数量级大幅提高,表现出海量性、实时性、多样性和所蕴含的知识性特征,因此基于多样、异构传感器群和相应的传感网络实现对多源制造数据的实时感知、协同共享、信息汇聚与整合、有效处理和挖掘来自底层的海量、异构、多源感知信息,以实现制造资源状态的主动感知,为企业实现智能化、精益化管控提供决策依据。

3.7 制造物联技术与已有业务系统的信息整合与业务集成

由传感器网络、RFID系统、嵌入式以及工业测控等技术将渗透和覆盖到产品设计、制造、运行监控与故障诊断、维护/检修/大修、回收/再制造等核心业务环节,如何以方便快捷、低成本的技术手段,解决制造物联技术与制造企业已有DCS/MES/ERP/SCM/MRO/PLM系统间信息整合与业务集成问题,实现监测、管理、控制与决策一体化,是制造物联实施的技术关键点。

3.8 云制造服务提供技术

企业作为云制造中的资源提供者,通过对产品全生命周期过程的制造资源和制造能力进行感知,虚拟化接入,以服务的方式提供给第三方运营平台。将接入到云中的制造资源汇聚成虚拟制

造资源,并通过云制造服务定义工具、虚拟化工具等,将虚拟制造资源封装成云服务,从而发布到云层中的云制造服务中。主要包括的技术有云端接入技术、云端服务定义、虚拟化、云端服务发布管理、资源质量管理、资源提供商定价与结算管理、资源分割管理等^[2]。

4 制造物联领域的探索及实践

目前,世界各国将发展物联网提升为重要的国家战略,国外已有很多工业企业结合自身特点,开始部署和应用物联网相关技术与系统,主要集中在制造业供应链与物流管理、生产过程控制与管理、产品设备监控、环保监测及能源管理、工业安全生产管理、产品售后服务等环节。ABB、艾默生、西门子等一批国际著名制造商,已大力开展基于物联网技术的工业级产品与监控设备研发,与之相关的软件与技术服务市场也正在发展壮大。

我国非常重视物联网的研究建设与产业发展,物联网被正式列为我国新兴战略性新兴产业之一,写入“政府工作报告”。国家科技部《“十二五”制造业信息化科技工程规划》中也明确制定了制造业应用物联网技术的发展规划。规划中明确指出了云制造技术、制造服务生命周期技术、制造物联技术的攻关以及其平台建设为我国制造业信息化建设的关键任务,并支持了多个领域的应用。科技部2012年启动了“制造物联共性技术研发与应用”项目,开展制造物联共性技术的攻关,重点在航空航天、汽车、轨道交通、工程机械、食品安全、农业机械、模具、特种装备等多个行业开展制造物联共性关键技术的开发与示范应用,围绕产品制造过程和全生命周期,将RFID技术、传感器技术、嵌入式系统,与ERP、MES、MRO、PLM等系统进行集成应用。

5 结语

制造物联作为物联网与制造技术有机融合,催生了新型的生产制造模式,为制造业信息化赋予了新的内涵,可以有效地促进制造过程从生产型向服务型等高端制造方向发展,为实现制造过程的精益化、智能化、服务化和绿色化提供了一种新的环境支撑技术。制造物联的实践尚处于初始阶段,有一系列技术难点需要解决,同时也衍生出了多种新的技术创新方向和信息技术在制造业中应用模式。

参考文献

- [1] 张映峰,赵曦滨,孙树栋,王军强,司书宾,“一种基于物联技术的制造执行系统实现方法与关键技术研究”[J].计算机集成制造系统,已录用未公布。
- [2] “十二五”制造业信息化科技工程规划,国家科学技术部,2012.4
- [2] Mikell P.Groover 自动化、生产系统与计算机集成制造,北京:清华大学出版社,2009,6.
- [3] 刘云浩,物联网导论,北京:科学出版社,2010,12.
- [4] 柴天佑,郑秉霖,胡毅,黄肖玲,“制造执行系统的研究现状和发展趋势”[J].控制工程,2005,12.
- [5] 李浩,纪杨建,祁国宁等,“制造与服务融合的内涵、理论与关键技术体系”[J].计算机集成制造,2010,16(11):2521-2529.
- [6] 杨叔子,吴波,胡春华,程涛,“网络化制造与企业集成”[J].中国机械工程,2000,11(1-2):45-48.
- [7] ZHANG Y.F., Qu T., HO O. et al. Agent-based Smart Gateway for RFID-enabled Real-Time Wireless Manufacturing [J]. International Journal of Production Research, 2011, 49 (5): 1337 - 1352.
- [8] ZHANG Y.F., HUANG G.Q., QU T. et al. Agent-based Smart Objects Management System for Ubiquitous Manufacturing [J]. International Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2011, 27 (3): 538-549.
- [9] MESA. Execution2driven manufacturing management for competitive advantage [M]. Pittsburgh: MESA International White Paper Number 5, 1997.
- [10] RAO RQ, LI PG, LI SX et al. A Review of the Development of Manufacturing Execution Systems – MES [J].Mechanical Science and Technology, 2002, 21 (6) : 1011-1016. (in Chinese)

- [11] CHAI TY, ZHENG BL, HU Y, HUANG XL. Current Research Situation and Development of Manufacturing Execution Systems [J], Control Engineering of China, 2005, 12 (6): 505-510 (in Chinese)
- [4] WANG JQ, SUN SD, HAN GC, et al. Integrated workshop manufacturing BOM management system based on component [J], Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 12 (4) : 609-615 (in Chinese).
- [12] LIU XB, MENG QN, MA Y, et al. Realization of manufacturing execution system based on software component [J], Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003, 9 (11): 1012-1017 (in Chinese).
- [13] ZHOU H, LIU M, WU C. Research on Agent based reconfigurable manufacturing execution systems [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2005, 11 (6): 776-780 (in Chinese). [周华, 刘民, 吴澄. 基于代理的可重构制造执行系统研究[J], 计算机集成制造系统, 2005, 11 (6): 776-780.
- [14] WANG QF, LIU F, HUANG H. Service-oriented reconfigurable manufacturing execution system for discrete workshop [J], Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(4): 737-743 (in Chinese). [王琦峰, 刘飞, 黄海龙. 面向服务的离散车间可重构制造执行系统研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14 (4): 737-743.
- [15] HUANG Y, ZHENG L, XIANG Q, WEI KQ. Manufacturing execution system architecture supporting cross-grain reconfiguration [J], Computer Integrated Manufacturing Systems, 2011, 17 (4): 747-758. (in Chinese). [黄毅, 郑力, 向晴, 危凯权. 支持跨粒度重构的制造执行系统体系结构[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17 (4): 747-758.
- [16] ZANG CZ, FAN, YS. Complex Event Processing of Real-time Enterprises Based on Smart Items [J], Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43 (2): 22-32 (in Chinese) [藏传真, 范玉顺. 基于智能物件的实时企业复杂事件处理机制[J], 机械工程学报, 2007, 43 (2): 22-32.] [J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13 (10): 1886-1890.
- [17] LIU JH, DING XF, YUAN D, et al. Computer aided assembly process control & management system for complex product [J], Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16 (8): 1622-1633. (in Chinese). [刘检华, 丁向峰, 袁丁等. 复杂产品计算机辅助装配过程控制与管理系统[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16 (8): 1622-1633.
- [18] CHENG ZL, FAN YQ. Design of component-based flexible MES in metallurgical industry [J], Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13 (3): 490-496. (in Chinese). [程志伦, 范玉青. 钢铁企业基于组件的柔性制造执行系统设计[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13 (3): 490-496.
- [19] WANG HY, ZHANG QL, CHEN YH. Manufacturing execution system and its application in petrochemical enterprise [J], Computers and applied chemistry, 2010, 27 (1): 113-116. (in Chinese). [王化雨, 张泉灵, 陈亚华. 石化企业制造执行系统及应用[J], 2010, 27 (1): 113-116.
- [20] Michael Chui, Markus Löffler, and Roger Roberts. The Internet of Things [J], McKinsey Quarterly, 2010, (2): 1-9. [27] ZHANG Y.F., Qu T., HO O. et al. Agent-based Smart Gateway for RFID-enabled Real-Time Wireless Manufacturing [J], International Journal of Production Research, 2011, 49 (5): 1337 - 1352.
- [21] ZHANG Y.F., HUANG G.Q., QU T. et al. Agent-based Smart Objects Management System for Ubiquitous Manufacturing [J], International Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2011, 27 (3): 538-549.
- [22] 景熠, 王旭, 李文川. 基于RFID的变速器装配线质量追溯系统研究[J], 现代科学仪器 2011, 5, 63-67.
- [23] 谭杰, 蒋邵岗, 王启刚. 制造业中的RFID应用模式研究实例[J], 控制工程, 2008, 15, 151-154.
- [24] ZHANG Y.F., Qu T., HO O. et al. Agent-based Smart Gateway for RFID-enabled Real-Time Wireless Manufacturing [J], International Journal of Production Research, 2011, 49 (5): 1337 - 1352.

作者简介

谭杰 男, 现任中国科学院自动化研究所RFID研究中心主任、研究员, 主要研究方向: 物联网与射频识别技术与应用, 制造过程优化、实时智能等, 先后承担和参加国家“十五”、“十一五”、“十二五”先进制造领域863计划、科技支撑计划, 国家自然科学基金重点等项目近10项目。

王敏丽 女, 中国科学院自动化研究所RFID研究中心, 工程师, 主要研究方向为物联网与射频识别技术应用、智能物流, 骨干参加国家“十五”、“十一五”、“十二五”先进制造领域863计划、科技支撑计划等5个项目。

水下传感器网络节点布置研究

夏娜¹, 杜华争¹, 徐朝农², ZHENG Rong³

1. 合肥工业大学 计算机与信息学院 合肥 230009

2. 中国石油大学 计算机科学与技术系 北京 102249

3. 休斯顿大学 计算机学院 德州 美国 77204

摘要: 水下传感器网络可用于海洋资源勘测、污染监测和辅助导航等领域, 已成为物联网领域的研究热点。在开放式复杂的水下环境中如何布置传感器节点, 以达到高的网络覆盖度和连通性, 以及对目标(事件)的覆盖, 从而达到最优的监测质量是一个关键问题。该文从不同角度对现有的水下传感器节点布置方法进行了分类、比较和分析, 同时描述了相应的性能评价指标体系, 并结合一种典型算法的实验结果, 呈现了该领域的研究内容和特点。最后指出了未来深入开展研究的难点和方向。

关键词: 水下传感器网络, 节点布置, 覆盖度, 连通性, 事件, 水流场

1 引言

海洋是人类维持生存和社会可持续发展的重要资源, 开发利用海洋的热潮正在全球兴起。近几年我国开始加强科技进步对海洋经济发展的带动作用, 加快海洋科技创新体系的建设, 着力海洋资源勘测与利用关键技术的研究开发。

水下传感器网络(Underwater sensor networks, UWSNs)是由具有声学通信与计算能力的传感器节点构成的水下监测网络系统。由于可以广泛应用于海洋资源勘测、污染监测、辅助导航和战术监视等领域, UWSNs已引起了各国政府和研究机构的关注, 已成为当前研究热点之一。近年来, 水下传感器网络的研究已主要涉及

水下通信技术、布置和组网、路由协议和定位跟踪等方面, 其中水下传感器节点的布置(Sensor deployment/placement)不仅决定了传感器网络的监测质量, 而且也是组网、协议设计以及各种应用的基础, 因此具有重要的研究意义。

水下传感器节点布置与陆地传感器节点布置相比具有特殊性: 水下环境复杂多变, 监测目标动态性强, 传感器节点相对稀疏, 且可移动性好(借助洋流或搭载AUV^[1]等), 因此传感器节点如何根据环境和目标的动态变化自主调整部署位置, 以达到并维持网络的覆盖度、连通性, 以及对目标的覆盖, 保证最优的监测质量是急需解决的关键问题。

注: 资助项目: 国家自然科学基金(61100211), 中国博士后科学基金(20110490084), 美国国家科学基金(NSF/CNS-0832089)

2 水下传感器网络节点布置方法

2.1 按节点布置的空间分类

水下传感器节点布置按空间不同,可分为:海底(Sea-bottom)、海面(Sea-surface)、海洋(Sea-column)传感器节点布置。

(1) 海底传感器节点布置。节点被锚定在海底构成二维(2D)监测网络。此类方法通常将监测区域划分成三角或正方形网格,在网格顶点布置节点,研究目标是使用最少的节点实现对监测区域的覆盖。这些方法的着眼点和研究手段与陆地传感器节点布置类似,没有体现出水下传感器网络的特征。由于水下环境的特殊性,大部分应用需要传感器节点收集水下三维空间中信息,因此海底布置在这些应用中不能满足需求。

(2) 海面传感器节点布置。节点(Gateway, data collector)被布置在海面,收集水下传感器节点采集的数据。通常将海面节点的布置建模为优化问题,采用整数线性规划(Integer Linear Programming, ILP)方法、贪婪算法以及几何辅助等算法优化节点的位置,达到减少节点数量、通信时延,延长网络生存时间的目的,此类研究仍属于二维传感器节点的布置。

(3) 海洋传感器节点布置。节点被布置在水下三维(3D)空间中,以达到对监测区域的立体感知。2006年, D. Pompili等首次对水下传感器节点的三维布置展开研究,提出了Bottom-Grid算法,即在海底三角网格节点布置的基础上,通过调节节点的深度,形成三维节点布置方案,达到对水下立体区域的监测效果。此类节点布置的研究已成为该领域的热点,同时也是难点。

2.2 按节点布置的目标分类

现有的水下传感器节点布置方法可分为两

类:

(1) 均匀覆盖需求(Uniform coverage requirement)的节点布置方法,即将传感器节点均匀地布置在水下监测区域,在保证网络连通性的前提下,达到尽可能高的网络覆盖度。2009年, K. Akkaya等在D. Pompili工作的基础上提出Self-deployment算法,通过持续调整节点深度,进一步减少了邻居节点之间的重复覆盖,提高了对监测区域的覆盖度。文献[21-23]基于均匀覆盖需求的水下传感器节点布置,在网络出现覆盖漏洞或通信盲区时,通过加入新节点或移动冗余节点,以提高网络对监测区域的覆盖度,维持网络的连通性,增强水下传感器网络的鲁棒性。

(2) 非均匀覆盖需求(Non-uniform coverage requirement)的节点布置方法,即根据监测目标分布密度的不同非均匀地布置节点。2007年, N. Aitsaadi等在封闭式湖泊水质监测应用中,针对监测区域内污染物质的分布特性,提出了Differentiated deployment algorithm (DDA)算法,采用网状线表示法,非均匀地布置节点,实现对监测区域的差异覆盖。该方法为集中式算法,且只适用于静态监测环境和目标;2008年, C. Koutsougeras等采用Self Organizing Maps (SOM)方法,通过事件对节点的吸引作用,使节点趋向于事件密度高的区域,达到对事件的有效覆盖;2010年, E. F. Golen等通过求解极小极大博弈矩阵,估计水下各子区域事件发生的概率,并据此计算各子区域需要分配的节点数。该方法未涉及具体的节点布置方案,且为集中式算法,复杂度高,难以实现。

在第二类方法中,明确提出了“事件”(监测目标)的概念,节点布置的目标不再是均匀覆盖监测区域,而是覆盖事件,并且节点分布密度与事件分布密度尽可能达到一致,即所谓非均匀布置节点,此类节点布置方法更加实际高

效,同时也符合水下传感器网络稀疏性的特点。2012年文献[27]着重研究了事件驱动的水下传感器节点布置问题,提出一种鱼群启发的水下传感器节点布置算法(Fish swarm inspired sensor deployment, FSSD),通过模拟鱼群行为,并结合拥挤度控制,使节点自主趋向并覆盖事件,同时实现节点分布密度与事件分布密度相匹配,达到优化的监测质量,但算法的研究并未考虑网络连通性问题。

2.3 节点布置的实现方式

(1) 集中式节点布置。现有方法大多数为集中式优化方法,难以通过节点分布式实现,且主要针对确定的水下环境或确定的事件布置节点。

(2) 分布式节点布置。水下传感器网络节点布置问题除了具有明显的三维属性,还具有动态特性。由于洋流等外界因素会造成传感器网络结构发生变化或破坏,同时洋流等也会造成事件动态变化,因此这就要求传感器节点具有一定的智能,可以自主调整部署位置(自主移动),重构网络,以维持网络的覆盖度、连通性,以及对事件的覆盖,从而保证网络的监测质量。FSSD算法就是一种分布式可实现的节点自组织布置算法,适用于开放式水下环境以及不确定事件布置节点,自适应地保障网络监测质量。

3 性能评价指标体系

3.1 覆盖度和连通性

对于均匀覆盖需求的节点布置,其目标是在保证网络连通性的前提下,达到尽可能高的网络覆盖度,因此覆盖度连通性是节点布置的主要评价指标。

水下传感器网络可以用无向图 $G=(S, E)$ 表

示,如图1所示。在 G 中,所有顶点的集合即为传感器节点集 $G=\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$;如果节点 s_i 和 s_j 可直接通信,即它们之间的欧式距离小于通信半径,则它们之间存在一条边,用 $e_j=(s_i, s_j)$ 表示; E 为网络中所有边的集合。

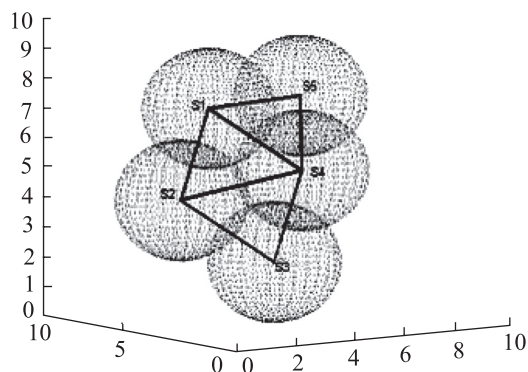


图1 无向图G

定义1 (覆盖度) 对于水下传感器网络 $G=(S, E)$,所有节点(顶点)所覆盖区域的并集称为网络 G 的覆盖度。

定义2 (连通) 对于水下传感器网络 $G=(S, E)$,若任意两个节点 s_i 和 s_j 之间至少存在一条连接路径,称该网络连通。

定义3 (k 连通) 若网络连通,且节点间连接路径数的最小值为($k_i \geq 1$),则称该网络为 k 连通。

可见,均匀覆盖需求的节点布置问题就是在水下监测区域内布置传感器节点,使网络的覆盖度尽可能大,同时使网络为 k 连通,且 k 尽可能大。该问题是在网络覆盖度和连通性两个性能指标间寻找最优平衡点。

3.2 事件集的覆盖效能

对于非均匀覆盖需求的节点布置,其目标是根据事件分布密度的不同非均匀地布置节点,因此“事件集的覆盖效能”是节点布置的主要评价指标。

在水下监测区域中, 用户感兴趣的动态目标 e 称为事件, 事件集 $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ 。若事件 e_i 在传感器节点 s_j 的感知范围内, 则称节点 s_j 覆盖事件 e_i 。

定义4 (事件的覆盖度) 事件 e_i 的覆盖度定义为覆盖它的传感器节点数。

定义5 (事件集的覆盖熵) 它定量描述事件集中所有事件的覆盖度的均衡性, 表示为 $H=(E)$, 其最大值为 $\log m$ 。

定义6 (事件集的覆盖效能) 它定义为:

$$\eta(E) = \alpha \frac{H(E)}{\log m} + \beta \frac{\hat{n}}{n}.$$

其中, $\alpha, \beta \in [0, 1]$, 且 $\alpha + \beta = 1$, $\hat{n}$ 为覆盖事件的节点总数, n 为传感器节点总数。

可见, 非均匀覆盖需求的节点布置问题就是在水下监测区域内布置传感器节点, 使尽可能多的节点覆盖事件, 同时使所有事件的覆盖度趋于均衡, 即节点分布密度与事件分布密度相匹配。

4 典型算法实验结果

以下内容文献[27]中FSSD算法的动态仿真实验结果。在 $200 \times 200 \times 200$ 的海洋监测区域内进行的动态仿真实验。基于Matlab平台, 采用文献[28]中的水流移动模型构造水下动态环境。40个事件线型不均匀撒布, 布置6个传感器节点。

图2~5示出了在算法运行过程中四个时刻的事件和节点分布。可见, 在初始时刻 t_1 , 6个传感器节点随机布置在监测区域; 到了 t_2 时刻, 传感器节点分别自主移动, 逐渐趋向并覆盖了事件, 且节点分布密度与事件分布密度达到了匹配(图3); 在水流的冲击下, 事件逐渐迁移, 事件集整体呈现弯曲和发散, 而传感器节点自适应地调整自身位置, 维持了对事件的优化覆盖(图4,5)。图6给出了在整个过程中事件集覆盖效能的变化, 可见当节点布置达到稳定后, $\eta(E)$ 的值维持在0.8~0.9范围内, 保证了较高的监测质量。

5 总结

本文针对水下传感器网络节点布置这一热点课题展开讨论, 从不同的角度对现有的方法进行了分类、比较和分析, 同时描述了相应的节点布置性能评价指标体系, 并结合一种典型算法的实

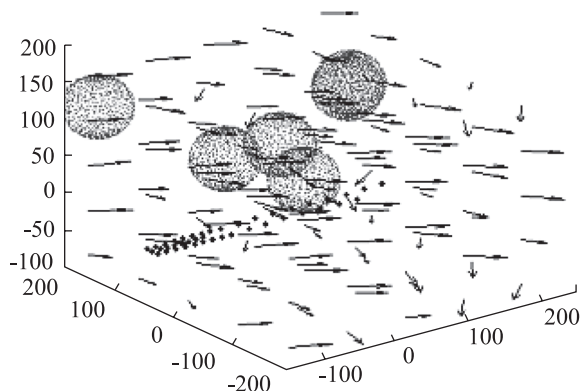


图2 t_1 时刻事件和节点的分布

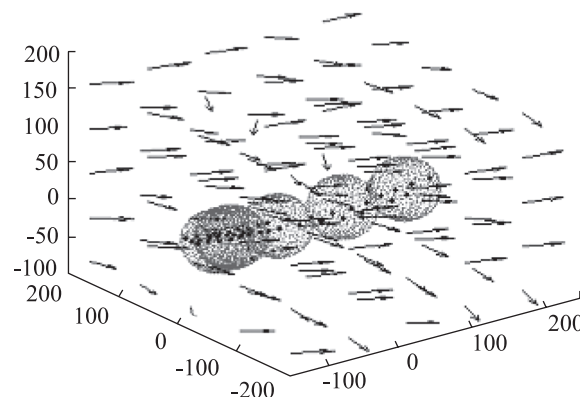


图3 t_2 时刻事件和节点的分布

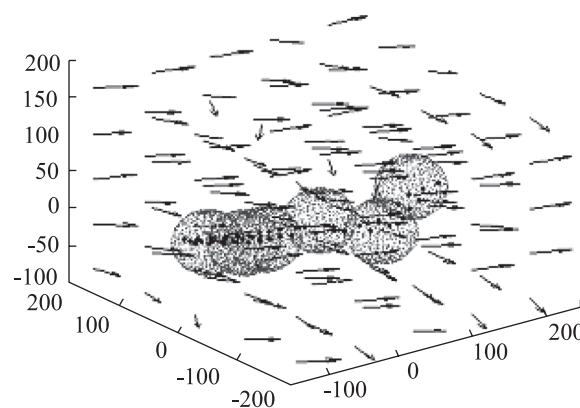


图4 t_3 时刻事件和节点的分布

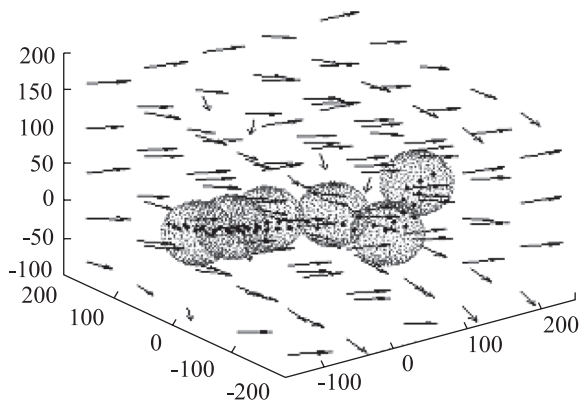


图5 t4时刻事件和节点的分布

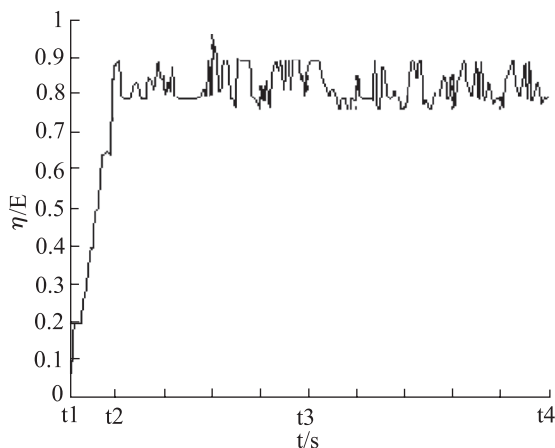


图6 事件集覆盖效能的变化

验结果呈现了该领域的研究内容和特点。目前，水下三维非均匀覆盖需求的分布式节点布置已经成为研究重点。未来研究工作的难点在于：

(1) 算法设计在追求事件集覆盖效能的同时，如何保障网络的连通性，以避免信息孤岛的现象；

(2) 水流和漩涡等因素不仅对事件，而且对节点的移动产生影响，因此传感器节点移动策略的设计，如何充分利用水流进行移动，从而达到节能的效果；

(3) 仿真实验如何引入水流等外界因素，从而构造逼真的水下环境。可以考虑在仿真软件（OMNet++）中开发多种典型的三维水流场模型接口，从而为水下传感器节点布置算法的验证提供平台；

(4) 实际测试的实施。设计可自主移动的水下传感器节点对硬件设计提出了较高的要求。集成有高性能调制解调器、压载释放水系统、推进器和舵的节点将成为水下传感器网络测试床的重要组成部分。

参考文献

- [1] Akyildiz I F, and Pompili D. Underwater Acoustic Sensor Networks: Research Challenges[J]. Elsevier Journal of Ad Hoc Networks, 2005, 3(3): 257-279.
- [2] Munir M F, Xu H, Filali F. Underwater Acoustic Sensor Networking Using Passive Phase Conjugation[C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, Beijing, China, 2008, 2426-2430.
- [3] 郭忠文, 罗汉江, 洪锋等. 水下无线传感器网络的研究进展[J]. 计算机研究与发展, 2010, 47(3): 377-389.
- Guo Zhong-wen, Luo Han-jiang, Hong Feng, et al. Current Progress and Research Issues in Underwater Sensor Networks[J]. Journal of Computer Research and Development, 2010, 47(3): 377-389.
- [4] Berger C R, Zhou S L, Willett P, et al. Stratification Effect Compensation for Improved Underwater Acoustic Ranging[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2008, 56(8): 3779-3783.
- [5] King P, Venkatesan R, Li C. An Improved Communications Model for Underwater Sensor Networks[C]. Proceedings of the IEEE GLOBECOM 2008, New Orleans, LA, USA, 2008, 1-6.
- [6] Pompili D, Melodia T, Akyildiz I F. Deployment Analysis in Underwater Acoustic Wireless Sensor Networks[C]. Proceedings of the ACM International Workshop on Underwater Networks 2006. Los Angeles, California, USA, 2006, 48-55.
- [7] Pompili D, Melodia T, Akyildiz I F. Three-dimensional and Two-dimensional Deployment Analysis for Underwater Acoustic Sensor Networks[J]. Elsevier Journal of Ad Hoc Networks, 2009, 7(4): 778-790.
- [8] Pompili D, Melodia T, Akyildiz I F. Distributed Routing Algorithms for Underwater Acoustic Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2010, 9(9): 2934-2944.
- [9] Lee U C, Wang P, Noh Y T, et al. Pressure Routing for Underwater Sensor Networks[C]. Proceedings of the IEEE INFOCOM 2010, USA, 2010, 1-9.

- [10] Tan X, Li J. Cooperative Positioning in Underwater Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2010, 58(11): 5860-5871.
- [11] Teymorian A Y, Cheng W, Ma L, et al. 3D Underwater Sensor Network Localization[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009, 8(12): 1610-1621.
- [12] Cheng W, Teymorian A Y, Ma L, et al. Underwater Localization in Sparse 3D Acoustic Sensor Networks[C]. IEEE INFOCOM 2008, Phoenix, AZ, USA, 2008, 236-240.
- [13] 黄艳, 梁韦华, 于海斌. 一种高效覆盖的水下传感器网络部署策略[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(5): 1035-1039.
- Huang Yan, Liang Wei-hua, Yu Hai-bin. A Deployment Strategy for Effective Coverage in Underwater Sensor Networks[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2009, 31(5): 1035-1039.
- [14] Ibrahim S, Cui J H, Ammar R. Surface-Level Gateway Deployment for Underwater Sensor Networks[C]. Proceedings of the Military Communications Conference, Orlando, Florida, USA, 2007, 1-7.
- [15] Ibrahim S, Cui J H, Ammar R. Efficient Surface Gateway Deployment for Underwater Sensor Networks[C]. Proceedings of the IEEE Symposium on Computers and Communications, Marrakech, Morocco, 2008, 1177-1182.
- [16] Ibrahim S, Ammar R, Cui J H. Geometry-assisted Gateway Deployment for Underwater Sensor networks[C]. Proceedings of the IEEE Symposium on Computers and Communications, Sousse, Tunisia, 2009, 932-937.
- [17] Ibrahim S, Ammar R, Cui J H. Surface Gateway Placement Strategy for Maximizing Underwater Sensor Network Lifetime[C]. Proceedings of the IEEE Symposium on Computers and Communications, Riccione, Italy, 2010, 342-346.
- [18] Alsali W, Akl S, Hassanein H. Placement of Multiple Mobile Data Collectors in Underwater Acoustic Sensor Networks[C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, Beijing, China, 2008, 2113-2118.
- [19] Alsali W, Hassanein H, and Akl S. Delay Constrained Placement of Mobile Data Collectors in Underwater Acoustic Sensor Networks[C]. Proceedings of the Local Computer Networks, Zurich, Switzerland, 2008, 91-97.
- [20] Akkaya K, Newell A. Self-deployment of Sensors for Maximized Coverage in Underwater Acoustic Sensor Networks[J]. Elsevier Journal of Computer Communications, 2009, 32(7): 1233-1244.
- [21] Liu B, Ren F Y, Lin C, et al. The Redeployment Issue in Underwater Sensor Networks[C]. Proceedings of the IEEE GLOBECOM 2008, New Orleans, LA, USA, 2008, 5117-5122.
- [22] Domingo M C. Optimal Placement of Wireless Nodes in Underwater Wireless Sensor Networks with Shadow Zones[C]. Proceedings of the Wireless Days, Barcelona, Spain, 2009, 1-6.
- [23] Zeng B, Zhong D H, Yao L. Research of Underwater Mobile Sensor Network Algorithm Based on Water Flow[J]. Application Research of Computers. 2010, 27(10): 3926-3928.
- [24] Aitsaadi N, Achirt N, Boussett K, et al. Differentiated Underwater Sensor Network Deployment[C]. Proceedings of the IEEE OCEANS, Aberdeen, Scotland, UK, 2007, 1-6.
- [25] Koutsougeras C, Liu Y, Zheng R. Event-driven Sensor Deployment Using Self Organizing Maps[J]. International Journal of Sensor Networks, 2008, 3(3): 43-52.
- [26] Golen E F, Mishra S, Shenoy N. An Underwater Sensor Allocation Scheme for a Range Dependent Environment[J]. Computer Networks, 2010, 54: 404-415.
- [27] 夏娜, 王长生, Zheng Rong, 蒋建国. 鱼群启发的水下传感器节点布置[J]. 自动化学报, 2012, 38(2): 295-302.
- [28] Caruso A, Paparella F, Vieira L F M, et al. The Meandering Current Mobility Model and its Impact on Underwater Mobile Sensor Networks[C]. Proceedings of the INFOCOM 2008, Phoenix, AZ, USA, 2008, 771-779.

作者简介

夏娜 男, 1979年生, 合肥工业大学计算机与信息学院, 教授, 硕士生导师, 博士。主要研究方向为无线传感器网络、导航信息处理、计算智能及应用等。

杜华争 女, 1986年生, 合肥工业大学博士研究生, 主要研究方向为水下传感器网络、计算智能及应用、射频电路设计。

徐朝农 男, 1977年生, 中国石油大学计算机科学与技术系, 副教授, 硕士生导师, 博士。主要研究方向为自组织无线网络、嵌入式系统。

ZHENG Rong 女, 1975年生, 休斯顿大学计算机学院, 副教授, 博士生导师, 博士。主要研究领域为网络监测和诊断、序列学习和决策理论。

智能社区：一个物联网应用

撰文：Xu Li等

翻译：徐延才（中科院自动化所复杂系统管理与控制国家重点实验室）

摘要：在本文中，我们引入了一个物联网应用，智能社区，它是指一类典型的具有合作对象（如网络化智能住宅）的信息物理融合系统。然后我们定义了智能社区架构，并描述了如何在个人家庭构建安全可靠的网络。基于一些支持技术并在相关挑战基础上，我们呈现了两个智能社区应用，邻里监督和普遍医疗保健；并预想了一些智能社区增值服务。

1 简介

物联网（IoT）是一个新兴的概念，指网络化的日常工作对象通过它们身上附着的无线传感器互相连接。而智能住宅是一个吸引人的物联网应用；它推动了未来家居环境发展，其中嵌入式传感器和执行器（如在消费电子产品和系统）都是自配置的，可以通过网络远程控制，以实现各种各样的监视和控制应用。这些设备可以感知和记录用户活动，预测他们的未来行为，并且能够根据用户偏好或者需求预先准备好一切事情，给他（她）最便捷，舒适，高效和安全的用户体验。人们已经付出了大量的研究努力来发展各式的智能住宅系统^[1]；商业化（如www.smarthome.com, www.smarthomesystems.com）也已经实现。这些研究及开发活动关注于个人家庭住宅。

我们力求推动智能住宅概念的进一步发展，并将介绍智能社区的概念。智能社区是一个多次转发的智能住宅网络，各智能住宅之间通过无线

频率互联，其频率遵循无线通信标准，如WiFi（IEEE 802.11）和第三代（3G）移动电话。这可以看作是一个信息物理融合系统，在系统内，住宅几乎是具有个体需求的多功能传感器，从不同角度持续地监视着社区环境；必要时，系统会自动或者人为控制地输入物理反馈以改善社区安全、家庭安全、医疗质量和应急反应能力。后文将会阐释智能社区的实现需要的复杂支持技术，而且有许多相关技术挑战需要解决。伴随着不断推进的无线通信和无处不在的传感技术，我们预测未来智能社区将会激增。

2 智能社区架构

智能社区是一个由坐落于当地地理区域内的网络化智能住宅组成的虚拟环境。它的形成基于与参与房主在当地地理、地形和分区特性的相关协议基础之上。例如，被环绕住宅应该参与环绕它的住宅组成的社区而不是自成一体；孤立的

(如在主要街道旁)住宅不应该属于同一社区。在构架下,一个小的智能社区包括三个领域:住宅领域、社区领域和服务领域,如图1所示。

A. 住宅领域

在这个领域,一个家庭网络是由许多的家庭自动化系统(如医疗保健系统和安全系统)组成的,以连续实时地监控居民、住宅环境和附近社区环境(如房子旁边的街道部分)。这些系统把他们的监控报告用单点转发或者多点转发的信息传递方式汇报给住宅内的家庭网关。信息传递方式可以通过电力线通信技术如HomePlug(www.homeplug.org),无线通信技术如蓝牙,电话线通信技术如HomePNA(www.homepna.org)或者其他技术比如需要专用传输线的以太网。而这个网关

就是住宅与外部世界的通信接口。它能够智能地处理与管理汇集的监控数据,提供有效地路径将其通过无线网络转发给其他住宅或者社区领域的远程社区中心,并且能够和服务领域的呼叫中心立刻取得联系,得到其响应。

B. 社区领域

智能社区架构的核心是社区领域,而一个互联的社区网络是由住宅网关(代表他们的托管住宅)组成,以协作和分布式的方式监控社区的环境问题,并且在各住宅间进行信息分发。一个可靠防干扰的无线设备,即社区中心,放置于网络环境中用于数据的存储与处理。它由先进的传感器技术守卫并且受到防御层的保护;未经授权的访问将会触发警报,通知社区居民及管理机构。

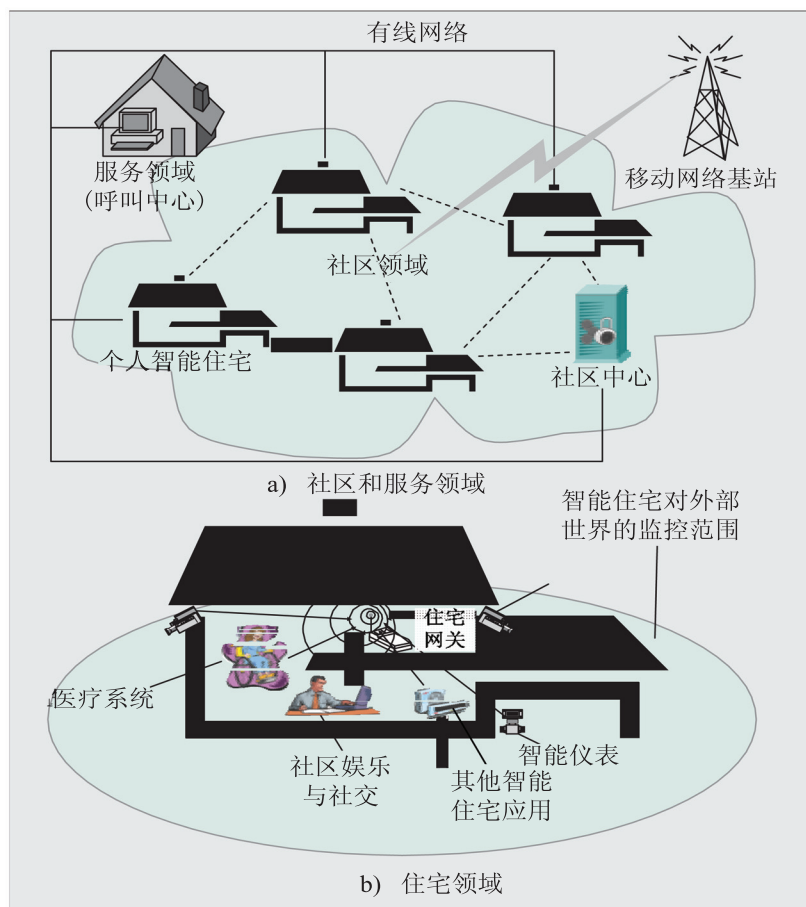


图1 智能社区架构

住宅网关和社区中心以多次转发的方式使用无线WiFi互相连接。如果出现通信失败,3G移动网络可以用于桥接个人住宅和社区中心。存储于社区中心的数据可以是私人的、敏感的和机密的。对于家庭隐私,它们会有选择性地接受访问,并且只给授权的需求各方。远程访问可以不被允许,这可以让社区居民集体决定。

C. 服务领域

这个领域的关键部分是一个呼叫中心,它是一个通信和计算设备,由可信的组织如当地的警察部门承接管理。通过一个可靠的通信通道如公共电话系统或电视电缆系统,呼叫中心连接到个人住宅(相应的住宅网关)并且把它们分配给适当的管理者或者服务提供商,从而接收来自社区领域的服务调度。它也连接到社区中心,因此能够为与市政事务比如选举、投票或公共事业管理,如会计和账单,相关的各种各样的智能社区应用提供增值的数据汇集服务。而且很有可能,这个服务领域会由彼此临近的多个社区共享。

3 安全可靠的社区网络

在智能社区架构中,住宅领域注重内部的住宅网络,内容涉及如何在一个小的智能住宅环境中实现智能电器、住宅自动化系统、安全系统和其他应用程序的内部互联。这个问题在文献[1]中已经得到了广泛的研究。这里我们专注于由智能社区定义提出在社区领域的新的内部住宅(社区)网络问题。为了简化后文陈述,我们使用术语节点、住宅网关和智能住宅(住宅)进行相应的替换。

请注意,社区网络是一个典型的无线随意网络。我们已经在介质访问控制(MAC)层中考虑了WiFi技术。TCP^[2]在传输层是一个自然而然的选择,因为它提供了可靠的拥塞控制,而且已经

在大多数应用中成为业界标准。根据文献[3],由于隐藏终端和暴露的终端问题,纯WiFi协议在无线随意网络中不能与TCP很好地共同工作。人们已经做出努力以改善协议性能^[4],而且进一步建议实行带宽管理以确保满意的服务质量^[5]。尽管有相当多的研究已经涵盖了MAC层和传输层的问题,我们仍然研究了网络层的路由问题(即在住宅间选择网络流量的多次转发路径)。

虽然在大型或富含流动性网络上关于分布式无线随意路由^[6]已经有了一些重要的研究工作,我们仍然注意到了社区网络的规模有限性和静态特性。在这样的一个网络中,根据全局的网络拓扑视图预先加载每个住宅网关是现实可行的。因此,路由可以从源头上以一种集中直接的方式实现。尽管如此,由于无线通信媒介的开放性和不可靠特性,要确保安全可靠的数据通信不是一件简单的事情。

A. 安全性与可靠性要求

这里有五项基本的安全性要求:数据保密性、完整性、真实性、不可抵赖性和访问控制。在智能社区的网络信息必须加以保护以满足前四个要求。最后一个要求可以根据网络信息类型有选择性地满足。社区网络信息可归为私人的或公共的。这两种类型的网络信息内容都受到保护以免被社区外的人员所读取。私人信息,如个人的健康信息,是基于个人的家庭利益着想的。其内容不能披露给其他的社区居民。公共信息,如安全警告,是为了整个社区的集体利益。因此,它是对所有的社区成员开放的。

一些基本的安全机制可能就足以确保社区网络的数据信息安全。例如,非对称密钥可以由提供社区服务的服务供应商,分配给每个住宅网关。它们被用来进行身份验证和数据通信的协商对称会话密钥,而且它们可以定时更新。由于每个住宅网关通常都是一个像无线接入点似的功

能强大的设备，在数据通信中可以应用加密技术以满足上述的安全性要求。当代表各个成员角色时，一个家庭似乎具有社会需求。如果一个敌对观察者发现一个住宅经常与另一个特定的住宅通信时，即使通信内容被加密，他也极有可能基于通信目的住宅社会角色的公共信息准确地猜测出信息源住宅的通信目的。

为了解决对这种家庭隐私的担忧，源住宅可以在数据通信路径中故意包含一些可以信赖的住宅，作为中继节点。论文^[7]中认为这些可信节点可以使用二次加密算法重新随机化收到的密文。这种算法并不会影响目标的解码能力，但却能禁止观察者通过简单的比较数据包把输入和输出数据流之间联系起来。此外，他们还可以通过混合技术切断输入与输出数据流之间的关联。如果 n 个输入数据包随机映射到 n 个输出，对手正确猜中输入输出地对应关系的概率仅为 $1/n$ 。

在社区内没有值得信赖的住宅情况下，源住宅可以利用经典的分层加密技术来建立一个到达目标的匿名路由。这个想法是沿着路由给每一个转发节点分配一个会话密钥，并在各层中加密每一个数据包，使这些密钥符合路由中转发节点的顺序。中间节点由源节点在路由建立阶段给予随机转发的会话密钥。它们每收到一个数据包就解密一层，然后转发这个数据包给在通信范围内的

所有节点，当然也包括下一个转发节点。目标地解码最后加密层以获得原始的数据包。这样，家庭隐私可以得到保护，因为没有中间节点知道来源与目标，甚至其他的中间节点。

一个住宅网关如果未能转发信息或者传送了错误的信息，那么它就被认为是不可靠的。在社区网络中存在不可靠网关会增加通信延迟，造成带宽浪费、数据丢失和通信失败。住宅网关不可靠的原因是多方面的：易出错的无线媒介、软件故障和硬件缺陷。网络攻击也会导致住宅网关的不可靠。对手可以利用非法信息强势地淹没通信频率以占领无线通信信道，阻塞合法的通信。这可能会危害一些住宅网关，访问存储在它们上的所有的密钥，然后控制它们往社区或/和服务中心散布错误数据，降低了传播数据的真实性并且造成上层的错误决策。人们期待在存在不可靠的住宅网关的情况下能进行可靠的通信。

B. 安全性与可靠性改进技术

住宅——社区中心数据通信流程图如图2所示。块过滤和不可靠节点检测，以及3G网络的应用是提高安全性与可靠性的主要技术。下面我们介绍了最新的技术解决方案。可以在^[8,9]中回顾其他的解决方案。

过滤错误网络流量——由于个人数据固有的

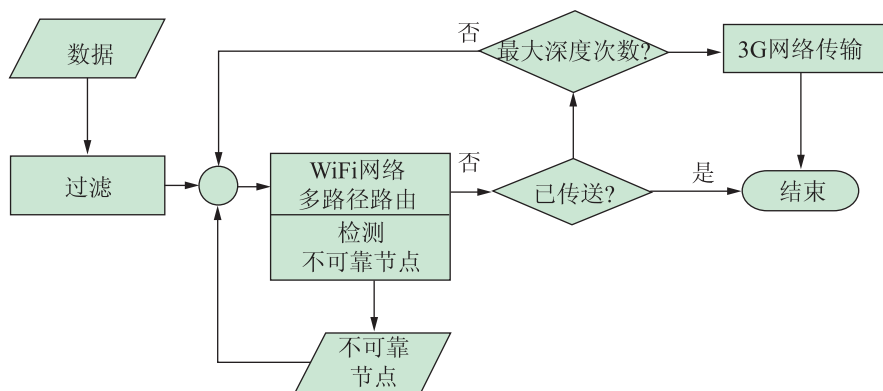


图2 智能社区通信流程图

非公开特性，在社区内无法检测错误的个人数据。只有当涉及到人为干预和/或授权方的交叉验证引发的响应时，检测才可行。今后，我们专注于如何筛选错误公共数据。公共数据关乎整个社区的利益。它们在社区中心接受融合与处理。通过检查数据的一致性，社区中心能够检测出错误的公共数据并且清除使其不予考虑。

更具体地说，根据数据类型和其他的相关属性，如位置和时间，社区中心要求整个社区提供相关的数据（如果它们不是本地可用），并计算已验证数据之间的距离和收到回复的中心。如果计算距离超出了阈值，这通常作为系统的输入给定，则目标数据是错误的。然而这种中心化技术允许错误数据在社区中传播，浪费了中继节点宝贵的带宽；另外还会把所有的验证负担放在社区中心，从而使它容易受到拒绝服务（DoS）攻击。早期的检测和过滤是非常需要的。

Lu等人^[8]在最近提出了一个合作认证计划，以防止错误数据在网络中的传播。在这个方案中，源节点 S 通知第 k 个转发邻居节点 N_s^k 数据 X 被转发以及要使用的完整路由路径 P 。 N_s^k 中的每个节点使用一个基于椭圆曲线加密（ECC）的非交互式密钥的创建方法来计算在路径 P 中所有节点的共享密钥。如果与 X 匹配，它会使用这些密钥为中间节点生成消息身份验证代码（MACs），否则的话任意。源 S 从 N_s^k 中收集MACs并把它们与 X 一起沿着路径 P 一起传送。 P 中的每一个节点产生与 N_s^k 相似的共享密钥然后验证与它匹配的接收到的MACs。它会根据验证结果和一个当地选定的表决阈值 L 决定是否转播。

避免不可靠的住宅网关——确定不可靠住宅网关是非常重要的，这样在路由规划时就可以避免使用它们而且房主可以快速地重新配置/维修。由于数据的完整性是通过加密技术实现的，这归结起来就是经典的丢包攻击（黑/灰洞）的

检测问题。可以采用一个最近提出的侧通道监控（SCM）技术^[9]以最小的成本解决这一问题。

SCM是一个本地化的方案，不需要任何额外的可靠设备（因此没有额外的经济投资）。其原理是沿着路由路径为每个节点选择一撮邻居，作为观察者监视其消息转发行为并向源节点汇报观察到的不当行为。反馈路径是一个通往源节点的直接主通信通道；观察者节点也构成了通向源节点的侧通道。这两个通道都用于不当行为的汇报。基于攻击者串谋以及这两个通道拓扑结构未连接时，不当行为报告极有可能无法成功传递，从而导致检测失败。我们已经证明SCM具有很高的检测率。

当一个节点检测到一个不可靠的住宅网关之后，它会将此汇报给社区中心。每个节点都倾向于使用最可靠的住宅网关，而避免用到经常检测到不可靠的网关。由于检测得不到保证，为了进一步缓和不可靠的住宅网关并提高数据传送成功率，可以使用多路径路由。社区中心收集每个住宅网关的不当行为报告。当报告的数量超过一个特定阈值时，它会通过其他方式如一个自动电话呼叫通知相应的房主。房主有责任调查和快速修复相应问题并把维护结果汇报给社区中心，社区中心随后会通知整个社区，这样其他住宅网关可以重新利用此网关路由。

当不可靠网关大量出现的时候，网络可能被分割使用而且多路径路由可能会失败。为了确保在这种极端情况下智能社区的功能，源节点可以从基于WiFi的社区网络切换到比较可靠的和无处不在的3G移动网络进行数据通信。由于3G网络通常不是免费的资源，业主可以决定是否使用以及在何种情况下使用。除此之外，这种切换不能一蹴而就，必须在重新尝试使用好多次社区网络之后。

4 智能社区应用

智能社区平台可以支持多种应用。我们阐述了两大应用，邻里监督和普遍医疗，以提高社区安全、家庭安全、医疗质量和应急反应能力。我们还简要介绍了几种增值服务，包括智能计量公共事业管理和便捷娱乐性的社交网络。

A. 邻里监督

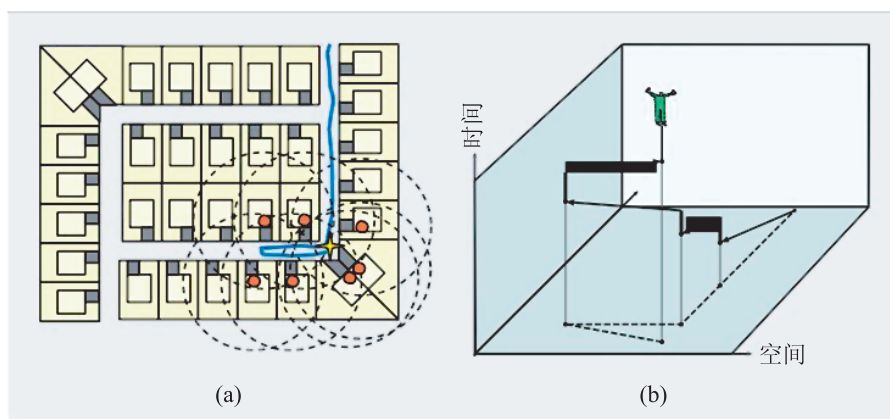
邻里监督在北美是一个传统项目。类似的系统在欧洲也存在。它们通常作为一个社区协会的功能来实现，该协会包含一群社区内致力于预防犯罪和破坏行为的居民。当可疑的活动发生时，协会成员通知官方机构而不是进行干预。由于无效性、疲劳、注意力分散和有限的洞察力，人类主宰的社区监督是不一致的和效果有限的。智能社区环境提供了一个完美的平台来实现无人值守和普遍的连续不间断的邻里监督，节省了人力资源并提高了效率和有效性。

个人住宅都配备了监控摄像机。这些摄像机持续地监控它们相应住宅的环境，不仅包含家庭的院子还包含附近的公路/街道部分。因此，住宅可以抽象为在有限感应范围内具有计算能力的传感器，因此社区网络是一个覆盖社区地理区域的无线传感器网络。住宅间合作和分布地检测可疑事件，并决定检测到的事件是不是安全威胁；必要时，他们会在事件的干扰范围内告知其他的社区成员和/或联系呼叫中心。与此同时，他们会把这个事件汇报给社区中心，在这里所有的事件汇报都会被收集和分析。基于统计方法，社区中心确定所收到的事件报告（数据）的关联性。如果它们共同表示了一个对整个社区的威胁，社区中心会对社区内的所有网关发送警报同事联系呼叫中心。呼叫中心调度接到的服务电话给有关当局，这样可以采取/提供适当的行动或者反馈。我

们想表明，邻里监督的监控对象是发生在公共空间内的事件。发生的其他涉及私有财产的事件由个人住宅安全系统处理。

火灾、地震等事件可能是简单的和静态的（或变化缓慢的），但可以直接从传感器读数中识别确定。事件也可能是复杂的和运动的，如早上一辆校车穿过社区或午夜一辆未知车辆在社区徘徊。这些运动的事件具有时间和空间的属性。尽管检测可疑的静态事件可能很容易，但检测可疑的动态事件要求复杂的检测技巧。为了确定动态事件是否可疑并实时做出决策，我们需要追踪这个事件。设想一个事件，通常也称作目标，作为一个动态系统它的状态描述了目标的位置（可能也有速度）以及随时间的不断演化。跟踪可以成为从一个（状态）测量历史获得目标状态估计的途径。根据目标的数量，存在单目标跟踪和多目标跟踪。一般来说，目标跟踪不论是单目标还是多目标，都可以由连续贝叶斯过滤^[10]实现。要跟踪的目标越多，状态空间和观察空间就越复杂，因此也就需要更强大的计算能力。由于在噪声、杂波以及潜在丢失检测的情况下观察者和目标之间存在未知的联系，多目标跟踪是相对困难的^[11]。但它实际上是可取的，因为在一个社区环境中通常会同时存在不同的目标（如人员和车辆）。

Teng等^[12]利用变分过滤——贝叶斯过滤的一种实现，为传感器网络提出了一种基于聚类的单目标跟踪算法。网络是聚类的，而且各聚类轮流激活这样在任何时刻只有一个聚类的传感器（即个人住宅）负责感知和跟踪。活跃聚类之首从它的聚类成员中收集感知数据，通过变分过滤预测目标的移动性，激活在后续跟踪中最合适的聚类。为了产生足够的信息或者跟踪到目标，至少三个聚类成员需要检测到目标并且汇报它们的观测结果。聚类激活基于预测目标的位置和趋势。



a) 一个智能住宅聚类, 由点标示其周围的圆圈表示其监控范围, 正在追踪由星号表示的可疑事件; b) 社区监控网络识别的事件移动轨迹是一个由时空点构成的多级曲线。(b) 空间平面中的轮廓线对应(a) 中蓝线表示的事件物理轨迹。

图3 邻里监督可疑事件检测

如果预测的位置在当前聚类内, 不需要额外的工作; 否则, 当前聚类之首就会被激活, 并给一个临近的聚类传递所有的追踪数据以接管整个追踪过程, 同时休眠自己的聚类。激活过程更倾向于在目标移动过程中距离预测目标位置最近的那个聚类。因此, 沿着目标运动轨迹的聚类被依次激活而且目标总是能被捕捉到。图3用算法说明了在邻里监督场景中可疑事件的检测。这种跟踪算法只需要在当前活动的聚类中进行本地计算, 因此在通信和计算方面是高效的。这种基于聚类的算法框架或许可以扩展到支持高效的多目标跟踪。

B. 普遍医疗

智能社区开发的普遍医疗应用通过更有效地利用社区医疗资源和及时检测发现危及生命的紧急情况, 降低了社区居民对看护人的依赖, 减少了他们的医疗费用。为了做出精确快速的应急反应, 应用程序依赖于持续的检测环境条件和利用部署在人体周围的无线身体传感器提供的社区居民生命体征。智能社区环境为整个社区内的任一点提供了一个无缝的无线连接, 在这里居民如同住在医护人员附近, 即使他们住在相同的社区或

者远程医疗机构。

在一个智能社区环境中, 老年人和存在认知缺陷/身体缺陷的人在任何时候任何情况下接受医疗保健服务, 小孩和婴儿在父母不在身边时得到用更安全方式的照顾。当发生紧急情况时, 通过人体传感器、住宅监视系统或者一个旁观的路人的检测/报告, 紧急信息和其他有关数据, 如人体传感器数据和个人健康信息 (PHI) 会立刻通过社区网络发送给临近的医护人员, 他们能够提供最适当的急救, 同时服务电话会拨打给医疗机构, 那里的专业人员会即刻赶到现场并且提供先进的应急措施。

在医疗健康应用中, 居民的PHI会在社区网络中传播, 暴露给未经授权的收集、披露以及其他不当的应用, 对居民造成隐私威胁。一个隐私担忧问题就是关于PHI的敏感性与机密性。另一个担忧是, 如果一个观察者知道一个居民经常发送他/她的PHI给一个特定的医护人员, 然后根据这个医护人员的医疗领域, 观察者有很高的概率正确地猜出居民的疾病。这些担忧都可以通过以前讨论的加密、数据包重新加密和混合技术来解决。

医疗应用程序对隐私敏感数据也需要更细颗

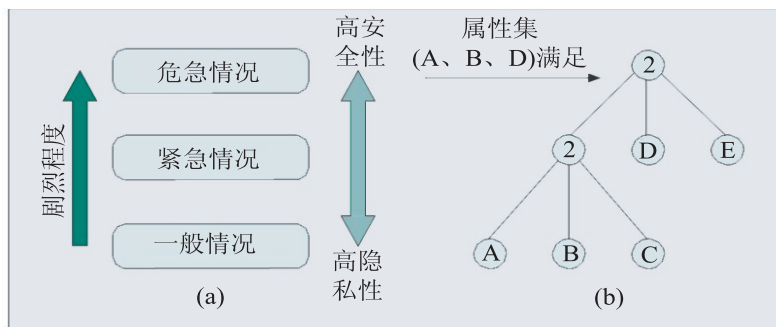
粒度的访问控制。访问控制必须以用户为中心。也就是说,居民必须能够为他们自己的个人信息选择访问策略并且在不同的情况下应用不同的访问策略。比如,在正常的情况下,他们可能只发送他们的数据给远程可信的机构;然而在危及生命的情况下他们可能希望在暴露给公众尽可能少的个人信息的情况下迅速传播数据。在不同的前后关联案例中,安全、隐私和访问控制之间的平衡如图4所示。最近的研究工作^[13]一直致力于没有冗长用户授权过程的细颗粒度访问控制的基于属性的加密(ABE)方案。这些方案关联密文与访问树,在访问树上每个叶节点代表一个属性(或访问角色),每个非叶节点代表一个阈值。如果我们把每个属性看作一个二进制变量(0或者1),访问树可以在语义上转换成布尔函数,从而可以用于控制对病人数据的访问。

C. 增值服务

公共事业管理——智能社区环境可以简化个人住宅的实际消费计量。传统的自动化仪表必须通过来自公共事业公司的计量人员单独读取。在智能社区,每个住宅都配备了智能电表能够汇报他们的读数给住宅网关,它们会轮流地通过社区网络以一种安全的和保护隐私的方式将数据上传

到社区中心。在这里保护隐私是很重要的,因为公用设施使用数据可能揭示了家庭活动。社区中心会为每个家庭维护一个账号,里面详细存储了公用设施的使用信息。它会定期的将数据传送到呼叫中心,然后呼叫中心将它们转发给公用事业公司以便电脑计费。因为在公用事业管理的过程中没有人类的直接干预,公共事业公司运营成本降低了。从消费者角度,因为没有计量人员进入他们的房子,家庭隐私和安全性得到了改善。

社交网络——智能社区环境也提供了一个社交网络平台。它非常方便而且免费让居民使用社区网络在本地与其他人互动。由于地理位置临近,这种社交网络在许多情况下会比基于因特网的更加有用。例如,看孩子是一个重要的社会活动,涉及到代替孩子的父母短暂地照顾一个孩子的实际行为。凭借构建在智能社区上的社交网络平台,家长可以很容易地在附近找到一个方便可靠的保姆。在线游戏是一种很流行的休闲活动,在最近几年经历了指数般的增长。在智能社区内先进的社区技术使创造和发展低成本的在线游戏成为了可能。可以预期的是,居民可以在同一个社区内和他们的同龄人玩在线游戏而不依赖公共网络服务和因特网。因此,这样就没有或有极少的相关经济成本。



a) 安全、隐私和访问控制情况的权衡
b) 访问树, 包含两个均为2的门限阈值和5个属性, A、B、C、D和E。一个属性集(A、B、D)满足这个访问树

图4 普遍医疗保健的访问控制

5 研究挑战

由于智能社区属于无线通信和网络的宽泛领域，它继承了各种各样的基本问题，如传输控制^[2]、媒介访问控制^[3,4]、带宽分配^[5]和路由^[6]。在文献中，这些问题已经得到了广泛的研究。考虑到这里有限的空间，我们只处理涉及到前面介绍过的社区网络技巧和创新应用的关键问题。

A. 网络挑战

合作身份验证——先前，当为社区网络引入安全性和可靠性改进技术时，我们为过滤社区错误数据流量提出了一个合作身份验证方案^[8]。它是一个在阶跳转邻域内由表决阈值控制的表决方案。通常情况下，只有在一个事件干涉范围的节点能够感知到这个事件，从而有资格对此事件为互相的监控数据进行表决。设为在阶跳转邻域内表决者的数目。在智能社区内，住宅是稀疏分布的（当房屋相距一个合理的距离时，如几米，家用的WiFi信号只能覆盖附近的几户住宅）；因此， T 通常会很小除非设置的非常大。如果 T 很小或 $T < L$ ，表决结果未必能反映真相。为了提高表决结果的有效性， k 和 L 都应该动态和自动地选择，根据事件的范围而不是盲目地预先定义。在表决之前，需要传感器之间的一些协作以通过对事件的测量来估计事件范围，并正确地确定这两个关键参数的值。源节点不应该做出决策，相关的通信成本也不应抵消流量过滤中获得的收益。现在的挑战是如何在这些要求下确保这些合作。

不可靠节点检测——我们还建议采用SCM^[9]检测社区网络中不可靠的节点（住宅网关）并最终在数据通信过程中避免使用它们。这个计划依赖于邻近节点被动地互相监听其数据转发，并不能提供检测保证。为了提高其性能，在连续中继

节点间和/或在源和目的节点间，可以使用确认数据包来验证接收。在数据包和确认包上应用加密技术，以实现可信和有效的验证，是必要的。在有检测保证的前提下，发现轻微的本地不可靠节点检测方法而不使用额外的硬件，这是一项具有挑战性的开放研究课题。解决方案应该提高社区网络的可靠性，降低使用3G移动付费网络的频率，并减少相关的经济费用。

B. 应用挑战

目标跟踪和入侵检测——对邻里监督来说，现有的目标跟踪算法包括^[12]都不是为智能社区环境设计的，在这里目标的移动被限制在社区的街道/道路上。这个约束条件实际上简化了问题。它可以用于设计新的高效的数据关联算法和跟踪算法。根据使用跟踪算法获得的事件数据，我们需要把事件归类为正常的或可疑的。而这种分类涉及到两个挑战性的任务：一个是定义可疑的运动模式；另一个是把被检测的事件移动模式与定义的恶意模式进行对比并寻找匹配。第一个任务是在事件数据收集前预先实现脱机离线。它要求在人类学、社会学、心理学和犯罪学领域的支持下，分析和研究（通过数据挖掘方法）来自于犯罪和破坏行为发生过的社区历史数据。被定义的模式为了满足计算应用需求需要用一种合理有效的方式组织和表达。第二个任务是模拟网络入侵检测。它必须迅速小心地完成。简单直接的比较是不够的，因为匹配不一定是准确的而且有可能是前后关联的。可以借鉴一些入侵检测技巧^[14]来解决这个问题。人们最终想要一个前后关联感知的智能匹配算法，以避免或减少误报和漏报。

隐藏访问策略的ABE加密——对于普遍医疗保健，可以应用细颗粒度的访问控制^[13]以满足社区成员自定义的前后连贯的隐私需求。随着访问控制变得更细致，访问策略可能包含相当多的敏

感隐私信息。不当的设计和信息披露策略将使部分通信各方的信息传递给攻击者，从而侵犯用户的隐私。考虑到有病人希望把他用于紧急情况个人信息共享给居住在他/她社区内的医护人员，这需要满足一定访问策略。然而，这一策略可能泄露了这个病人的机密信息如疾病、症状或其他病症。在这种情况下，病人会在社区网络内通过发送一个用ABE技术加密的并且在密文中隐藏了访问策略的消息来寻找合格的医护人员。不知道这个策略时，接收者不能认定自己是合格的候选者，除非尝试所有的可能性。强力破解方法是耗时耗力的，而且明显不是一个实用的解决方案。在智能社区环境中传递普遍医疗信息时，寻找基于隐藏访问策略的有效的ABE加密方案是未来的一个研究方向。

6 总结

在本文中，我们引入了智能社区作为物联网的一个新应用。立足于无线通信和网络技术，智能社区在当地社区环境内用网络将智能住宅连接起来，提供了一系列有益的前景光明的服务，如邻里监督和普遍医疗。这将会打开一个有许多独特挑战性问题的新的研究方向。

参 考 文 献

- [1] S. Dixit and R. Prasad, *Technologies for Home Networking*, Wiley, 2008.
- [2] Y. Tian, K. Xu, and N. Ansari, "TCP in Wireless Environments: Problems and Solutions," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 43, no. 3, pp. S27-S32, Mar. 2005.
- [3] T. Saadawi and S. Xu, "Does the IEEE 802.11 MAC Protocol Work Well in Multihop Wireless Ad Hoc Networks?" *IEEE Commun.*

Mag., vol. 36, no. 6, June 2001, pp. 130-37.

- [4] H. Shan, W. Zhuang, and Z. Wang, "Distributed Cooperative MAC for Multihop Wireless Networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 2, Feb. 2009, pp. 126-33.
- [5] X. Su, S. Chan, and J. H. Manton, "Bandwidth Allocation in Wireless Ad Hoc Networks: Challenges and Prospects," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, no. 1, Jan. 2010, pp. 80-85.
- [6] I. Stojmenovic, A. Nayak, and J. Kuruvila, "Design Guidelines for Routing Protocols in Ad Hoc and Sensor Networks with A Realistic Physical Layer," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 43, no. 3, Mar. 2005, pp. 101-06.
- [7] X. Lin et al., "SAGE: A Strong Privacy-Preserving Scheme Against Global Eavesdropping for eHealth Systems," *IEEE JSAC*, vol. 27, no. 4, 2009, pp. 365-78.
- [8] R. Lu et al., "BECAN: A Bandwidth- Efficient Cooperative Authentication Scheme for Filtering Injected False Data in Wireless Sensor Networks," *IEEE Trans. Parallel and Distrib. Sys.*, to appear, 2011.
- [9] X. Li et al., "Side Channel Monitoring: Packet Drop Attack Detection in Wireless Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE ICC '11*, 2011.
- [10] J. Liu, M. Chu, and J. E. Reich, "Multitarget Tracking in Distributed Sensor Networks," *IEEE Sig. Proc. Mag.*, vol. 24, no. 3, 2007, pp. 36-46.
- [11] G.W. Pulford and B.F. La Scala, "Multihypothesis Viterbi Data Association: Algorithm Development and Assessment," *IEEE Trans. Aerospace and Elect. Sys.*, vol. 46, no. 2, 2010, pp. 583-609.
- [12] J. Teng, H. Snoussi, and C. Richard, "Decentralized Variational Filtering for Target Tracking in Binary Sensor Networks," *IEEE Trans. Mobile Computing*, vol. 9, no. 10, 2010, pp. 1465-77.
- [13] M. Li, W. Lou, and K. Ren, "Data Security and Privacy in Wireless Body Area Networks," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 17, no. 1, Feb. 2010, pp. 51-58.
- [14] T. Chen et al., "Recent Developments in Network Intrusion Detection," *IEEE Network*, vol. 23, no. 1, Jan./Feb. 2009, pp. 4-5. (November 2011, *IEEE Communications Magazine*)

新闻

日本科学技术振兴机构（JST）收录 理事长戴汝为院士 “社会智能科学的形成和发展”

戴汝为院士
“社会智能科学的形成和发展”一文引起日本官方与学术界的关注，被科学技术振兴机构（JST）收录。如下是该文章摘要。

“社会智能科学”是在现代全球化的条件下，是人类掌握计算机技术，世界进入互联网时代的必然；是“人-机结合”的条件下，人类智慧高度扩展，社会的人们之间在互联网背

景下互相激励，融历史和现实、汇各大洲人类智慧之大成的客观结果。

世界面临的气候变迁，地震海啸、灾难频仍；社会制度的发展较量；国家和地区之间的合作、冲突，都已远不是个人和人群之间的智慧所



能解决，而需要的是跨越领域，涵盖古今、各种智慧的综合，信息被转化为知识并集各类知识于“大成”，而以社会为载体所涌现的智慧。社会发展到今天，思维方式的变革，必然要求社会科学与自然科学在更高层次上的“协同”与“融合”，因而造就了“社会思维”。当社会中的群体处于这样的思维状态下，涌现出更高层次的群体智慧，而实现这种群

体智慧有赖于综合集成的科学。充分体现了钱学森先生的“人-机结合”的思想，综合了现代科学技术及其主体相互提升的当代群体智慧。

提高“自主”创新能力是建设创新型国家发展战略的核心，而创新的过程始终贯穿着创造力

的作用，所以开展对于创造力的研究是学术界重要的任务。

1990年钱学森等提出“开放的复杂巨系统”的概念和处理这类系统的“方法论”。当时国外的一些系统科学专家，考虑的还只是简单巨系统，而没有对“开放的复杂巨系统”有所认识。他们的目光对准的单纯是科学技术方面的问题，如物理学、化学方面的系统。“开放的复杂巨系统”对许多人来说是陌生的。他们还不能把自然科学范畴的系统和社会经济系统、人体系统、人脑系统这些与人密切相关的各种系统结合加以分析。

1992年在处理“开放的复杂巨系统”的方法，把人的智慧、机器的智能和古往今来涵盖各方面的知识信息加以综合，集成起来。在当代技术成就的操作平台上“人-机”动态的共创新的“智慧”，这种智慧是带有当时社会背景，

是为了解决社会存在问题，实现了“社会智能涌现”。

以信息网络为基础的综合集成研讨体系具有较强的可操作性，同时在运行过程中产生着创造思维，对于这一体系所服务的社会系统而言，涌现着社会智能。正是这种创造思维，涌现智慧的平台，对于个人和群体形成了创造的环境，造就了“社会智能”的产生。

在历史的长河中，起源于工程、技术、自然科学各种系统的“控制”发展为“智能控制”；在社会系统中的“管理”伴随智能技术的应用进展为“智能管理”。二者熔接起来，形成新的概念：“智能控制与管理”。同时，综合集成研讨在各种决策支持中实现了思维的升华、社会智能的涌现，在实现智能控制与管理过程中，促进了人类的进步。

中国自动化学会正式提交2020年IFAC 世界大会申办书

自1957年国际自动化控制联合会（IFAC）成立之日起，中国自动化学会作为国际自动化控制联合会（IFAC）的创始国和第一批成员国之一，就肩负着中国自动控制学科的重任，坚持不懈地为中国自动化人走向国际舞台而努力奋斗着。

1989年，经过几代中国自动化人的不懈努力，中国自动化学会成功取得1999年第14届IFAC世界大会的承办权。这次大会是迄今为止在中国举办的自动化领域最高级别的大型国际学术会议。

当前，自动化已经成为保障和促进现代社会

发展和生产力提高的核心科学技术之一。为进一步向世界展示中国自动化、信息与智能科学的水平，推进中国自动化事业走向世界，甚至引领世界，中国自动化学会在去年成功召开大会的基础上，于今年4月再一次提交2020年IFAC世界大会申办书，中国自动化学会作为承办单位，孙优贤院士作为大会主席，提名浙江大学褚健教授作为2017-2020候选主席。让我们共同期待IFAC世界大会再一次在中国北京见证辉煌。

（学会办公室 供稿）

第八届全国高校自动化系主任（院长）论坛在大连召开

2012年5月27日，由教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会和中国自动化学会主办、由大连理工大学控制科学与工程学院承办的第八届全国高校自动化系主任（院长）论坛在美丽的大连举行。来

自全国有控制学科一级博士点的高校自动化系主任（院长）齐聚滨城，围绕“自动化专业创新人才培养”这一主题，对自动化专业如何培养具有创新意识的本科生、控制学科创新人才（领军人才）培养等方面问题展开讨论。

大连理工大学校长欧进萍院士，中国自动化学会理事长孙优贤院士、副理事长席裕庚教授等学会领导与学者参加大会并做演讲。开幕式上欧校长强调，建设创新型国家是事关社会主义现代化建设全局的重大战略决策，高等学校肩负着为国家培养创新人才的重要历史使命。“自动化专业创新人才培养”是一个非常重要又非常必要的议题，这不仅仅是自动化专业主任、院长们的任务，也是高等学校所有专业、所有教师和领导者



的重要任务。孙优贤院士代表中国自动化学会致辞。他指出：高校自动化系主任（院长）论坛是中国自动化领域的优秀品牌会议，是高校自动化专业人才培养、学科建设、教育管理交流的重要平台。大家

寄望本次论坛能够进一步促进各高校的交流和合作，加强团结，鼓励创新，促进我国自动化学科的整体发展。

会议期间，柴天佑院士、吴澄院士、周东华教授、管晓宏教授及王成红处长等多个学校的院长、系主任和学者与教师做了报告与发言。在创新人才的培养中强调独立思考的科学精神、在控制科学领域的发展方面做了认真与热烈的交流与探讨。

参加本次会议的高校近60余所，重庆大学自动化学院获得2013年第九届全国高校自动化系主任（院长）论坛承办权。

（大连理工大学控制科学与工程学院 供稿）

责任 变革 创新

——“2012中国自动化产业年会”活动隆重举行

由中国自动化学会主办，中国仪器仪表行业协会、中国计算机行业协会、中国石油和化工自动化应用协会、全国机械安全标准化技术委员会、全国工业过程测量和控制标准化技术委员会协办，控制网（www.kongzhi.net）&《自动化博览》策划组织的2012中国自动化产业年会暨第七届中国自动化产业世纪行（CAIAC2012）活动4月12日在北京隆重举行。近200位引领中国自动化产业发展的业界专家、企业高层、媒体代表及来自各行业的用户代表齐聚一堂，工业与信息化部节能与综合利用司司长周长益、中国自动化学会理事长戴汝为院士、副理事长吴宏鑫院士、副理事长王飞跃研究员出席活动并致辞。

在此次第七届活动举办之际，“中国自动化产业世纪行活动”正式更名为“中国自动化产业年会”，旨在凝聚产业中各方力量，发出中国自动化产业更强有力的声音。此次活动之领袖企业推动中国（新型工业化进程）高层论坛主题为“责任·变革·创新”，分论坛——对话·用户：助力产业升级，探讨面对两化融合的发展契机，企业如何深化用户服务助力制造业转型升级、企业与用户如何携手合作共同促进自动化技术在中国的应用发展；分论坛——洞察·CEO，由ABB集团（中国）公司、罗克韦尔自动化大中华区、大陆希望集团、菲尼克斯电气中国、倍福中国区共同参与，回顾了过去一年中国自动化产业发展过程中的“标志性”事件，探讨了自动化企业如何积极进取，开拓创新，迎接未来的挑战，承担起中国自动化人的责任，实现自身、中国工业乃至整

个国家的可持续发展。

CAIAC2012旨在以“公正、公平、公开、专业”的原则全面展现2011年中国自动化产业的点滴进步与闪光点。活动历时4个月，经过入围推荐、专家评审、网上投票，最终，2011中国自动化领域年度人物、年度特别奖、十大年度优秀论文、十大年度新闻、十大年度最具竞争力创新产品、十大年度最具影响力工程项目、十大年度企业七大奖项于当晚一一揭晓。

2012中国自动化产业年会获奖结果如下：

2011年度中国自动化领域年度人物：中沙（天津）石化仪表经理于宝全，电力行业热工自动化技术委员会副秘书长孙长生，希望森兰科技股份有限公司董事长陈斌，施耐德电气（中国）有限公司工业事业部高级副总裁修德华，重庆市伟岸测控制造股份有限公司董事长杨劲松，深圳市英威腾电气股份有限公司总裁黄申力，ABB中国传动大电机及PLC公共销售组织负责人/北京ABB电气传动系统有限公司销售市场总监戚鲁平，神州八号飞船制导、导航与控制（GNC）系统主任师设计解永春，西门子（中国）有限公司工业自动化集团控制产品与系统工程业务部安全产品经理褚卫中。

2011年度中国自动化领域十大最具竞争力创新产品：上海ABB工程有限公司ABB机器人码垛产品系列；上海恩德斯豪斯自动化设备有限公司科氏力质量流量计Promass X；富士电机（中国）有限公司水冷式高压变频器“FRENIC4800VM5”；杭州优稳自动化系统有限公司UW500集散控制



系统；上海金泓格国际贸易有限公司WISE免编程智能型控制器；欧姆龙自动化（中国）有限公司SYSMAC NJ系列机器自动化控制器；台达集团ASDA-M系列伺服；西门子（中国）有限公司SIRIUS（国产）系列控制和保护产品；研华（中国）公司EKI-6340-3 工业无线AP；浙江中控软件技术有限公司智慧能源管理系统IES-Suite。

2011年度中国自动化领域十大最具影响力工程项目：中石化北海分公司全厂炼油化工一体化项目-浙江中控技术股份有限公司；湖南省节能减排在线管理运营平台项目-英威腾佳力能源管理有限公司；中石化扬子石化芳烃吸附分离装置移动床控制系统项目-北京康吉森自动化设备技术有限公司；青岛薛家岛电动汽车智能充换储放一体化示范电站项目-ABB（中国）有限公司；深溪沟水电站计算机监控系统的研发与应用项目-北京国电智深控制技术有限公司；中石油抚顺石化10MTA炼化和1MTA乙烯项目-魏德米勒电联接国际贸易（上海）有限公司；一拖集团东方红大轮拖生产车间MES项目-通用电气智能设备（上海）有限公司；荣程钢铁炼铁厂INBA法渣处理控制系统项目-图尔克（天津）传感器有限公司；华能海门电厂一期工程2×1036MW超超临界发电机组自启停控制技术研究及应用项目-华能国际电力股份

有限公司海门电厂、广东电网公司电力科学研究院、广州粤能电力科技开发有限公司；新疆油田采油二厂采油生产物联网项目-北京亚控科技发展有限公司。

2011年度中国自动化领域十大年度新闻：中国成功实现神舟八号与天宫一号交会对接；“蛟龙”号载人潜水器成功突破5000米；传承钱学森精神共拓自动化未来——2011中国自动化大会暨钱学森诞辰一百周年及中国自动化学会五十周年会庆纪念活动在京举行；机械工业“十二五”规划发布，自动化行业诸多领域受益；工信部下发《关于加强工业控制系统信息安全管理的通知》；微博营销独领风骚，自动化企业纷纷开通官方微博；西门子在成都建立在华最大的数字化工厂；和利时集团进军海外市场，全股收购concord；施耐德电气收购利德华福，强势进军中高压变频市场；推动全厂最优化和提高机器制造商绩效的重大改进——罗克韦尔自动化集成架构系统十大创新。

2011年度中国自动化领域十大优秀论文：《贝加莱伺服控制系统在卫星式柔版印刷机中的应用》（练大伟）；《基于Beckhoff产品的吹塑控制解决方案》（涂智杰）；《CompactPCI热插拔系统设计与应用》（陈志列）；《占空比控制在生



物发酵温度控制中的应用》(黄福彦, 蔡玉芬, 徐洁); 《DCS设计标准化》(王疆, 黄焕袍, 潘钢, 邱忠昌); 《凌华科技PCI-9846高速数字化仪在牵引供电系统电能质量检测中的应用》(许继勇, 杨春旭); 《针对TPS系统GUS操作站升级问题的探讨》(刘建宇, 刘永恒, 王勇); 《模糊控制在真空环境模拟试验舱温控系统中的应用》(赵维, 毕建智); 《SCADA系统如何过渡物联网》(彭国红, 李新国); 《如何通过动态电阻曲线的自适应控制来优化焊接飞溅率》(朱

尧明, 王东林)。

2011年度中国自动化领域十大年度企业: 施耐德电气(中国)有限公司、德国倍福自动化有限公司、菲尼克斯(中国)投资有限公司、北京机械工业自动化研究所、霍尼韦尔(中国)有限公司、罗克韦尔自动化(中国)有限公司、施迈赛工业开关制造(上海)有限公司、台达集团、希望森兰科技股份有限公司、魏德米勒电联接国际贸易(上海)有限公司。

2011中国自动化领域年度特别奖: 2011中国自动化领域年度优秀职业经理人——菲尼克斯(中国)投资有限公司市场部副总监缪竞红; 2011年度国产变频器第一品牌——森兰变频器; 2011年度中国工业自动化领袖企业奖——ABB(中国)有限公司、西门子(中国)有限公司、三菱电机自动化(中国)有限公司、和利时集团、中控科技集团有限公司。

(《自动化博览》杂志社 供稿)



中国自动化学会2012年第二次正副秘书长工作会议召开

2012年5月14日下午,中国自动化学会副理事长兼秘书长王飞跃研究员在京主持召开了本年度第二次正副秘书长工作会议,副秘书长周东华、田捷、张楠参加了会议,办公室全体工作人员列席了会议。

会议对第一次正副秘书长工作会议做出的各项决议的落实情况做一简单的总结,同时,秘书处汇报了现阶段学会工作的进展情况,主要包括:顺利完成民政部2012年度社会团体的年检工

作、九届七次常务理事会的筹备组织工作、完善会员管理工作等。各位秘书长就如何更好地完善高级会员和会士的申请审批程序、积极发挥分支机构的作用、统一规范学会所属期刊的管理等方面进行了讨论,为进一步增强学会的社会凝聚力、会员服务能力和自我发展能力提出了宝贵的意见和建议。

(学会办公室 供稿)

中国自动化学会九届七次常务理事会议在京召开

中国自动化学会九届七次常务理事会议于2012年6月10日在北京召开,学会理事长戴汝为院士、孙优贤院士及34位常务理事参加了会议。受理事长委托,学会特别顾问吴启迪教授和副理事长郑南宁院士分别主持了会议。

会议首先听取了孙优贤理事长关于2011年中国自动化大会(2011CAC)暨钱学森诞辰一百周年和五十周年会庆纪念活动的总结;随后,王飞跃副理事长对学会秘书处上半年开展的工作进行了总结汇报;最后,吴惕华副秘书长、党支部书记吕爱英同志和张楠副秘书长分别就学会党支部工作、学会秘书处上半年外事工作和中国科协“组织实施学会能力提升专项”申报工作进行了汇报。

为传承和发扬我会第一、第二届理事长、伟大的人民科学家钱学森先生的科学思想和爱国精神,鼓励和促进全国自动化科技工作者特别是青年专业人才的成长,推动中国自动化领域的科技进步,会议审议通过设立“钱学森国际杰出科学家系列讲座”和“CAA优秀博士论文奖”,具体

实施细则由学会秘书处负责制定。

会议审议通过设立中国自动化学会科普教育基地,以加强自动化领域科普教育基地的建设,推动自动化、信息与智能科学知识普及;为表彰为学会建设作出突出贡献的先进集体、优秀学会工作者,充分调动其积极性和工作热忱,会议审议通过将“CAA优秀工作者、先进集体奖”常态化,两年评选一次。

会议就增补理事议题进行讨论,一致同意取缔未履行理事义务的团体会员单位资格、取消代表该单位出任理事的理事、常务理事资格,同时对学会理事、常务理事进行增补。

最后,会议就学会如何更好地服务社会和政府事务、服务创新工作、服务会员工作、完善自身建设工作等问题展开了热烈讨论。两位理事长殷切希望各位与会常务理事认真总结经验、转变观念、深化改革、加强管理、不断提高学会的综合能力、努力开创学会工作新局面,使学会真正成为推动自动化科学技术发展的重要力量。

中科院自动化所成功承办第九届IEEE网络、感知与控制国际会议

2012年4月11-13日，第九届IEEE网络、感知与控制国际会议（IEEE international Conference on Networking, Sensing and Control, 简称ICNSC12）在北京召开。会议由IEEE系统、人与控制论学会（IEEE Systems, Man, and Cybernetics

Society）主办、中科院自动化所复杂系统管理与控制国家重点实验室承办。复杂系统管理与控制国家重点实验室主任王飞跃研究员担任大会主席，杨柳青研究员担任程序主席。

会议主题为“智能交通系统和网络”，收到了来自国内外的论文投稿105篇，经过严格的评审，共有65篇论文被录用。在为期三天的会议里，会议承办方共组织了2个大会主题报告，设置了3个分会场和60多场学术报告，涉及复杂系统管理与控制、智能车辆、传感网络、网络化控制等14个子专题。来自中国、美国、法国、加拿大、印度、韩国、墨西哥、巴基斯坦等多个国家和地区的近100位专家学者齐聚一堂，各抒己见，积极评论，畅所欲言，共同探讨了智能交通系统及网络传感等相关领域的核心问题、研究思想和方法，展示了最新的应用成果，极大地促进了学术交流。

11日上午，王飞跃研究员主持了大会开幕式并致欢迎辞，杨柳青研究员介绍了大会的总体情况。美国德克萨斯大学圣安东尼奥分校教授、



IEEE及ASME两会会士Mo Jamshidi做《网络物理系统-21世纪可持续能源部门的革新与挑战》主题报告。加拿大西蒙弗雷泽大学教授、IEEE会士Ljiljana Trajkovic做《理解通信网络》主题报告。在当晚举行的欢迎晚宴上，主办方为本次会议最佳会议论文奖和最佳学生论文奖颁奖，并宣布第10届IEEE网络、感知与控制国际会议将于2013年4月10~12日在法国巴黎Evry大学举行。

IEEE网络、感知与控制国际会议是由IEEE系统、人与控制论学会发起主办，每年一次，旨在汇集网络、感知与控制领域的专家学者，交流最新研究成果。ICNSC12是智能交通、网络、传感、控制等领域学术及产业界专家们的交流良机，增进了国内外相关领域学者的彼此了解，也开阔了广大青年学者的学术视野，明确了网络、感知与控制等相关领域新的研究方向，将进一步推动该领域发展。

（中科院自动化所复杂系统管理与控制国家重点实验室 供稿）

会 员 园 地

中国自动化学会智能建筑与楼宇自动化专业委员会2011年度年会在建筑与城市规划学院召开

2012年5月26日中国自动化学会智能建筑与楼宇自动化专业委员会2011年年会在北京工业大学建筑与城市规划学院召开。

会议由专委会秘书长林美珍主持、中

国自动化学会秘书长王飞跃博士、教授致词、中国自动化学会专家咨询委员会主任、军事科学院研究员、孙柏林将军致词、电控学院院长贾克斌教授、建规学院院长戴俭教授代表学院向参会领导、专家、嘉宾致欢迎词。

大会由专委会主任、电控学院郭维钧教授作专委会2011年工作总结。深圳达实信息技术有限公司、朗德华信（北京）自控技术有限公司、杭州海康威视数字技术股份有限公司北京分公司、北京三维力控科技有限公司、北京智宇安联科技有限公司、电气&智能建筑杂志社在大会上作了精彩



发言。

随后、孙柏林将军、郭维钧教授、苏州荣氏集团董事局主席、住建部专家委员会副主任荣元良先生、海军海防工程研究中心主任李决龙将军、住建部IC卡

应用中心技委会副主任张永刚教授、北京联合大学教育学院院长薛立军教授、信息产业部北京邮电设计院教授级高工冯斋、中华人民共和国工业和信息化部电子科学技术委员会副秘书长柳纯录教授、华埠特克公司总经理郭晓元向2011年会员先进单位颁发奖牌、向大会优秀论文获得者颁发证书、向学会先进工作者、学会工作积极分子颁发了证书。

会议在欢聚、热烈的气氛中落下帷幕。

（智能建筑与楼宇自动化专业委员会 供稿）

四川省自动化与仪器仪表学会举办 “化工过程安全与自动化”专题研讨会

2012年4月13日下午，在第十三届中国（成都）自动化与仪器仪表学术交流会暨国际展览会期间，第九届中国企业自动化和信息化（成都）建设论坛又一个专题“化工过程安全与自动化”专题研讨会在成都世纪城娇子国际会议中心蜀韵厅举行。

推行化工生产过程自动化安全控制系统，是加快推进“科技兴安”战略，切实提高企业化工生产过程本质安全水平，有效控制化工企业事故发生，确保危险化学品安全生产形势根本好转的一项重要措施。为切实提高各单位对自动化仪表在降低化工生产过程的风险、确保化工生产过程安全中重要作用的认识，四川省自动化与仪器仪表学会专家咨询委员会主办本次专题研讨会。研讨会特别邀请了国内自动化领域的专家、众多化工生产企业自动化专业负责人和行业内知名厂商前来作精彩报告。会议吸引了100多位业内人士参加，济济一堂，气氛热烈。

会议由四川省自动化与仪器仪表学会副理事长、四川晨光工程设计院院长罗秋生、四川省自动化与仪器仪表学会高级顾问马志勇、四川省自动化与仪器仪表学会秘书长唐仕正主持，罗秋生致了开幕词。

共有11位专家作了报告，依次是：中国自动化学会理事、浙江大学工业自动化国家工程研究中心教授王文海代中国自动化学会理事长孙优贤院士作“高可靠安全主控系统研究与应用”报告；北京康吉森自动化设备技术有限公司代表季瞻作



“化工装置压缩机组安全控制”报告；杭州优稳自动化系统有限公司销售经理何景作“高可靠安全主控系统研究与应用”报告；四川泸天化股份有限公司副总工程师何谦作“化工装置SIS改造方案与实践”报

告；浙江中控技术有限公司的申汉杰、任翔分别作了“ICS产品及工程应用”、“中控SUPCOIV”报告；四川天华股份有限公司李嵘代副总工程师朱海涛作“天华公司生产控制系统情况简介”报告；四川零点自动化系统有限公司代表作“Winmotion HighLight系统技术研讨”的报告；希望森兰科技股份有限公司市场总监魏明宇介绍了希望集团特别是其母公司大陆希望集团的发展概况；川化股份有限公司生产部副部长、总仪表师郑述平作“安全仪表系统的生命周期和应用”报告；达州玖源化工股份有限公司副总工程师周宗玉作“GEGMR系统在大型合成氨厂的应用”报告；北京瑞普三元仪表有限公司地区销售经理李振勇介绍了他们从事自主知识产权的流量、物位、压力和数量等工业自动化仪表的研发、制造、销售、工程等情况；四川美丰化工股份有限公司副总工程师李晓华作“重大危险源安全管理系统”报告；自贡昊华鸿鹤化工有限公司副总工程师侯劲作“ESD在昊华鸿鹤化工的应用”报告。

会议还对出席专题会的代表开展了问卷调查。会议结束后，与会代表到会展中心一号馆门前合影留念。

（四川省自动化与仪器仪表学会 供稿）

第四届控制科学与工程前沿论坛在南京成功召开

第四届控制科学与工程前沿论坛于2012年5月19—21日在南京天丰大酒店召开。本次论坛由中国自动化学会控制理论专业委员会主办，东南大学自动化学院承办，南京理工大学、南京航空航天大学、江苏省自动化学会协办，包括控制理论专业委员会顾问及委员在内的60余位专家学者参加了会议。

大会开幕式由东南大学自动化学院院长费树岷教授主持，他代表承办方和协办方对各位专家的到来表示欢迎与感谢，并介绍了本次论坛的与会嘉宾。东南大学副校长沈炯教授代表学校致欢迎辞，他介绍了东南大学自动化学科的发展情况，指出控制理论与应用的发展既要瞄准国际学术前沿，搞原创性的工作，也要面向国家经济社会发展重大发展需求，此次会议的召开对控制学科的发展具有重要的意义。

控制理论专业委员会主任张纪峰研究员在致辞中指出控制科学与工程前沿论坛是中国自动化学会控制理论专业委员会主办的系列学术会议之一，旨在面向国家重大发展需求和学术前沿，研讨控制理论与应用的最新动态，促进控制科学与工程的学科发展。最后张纪峰主任代表控制理论专业委员会和与会者对承办方和协办方所做的大量周到细致的工作表示衷心的感谢，并预祝会议圆满成功。

控制科学与工程前沿论坛自2009年开始已成功举办了三届。本次论坛特邀东南大学曹进德教授、中国电力科学研究院姚建国副总工程师、日本上智大学申铁龙教授和中国电力科学研究院孙



华东主任分别作了《复杂网络研究一些进展与思考》、《智能电网的建设与发展》、《汽车动力系统控制：机遇与挑战》、《适应我国智能电网发展的安全稳定柔性控制技术》的专题报告，共同研讨智能电网、电动汽车、复杂网络等中的控制科学与工程问题。

特邀报告会后，张纪峰主任代表控制理论专业委员会作了2011年度工作汇报。2011年恰逢TCCT成立五十周年，为此特组织了一系列纪念活动，包括组织各类学术会议、创办TCCT五十年展、制作纪念册、推出《系统科学与数学》纪念专刊等。

第三十一届中国控制会议承办方代表，中国科技大学奚宏生教授从会议地点、会议房间、餐饮、住宿、交通等方面向与会代表汇报了CCC2012的筹备情况，并热情欢迎各位专家参会。随后，西北工业大学代表潘泉教授作为下一届中国控制会议的承办方代表介绍了CCC2013的前期准备工作，包括设立CCC2013组织机构，通过多种途径进行征文通知宣传，建立CCC2013网站等，并详细介绍了会场——西安绿地笔克国际会展中心的相关情况。

在各方的积极协助及配合下，本次论坛取得圆满成功，特别是东南大学自动化学院的师生从会议组织到顺利召开在人力、物力方面做了大量周到细致的工作，为会议的圆满成功提供了坚实的保障。

(控制理论专业委员会 供稿)

山东省自动化学会第七届会员代表大会召开

《山东省自动化学会第七届会员代表大会》和《2012海峡两岸自动化与先进制造技术论坛（山东）》暨《2012山东省第七届高校自动化专业教学研讨会》筹备工作会议于6月2日在济南召开，筹备委员会全体人员和部分常务理事出席了会议。

学会理事长贾磊教授主持了会议，学会秘书长王起功研究员和承办本次活动的济南大学控制学院院长，学会常务理事张勇教授分别就《山东省自动化学会第七届会员代表大会》准备工作；

《2012海峡两岸自动化和先进制造技术论坛（山东）》和《2012山东省第七届高校自动化专业教学研讨会》的筹备情况及大会专家邀请，主题报告内容，会议日程安排以及会务细节问题等进行了详细的汇报，与会人员对筹备工作的认真准备和顺利进展表示满意并进一步深入细致的进行了讨论，确定了活动的具体日期和日程，同时提出了修

正意见和完善措施，以确保活动的顺利进行。

会议还对提名“山东省自动化学会第七届理事会组成人员及分工”进行了讨论并提出意见。

贾磊理事长指出，学会在第六届理事会领导下开展了大量高水平和高质量的学术活动和技术交流，在科学技术和经济建设中发挥了积极的作用，取得了突出的成绩，产生了积极的社会影响。当前的重要工作就是要做好筹备工作的每一个环节，确保活动取得成功，为第七届理事会的工作打下坚实的基础，推动和促进学会工作更上一个新的台阶，取得更大的发展，为我省科技进步和经济建设做出更大的努力和贡献。

贾磊理事长强调指出，学会的各理事单位和理事一定要重视这次活动的重要意义，积极组织本单位的会员参与，积极支持和配合活动的开展。

（山东省自动化学会 供稿）

党 建 强 会

中国自动化学会 喜获中国科协“党建强会”项目资助

今年，中国科协党组决定在全国学会党组织中继续开展“党建强会”特色活动资助计划，从全国近200个学会中择优资助25个学会。党支部积极申请，按时上交报告，经过专家评审，中国自动化学会党支部被批准该项目，并得到5万元活动经费资助。学会将组织党员参加多种健康活动以净化和提升精神境界，努力增强学会党组织活力、积极配合完成好学会各项工作，迎接党的十八大

胜利召开。

2012年工作重点要以“创先争优”活动为动力，在中国科协和中科院自动化研究所党委的领导下，在理事会的指导下，秉承一代宗师钱学森先生的伟大科学精神，发挥党员的先锋模范作用和党支部的战斗堡垒作用，坚持一切从实际出发，围绕学会中心，服务大局，促进学会中心工作顺利完成。

（中国自动化学会党支部 供稿）

第四届全国平行控制会议征文通知

The Fourth Chinese Conference on Parallel Control

2012 年 11 月 15 日-16 日 北京

主办：中国自动化学会平行控制与管理专业委员会
中国管理现代化研究会系统管理与复杂性科学专业委员会
中国自动化学会系统复杂性专业委员会

承办：中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室
国防科学技术大学军事计算实验与平行系统技术研究中心

第四届全国平行控制会议将于 2012 年 11 月 15 日-16 日在北京召开。平行控制是一种解决复杂系统控制及人机智能融合问题的新思路、新方法。其核心是以人工系统（Artificial Systems）为基础，计算实验（Computational Experiments）为手段，以平行执行（Parallel Execution）为目的的 ACP 方法，通过动态演化和反馈控制，为解决复杂系统的控制问题提供一种全新的思路、方法和技术。

为促进平行控制这一新兴研究领域的学术交流与发展，更好地为国民经济发展及构建和谐社会做贡献，中国自动化学会平行控制与管理专业委员会联合中国管理现代化研究会系统管理与复杂性科学专业委员会发起和主办第四届全国平行控制会议（The Fourth Chinese Conference on Parallel Control），为平行控制领域的广大科技人员提供一个该领域内的交流平台，探讨平行控制的理论、方法、技术及其应用，展示该领域内最新的研究进展，交流新的学术思想和方法，探索平行控制对现代社会发展的意义，促进平行控制在各领域的应用。

会议的征文范围（包括但不限于如下内容）

- 平行控制理论与方法
- 计算实验的设计、分析方法和技术
- 基于代理的控制（ABC）方法及应用
- 学习控制与自组织控制系统
- 神经网络控制方法及应用
- 无人系统自主控制理论方法及应用
- 复杂动态环境下智能控制结构及实现机制
- 基于数据的复杂过程或复杂事件的决策理论与方法
- 基于数据的复杂过程或复杂事件的调度理论与方法
- 复杂过程或复杂系统的人工系统构建方法
- 基于计算实验的优化理论与方法
- 增强学习与自适应动态规划（ADP）方法及应用
- 基于网络的控制方法与应用
- 模糊控制方法及应用
- 复杂非结构化数据的机器学习方法
- 基于数据的复杂过程或复杂系统的控制理论与技术

论文要求

论文写作用中文和英文均可，以 PDF 及 DOC 形式提交完整的稿件至会议邮箱 2012ccpc@gmail.com，邮件名称中请注明“姓名+第四届全国平行管理会议投稿”。每篇论文篇幅 A4 纸原则上不低于 4 页、不超出 6 页（包括图表）。最终被录用的论文将会收入大会论文集中，结集出版。优秀论文（中文和英文均可）将被推荐到 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, IEEE Transactions on System, Man & Cybernetics, IEEE Intelligent Systems, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 以及《自动化学报》等国内外著名杂志上。

请注意以下重要日期：2012 年 10 月 20 日，论文全文投稿截止；2012 年 10 月 26 日，发出论文录用通知；2012 年 11 月 1 日，最终稿提交截止。

会议秘书组

赵红霞 中国科学院自动化研究所 电话：010-62554288
张楠 中国自动化学会 电话：010-62521822

最新信息请参阅中国自动化学会网站：www.caa.org.cn

第四届全国平行管理会议征文通知

The Fourth Chinese Conference on Parallel Management

2012 年 11 月 15 日-16 日 北京

主办：中国管理现代化研究会系统管理与复杂性科学专业委员会
中国自动化学会平行控制与管理专业委员会

承办：中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室
国防科学技术大学军事计算实验与平行系统技术研究中心

第四届全国平行管理会议将于 2012 年 11 月 15 日-16 日在北京召开。在目前日趋复杂多变的环境下，面对日益激烈的全球化竞争，管理问题的复杂程度不断提高、规模不断增大，管理越来越网络化、虚拟化、分散化。平行管理是在这一背景下产生的创新管理思想。这种基于人工社会、计算实验和平行执行的管理方法，将经验与知识数字化、动态化和即时化，通过虚拟世界与实际世界的平行演化互动，为管理者提供了系统的学习与培训平台，可以实现对相关行为和决策的实验与评估，并在平行执行中动态实现人工系统与实际系统的管理控制以及对管理者的决策支持。

为了促进平行管理这一新兴学术思想的发展与交流，扩大这个崭新领域在国际的影响，中国管理现代化研究会系统管理与复杂性科学专业委员会联合中国自动化学会平行控制与管理专业委员会发起并主办第四届全国平行管理会议（The Fourth Chinese Conference on Parallel Management），其目的在于为工程与管理领域的研究者和工程师们提供更多的该领域内原创科学的沟通机会，探讨平行管理的基础理论研究及其应用，讨论该领域内最新的突破性进展，交流新的学术思想和新方法，探索平行管理对现代社会发展的意义，展望平行管理未来的发展趋势。

会议的征文范围（包括但不限于如下内容）

- 平行管理的理论和方法研究
- 人工系统与复杂系统的建模
- 管理决策、评估系统的研究
- 面向工程问题的管理理论和方法研究
- 管理与可持续发展战略
- 面向军事问题的管理理论与方法研究
- 基于演化仿真的平行管理理论
- 复杂系统与复杂网络建模研究
- 复杂系统同步动力学行为研究
- 代理技术、人工智能、数据挖掘、人机交互等信息技术在管理中的研究与应用
- 基于计算与仿真的管理学研究
- 个体和群体的心理、认知、行为研究
- 面向社会问题的管理理论和方法研究
- 突发事件应急管理研究
- 中国所面临的关键管理问题
- 基于数字化流程的平行管理理论
- 计算组织理论研究
- 舆论传播管理理论与方法研究

论文要求

论文写作用中文和英文均可，以 PDF 及 DOC 形式提交完整的稿件至会议邮箱 2012ccpm@gmail.com，邮件名称中请注明“姓名+第四届全国平行管理会议投稿”。每篇论文篇幅 A4 纸原则上不低于 4 页、不超出 6 页（包括图表）。最终被录用的论文将会收入大会论文集，结集出版。优秀论文（中文和英文均可）将被推荐到 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, IEEE Transactions on System, Man & Cybernetics, IEEE Intelligent Systems, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 以及《自动化学报》等国内外著名杂志上。

请注意以下重要日期：2012 年 10 月 20 日，论文全文投稿截止；2012 年 10 月 26 日，发出论文录用通知；2012 年 11 月 1 日，最终稿提交截止。

会议秘书组

赵红霞 中国科学院自动化研究所 电话：010-62554288

张楠 中国自动化学会 电话：010-62521822

最新信息请参阅中国自动化学会网站：www.caa.org.cn

第四届全国社会计算会议征文通知

The Fourth China National Conference on Social Computing

2012 年 11 月 15 日-16 日 北京

第四届全国社会计算会议（NCSC2012）将于 2012 年 11 月 15 日至 16 日在北京（中国人民大学）召开。本次会议由中国计算机学会、中国自动化学会、国际信息系统协会中国分会、中国社会学会主办，中国人民大学、中科院自动化所、香港城市大学、清华大学、北京大学承办。

本次会议最大特点就是体现社会计算的多学科交叉与渗透，会议将邀请来自计算机科学、管理科学和社会科学等三个学科的专家学者，为社会计算相关领域的不同学科的研究者提供更多的沟通和交流的机会，探讨社会计算的基础理论研究及其应用，讨论该领域内最新的突破性进展，交流新的学术思想和新方法，探索社会计算对现代社会发展的意义，展望社会计算未来的发展趋势。

会议的征文范围（包括但不限于如下内容）

社会计算基本理论与方法	社会计算与计算机科学
社会计算理论研究 群体思维与社会智能研究及应用 计算实验方法研究 人工生命与人工社会建模 社会计算与系统控制 社会环境下的信任、风险和安全 社会计算系统及平台的设计与结构 社会工程、工具与案例研究 社会计算的应用	面向大数据的数据分析与处理 社会网络分析与挖掘、语义 Web 社区发现与影响力分析 舆情分析与情感挖掘 社会人机交互 社会情景下的信息检索与机器学习 网络环境中信息、情绪与影响传播过程 网络社会态势分析与预警 移动环境下的个人隐私问题
社会计算与社会科学	社会计算与管理科学
面向社会问题的计算理论和方法 网络社会与数字社会研究的理论与实践 基于社会计算的社会科学研究方法 e-Science 基于计算与仿真的社会学 万维网的普及对社会发展的影响 社会科学研究的伦理问题 新型数字媒体下的新闻传播	社会智能与群体决策 群体交互、形成、协作与演化 社交媒体对用户行为的影响分析与建模 Enterprise2.0 社会商务的理论与应用 社会网络环境下的知识管理 社会化网络营销 非常规突发事件管理与决策

投稿要求

论文应是未发表的研究成果，应包括中英文题目、中英文摘要、关键词、正文和参考文献。由于论文采用匿名评审，故论文中不能包含任何作者相关信息。论文中英文均可，用 Word 排版，每篇论文篇幅 A4 纸原则上不低于 4 页、不超出 6 页（包括图表）。投稿网址：<https://www.easychair.org/conferences/?conf=ncsc2012>

最终被录用的论文将会收入大会论文集，并推荐若干篇优秀论文将到 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, IEEE Intelligent Systems, IEEE Computational Intelligence, IEEE Transactions on SMC, Information Sciences, 《自动化学报》，《信息系统学报》，《社会学》，《社会学研究》等国内外著名杂志上。

请注意以下重要日期：2012 年 7 月 31 日，论文提交截止；2012 年 8 月 31 日，论文录用通知；2012 年 9 月 30 日，排版稿件截止。

会议秘书组

余 力 中国人民大学信息学院

电话：010-82500907, 18600421997

赵红霞 中国科学院自动化研究所

电话：010-62554288, 13522774772

最新信息请参阅会议网站：<http://idke.ruc.edu.cn/NCSC2012>



TWENTY-THIRD INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**AUGUST 3-9, 2013
BEIJING, CHINA**

Beijing International
Convention Center (BICC),
www.ijcai-13.org

CONFERENCE CHAIR
Sebastian Thrun, Stanford University
and Google, USA

PROGRAM CHAIR
Francesca Rossi, University of
Padova, Italy

LOCAL ARRANGEMENTS CHAIR AND
CO-CHAIR
Fei-Yue Wang, Chinese Academy of
Sciences, China
Derong Liu, Chinese Academy of
Sciences, China

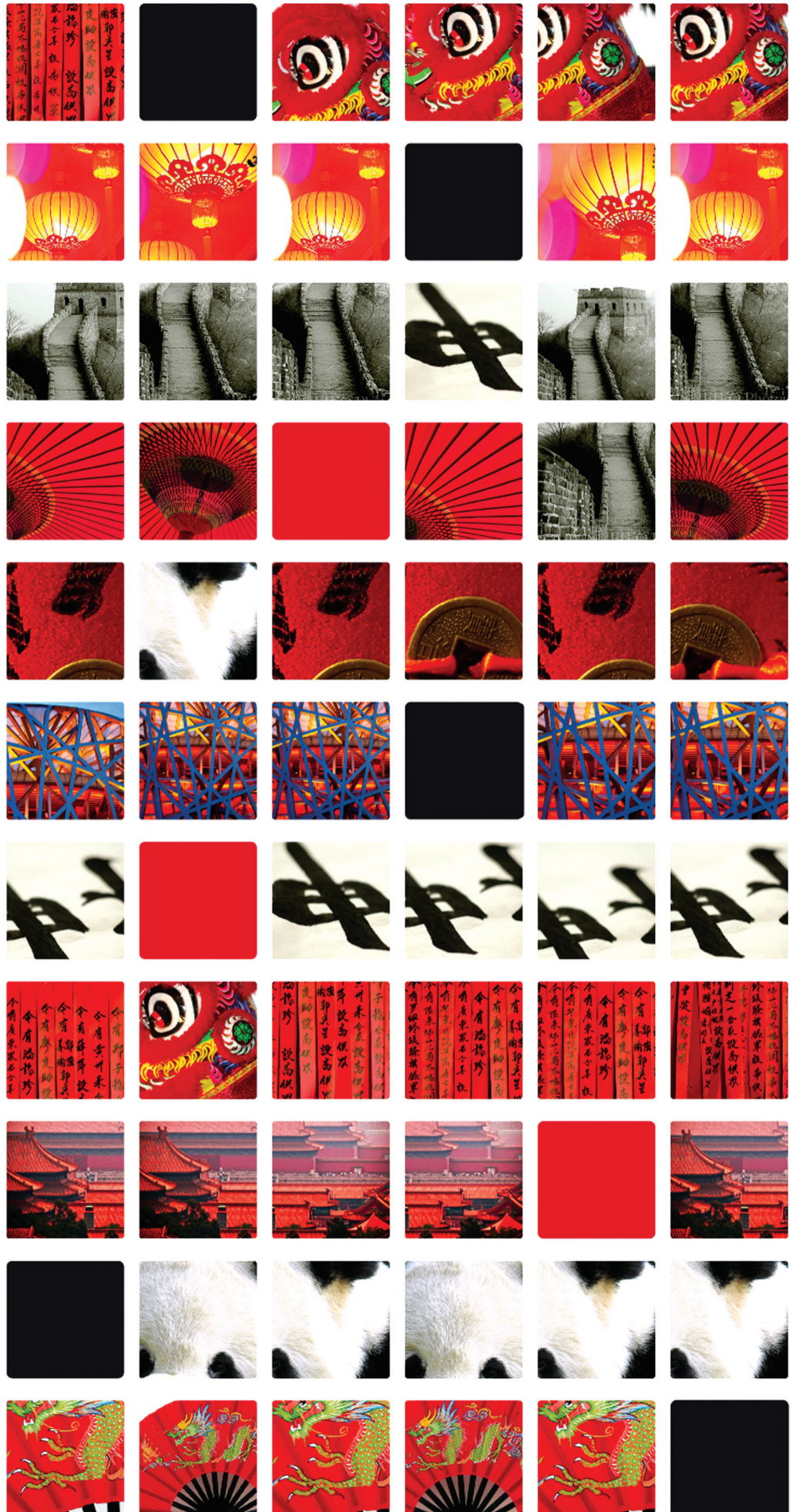
IJCAI EXECUTIVE SECRETARY
Vesna Sabljakovic-Fritz, Vienna
University of Technology, Austria

IJCAI SECRETARY-TREASURER
Bernhard Nebel, Albert-Ludwigs-
Universität Freiburg, Germany

General Inquiries and Registration
local-13@ijcai.org

Sponsored by:
IJCAI
International Joint Conferences on Artificial
Intelligence
CAA
Chinese Association of Automation

Co-Sponsored by:
CAAI
Chinese Association for Artificial Intelligence
SKL-MCCS
State Key Laboratory of Management and
Control for Complex Systems
AIJ
The Artificial Intelligence Journal



中国自动化学会会员申请表

填表时间 _____年____月____日

姓 名		性 别		出生年月		(照片)
专 业		职 称		职 务		
工作单位				联系电话		
身份证号				电子邮件		
通信地址				邮 编		
工作简历 及主要业绩						
选择参加 专委会名称						
选择赠阅的 刊物	刊物名称: ☐ 《自动化学报》 ☐ 《电气传动》 ☐ 《自动化博览》					
推荐意见	介绍人签名（或推荐单位盖章）: _____ 年 月 日					
学会审查 意见	(盖章) _____ 年 月 日					

注：(1) 请附本人《专业技术职务资格证书》复印件。

(2) 邮寄地址：北京市海淀区中关村东路 95 号中国自动化学会办公室（100190）

Tel: 010-62544415

Fax: 010-62522248

E-mail: caa@ia.ac.cn

入会条件：

- (1) **会士**：在自动化科学领域中成绩卓著，学术上有较深造诣，在自动化科研、生产、教育和管理方面有重大贡献的科技人员。
- (2) **高级会员**：具有两年以上会龄；获得相当于副教授以上的专业职称，或具有自动化领域博士学位；或在与自动化及相关领域从业 5 年以上，并有显著成就的科技人员。
- (3) **普通会员**：已获得工程师、自动化系统工程师（ASE）、讲师、助理研究员以上职称，或具有相当于上述水平的自动化领域的科技人员，以及从事本学科范围内工作并热心倡导本学会工作的有关管理工作。
- (4) **预备会员**：大学本科毕业后在科研、教学、生产单位从事自动化领域工作的助理工程师、助教等相当于上述水平的科技人员，以及在读研究生、大学本科三年级以上成绩优良的学生；（预备会员只缴纳一次性注册费，不缴纳会费；预备会员无选举权和被选举权；预备会员达到普通会员学术水平者，经本人申请并经批准后成为普通会员。）
- (5) 请登录中国自动化学会网站www.caa.org.cn了解详细情况。



欢迎加入

中国自动化学会

Chinese Association of Automation

这里可以 **获取技术信息** **结识业内专家**
获得同行认可 **施展个人才华**

作为个人会员，你可以

- 优惠或免费获得学会提供的技术咨询和资料（以电子邮件方式为主）
- 优惠或免费参加学会或其所属专业委员会举办的学术活动
- 优惠或免费订阅学会通讯及与学会签约的学术期刊
- 优惠参加学会提供的继续工程教育培训
- 通过学会申请各类奖项和荣誉资格
- 其它可能由学会提供的服务

作为团体会员，你可以

- 派出代表参加全国会员代表大会
- 优惠参加学会组织的有关学术论坛、科技展览等活动
- 优惠或免费获得学会提供的有关资料、学术期刊和服务
- 优惠取得学会的技术咨询、新产品鉴定、工程项目验收等服务
- 优惠获得学会为单位员工进修而举办的新产品、新技术培训活动
- 其它可能由学会提供的服务

中国自动化学会办公室

地址：北京市海淀区中关村东路 95 号自动化大厦 509 室

邮编：100190

传真：010-62522248

电话：010-62544415

<http://www.caa.org.cn> E-mail: caa@ia.ac.cn