

# 物联网技术的发展及其工业应用的方向

Development of the Internet of Things and Its Orientation in Industrial Applications

彭 瑜

(上海工业自动化仪表研究院, 上海 200233)

**摘 要:** 在概述多方对物联网的学术概念和理解之后,着重阐述了物联网中“物”的含义和支撑物联网的技术,给出了2010~2020年后欧盟的物联网研发路线图,讨论了物联网的三个应用方向,并强调了其在工业应用方面的重要性。物联网是我国从制造大国走向制造强国的重要支持手段,大力推进物联网具有重要的现实意义。

**关键词:** 物理信息系统 射频识别 物联网 互联网 计算机网络

**中图分类号:** TH-3 **文献标志码:** A

**Abstract:** Having been describing the academic concept and understanding for Internet of things (IoT), the meaning of “things” in IoT and the technologies that supporting IoT, and the developing roadmap of IoT in 2010 to 2020 in European Union are expounded emphatically. In addition, three of the applicable orientations of IoT are discussed and its importance is emphasized. IoT is significant supporting measure for our country to become a powerful manufacturing nation from great manufacturing nation, thus it should be energetically pushed on.

**Keywords:** Cyber-physical system (CPS) RFID Internet of things (IoT) Internet Computerized network

## 0 引言

随着物联网 IoT 被列入战略性新兴产业的范畴,举国掀起了发展和开发物联网产业的热潮。人们对物联网的解读众说纷纭,不同领域的专业人员都从自己的视角去阐述和放大物联网的概念和内涵。许多公司都从自己的产品基础和积累来描述他们所理解和发挥的物联网,构筑他们的物联网架构和应用。如移动通信公司更多地依赖 GPRS 和 CDMA 来构筑他们设想的物联网应用;计算机硬件产品公司、基于计算机的工控设备产品公司则更多地把它们原有的产品加上 Wi-Fi 和/或 ZigBee 来构筑他们的物联网。

## 1 物联网的概念

在2010年《政府工作报告》的注释中指出:“物联网是指通过信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通讯,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络”。那么,从学术和技术的角度,物联网又如何有别于官方的通俗解释呢?

1997年国际电信联盟ITU(the International Telecommunication Union)在“对网络的挑战”报告中发布

修改稿收到日期:2010-12-27。

作者彭瑜,男,1938年生,1960年毕业于清华大学,国务院特殊津贴获得者,教授级高级工程师;长期从事工业生产过程自控系统的设计、现场总线与工业通信在控制系统中的应用工作。

了物联网的概念,之后发布的《2005年互联网报告执行概述》为信息和通信技术开创了新的高度。即除了人与人之间可以进行信息交换外,任何人可以在任意时间和任意地点,与任意可以连接的事和物进行信息交换<sup>[1]</sup>。由此引申出全新的互联网,促使物联网加速发展;人与人、人与物、物与物的互联,实体世界与虚拟世界的互联都将倍增,并创造出一种全新的动态网络——物联网。

欧盟物联网研究项目集合体 CERP-IoT 在 2009 年发表的《物联网策略研究路线图》报告指出<sup>[2]</sup>:建立在标准通信协议基础上的未来互联网将构成一个全球的公共 IT 平台,融入计算机网络、媒体互联网 IoM (Internet of media)、服务互联网 IoS (Internet of services) 和物联网,无缝地将各类网络以及“物”联成网络。据此,物联网定义为:“物联网是未来互联网的一个组成部分,它是一种基于标准和可互操作协议的、具有自配置能力的动态全局网络。其中具有标识、物理属性和虚拟个性,以及运用智能界面物理的‘物’和虚拟的‘物’都被无缝地联入该信息网络。”

物联网基础结构允许运用不同但可互操作的通信协议,将智能目标(如无线传感器和移动机器人等)、传感器网络技术和人的存在组合起来,实现一种动态的多模态/异构网络,在难以企及或远程空间(如采油平台、采矿、森林、隧道、输油输气管线等)或危险的场合或情况(如地震、火灾、水灾、辐射区等)予以利用。在这一基础结构中,这些不同的实体或“物”彼此发现

和利用,通过组合资源、彼此间取得和采用数据,从而极大地提升了所形成的服务范围和服务的可靠性。

2005年10月,美国科学院应美国国会评估美国技术竞争力的要求,提出维持和提高这种竞争力的建议《站在风暴之上》,在此基础上于2006年2月发布的《美国竞争力计划》则将信息物理系统CPS(cyber-physical system)列为重要的研究项目。CPS的核心是3C(computation, communication, control)融合<sup>[3-4]</sup>。不少人认为这是物联网的另一种叫法,但实际上它们是有明显区别的。从广义上说,CPS是一种在环境感知的基础上深度融合了计算、通信和控制能力,具有可控、可信、可扩展功能的网络化物理设备系统。它通过计算进程和物理进程相互影响的反馈循环,实现深度融合和交互,增加或扩展新的功能,以安全、高效和实时的方式监测或控制一个物理实体。CPS系统的组成如图1所示。

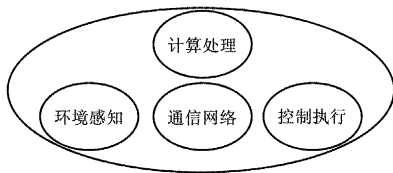


图1 CPS系统的组成

Fig.1 Composition of CPS

CPS的总体目标是为了实现物理世界和信息世界的完全融合。其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。

CPS的本质是3C融合,是基于计算进程与物理进程深度融合的新计算模式,是计算、物理和控制等多学科交叉和融合的系统。与上述欧盟和日本等国的物联网基本概念相比,CPS不但强调物理感知功能,同时突出地强调控制功能。因此,从本质上说,CPS是一个具有控制属性的网络,但它又有别于现有的控制系统。

它不仅仅是为了感知,更强调感控。从目前无线技术可能提供的支撑来讲,CPS只能是感知和开环控制。

为了进一步理解CPS的特点,可以分析一下CPS的典型应用范例——网络化车载系统(即车联网)。在网络化车载系统中,有感知车外的温度、气压、路况、车距、人流等信息和感知车内的座椅压力、烟雾、空调等信息的环境感知;还有多级通信系统,如车内基于CAN总线的局域网(车况实时监控、运行状态控制和汽车黑盒子等)、车与车之间的点对点或点对多点的特性(如紧急刹车时通知50m车距的车紧急避让、高速公路上的车距警示灯)以及车外的客户/服务器模式的前端对后台系统的通信(如CPS的信息服务、故障在线诊断、远程维护与控制)。网络化车载系统具有时空特性,为了支持实时操作(如刹车信号同步,即刹车信号同步到达四个车轮),其程序运行存在时间和并发的概念,同时,程序运行还具有空间概念(如CPS导航、空间位置、军用无人驾驶,或智能巡航时的方向控制)。网络化车载系统的行为是可预测、可靠和可验证的,其明显的特征是网络化的开环控制,如发动机喷嘴和气门按环境动态变化进行实时控制。

## 2 物联网中“物”的概念

按照理想的物联网IoT概念,其中的“物”成了业务、信息和社会过程的主动参与者,它们之间能够通信和交互,还能与环境交换数据和交换所感知的环境信息,与此同时还可以对“真实/物理世界”的事件自主地作出反应,并通过有人或无人的直接干预运行,采取动作和创建服务的过程。IoT中的“物”彼此间的影响取决于它们的功能能力(如计算处理能力、网络的联通性能和可供的电源等)以及时间的前后关系和空间的方位关系,从而在不同过程中主动介入和参与。“物”的属性、动作和参与性可以划分为5类<sup>[2]</sup>,如表1所示。

表1 “物”的功能域

Tab.1 Functional domain of “things”

| 功 能 域                                | 说 明   |
|--------------------------------------|---|
| 域1 基本特性                              | “物”可以是“现实世界实体”或“虚拟实体”;“物”具有标识,有自动识别标识的方法;“物”具有环境的安全性;“物”(及其虚拟表达)关心其他“物”或与之交互的人们的私密性、信息安全和安全性;“物”使用协议进行彼此间的通信,以及进行“物”与其基础架构通信;“物”参与现实/物理世界和数字虚拟世界之间的信息交换 |
| 域2 所有物的公共特性,甚而是最基本的特性<br>(也用于所有更高级别) | “物”可使用服务作为与“物”的接口;“物”可能与其他“物”在资源、服务上竞争,并接受选择压力;“物”可以附带传感器,实现与其所在环境的互动   |
| 域3 社会性物的特性<br>(也用于所有更高级别)            | “物”能与其他“物”、有计算能力的设备和人通信;“物”能协调建立网络或构成小组;“物”能对通信进行初始化  |
| 域4 考虑周全有自主能力的物的特性<br>(也用于所有更高级别)     | “物”能自主地干很多任务;“物”能与其所在环境进行交谈、了解,并适应所在环境;“物”能从所在环境中提取其特性或从其他“物”中学习了解;“物”能通过其推理能力作出决策;“物”能有选择地对信息进行推论并传播   |
| 域5 具有复制或控制能力的物的特性                    | “物”能创建、管理和毁坏其他“物”   |

在 IoT 的架构中,智能中间件将以一种非永恒的且高空间分辨率的方式在数字/虚拟空间创建真实/物理世界的动态映射,智能中间件还能将泛在传感器网络和其他具有可识别能力的“物”加以组合。在物理世界中,物以一种始终如一的方式对来自环境的刺激作出响应。举例来说,当白光照射在红色物体上,它把除红光以外的所有波长的光线全部吸收,仅反射红光。从抽象的水平上看,对于物体而言,有色的表面就是一个界面,光射到物体时,向物发送了一个消息,因而其反射也就是物的反应。对每一个消息从其界面接收到的一致性的响应,使物与其所在的环境发生了交互。由此可见,为了使虚拟世界能够理解,需要消息与对其的响应具有一致性。通过标准的界面能实现这一要求,实际上这也方便实现可互操作的要求。

在物联网中,我们可以在真实/物理世界与数字世界、虚拟世界以及社会之间通过语义集成方法,即采用的结构、前后上下的关系或数值等判据从分散来源的异构信息中找出相关联的有用信息,完成语义的相互作用,从而达到信息集成,如图 2 所示。

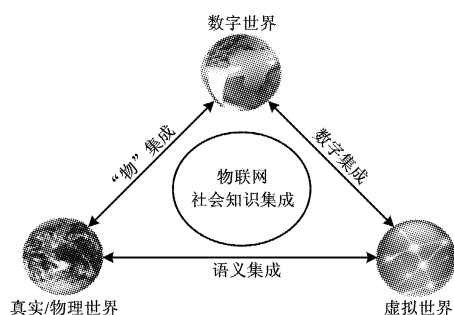


图 2 物联网实现真实、数字和虚拟世界的语义集成  
Fig. 2 Semantic Integration implemented among reality, digital and virtual worlds by IoT

由上述分析我们可以清晰地了解到,理想的物联网中的“物”不仅可以是具体的、实体的物,也可以是虚拟的物,或者是用数字形式表达的实体的物或虚拟的物。通过物联网可以在真实/物理世界与数字世界之间实现“物”的集成,在数字世界和虚拟世界之间实现数据集成,在真实/物理世界与虚拟世界之间实现语义集成,还能够为整个社会的各种应用实现知识集成。

### 3 支持物联网的技术

由于物联网涉及到感知、识别和定位、网络、各类通信识别技术、系统架构、数据和信号处理以及行业应用等,所以支持物联网的技术包括:物联网架构技术、通信技术、网络技术、网络发现;软件和算法、硬件、数

据和信号处理技术、发现和搜索引擎技术、关系网络管理技术、电能贮存和环境取能技术、信息安全和私密技术以及标准化等。广义来讲,物联网还对分散的计算功能有许多依赖,因此也有人说云计算是物联网的基石。下面对主要的技术做简要阐述。

#### 3.1 识别技术

物联网中的物都会有一个全球唯一的识别码,或在某一特定应用范围内的唯一识别码。一个物件可能有多个识别码,如某件产品由制造厂规定了一个永久性的识别码,但有时它还具有一个网络代码(IPV6 地址),还有可能有一个临时的局域识别码。许多设备常常是由多个物体或产品(甚至是一种在其生命周期内或可用阶段可以替换的产品)组合而成的,那么这类设备的 ID 号又如何确定? 当其内部的一个产品被更换后, ID 号又怎么能反映出这一变化呢? 这些都需要建立合理的机制(如“家族树”识别机制),才有可能在 IoT 中迅速地加以识别。特别是计算机、运载工具和建筑物等复杂的复合设备或装置,它们是由许多唯一的 ID 号和生命历史记录的组件产品构成的。为了跟踪这些组件,确定它们在设备或装置中的作用和关系,有必要建立表达共享数据规则的架构。

尽管目前已经有许多唯一的识别解决方案,但它们都会受到当前技术选择的局限(如存贮和通信能力的限制)。因此,开发新的数据载体的技术应该以在未来互联网的环境下的识别为前提。显然, IoT 网络的唯一 ID 号的流量管理,其排队序列要比现在互联网的 DSN 排队序列高许多倍。

未来的物联网节点可能达到千亿个的数量级( $10^{12} \sim 10^{13}$ )。因此,需要开发新的方法和技术来解决全局 ID 号的寻址、识别管理、识别的编码和封装、用识别和寻址进行授权和海量存贮管理、建立全局的索引查找服务以及发现服务,以利于采用各种不同的识别码解决方案来支持物联网的各种各样的大规模应用。

#### 3.2 物联网的架构技术

面向服务的架构 SoA(service of architecture)是一种不受限于具体技术的体系结构。在 SoA 中,迫切要求服务提供者与服务需求者之间进行有效的通信,而无需考虑信息结构、与业务相关的人为因素以及其他文件的异构(即非同一性)。这种要求称为语义的可互操作性(semantic interoperability)。通常认为技术方法是服务的要求者与提供者之间进行有效协调和集成的最大障碍,实际上语义的互操作性才是根源性的问题,利用 SoA 是解决语义可互操作性的前提。SoA 的信息系统架构图如图 3 所示。

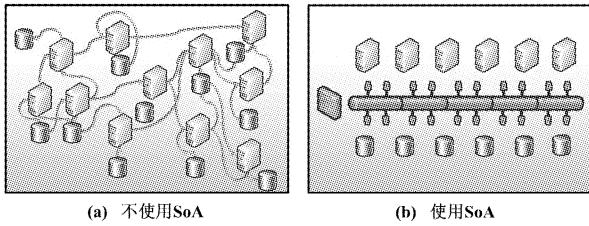


图3 SoA 信息系统架构

Fig. 3 Frameworks of SoA information system

由图3可知,在异构信息系统中,服务的提供者和需求者间达到语义的可互操作性有许多方法。如可开发一种广泛共享的信息模型,以便于在参与的应用和业务间实现语义可互操作性。但这一方法过于刚性,当它用于提升SoA的业务过程时显得缺少灵活性。再如,在每一个参与者一端提供一种语义中介体(翻译程序),以方便转换为其他参与者所能理解的信息格式。大多数系统是利用一种与语境无关的共享信息模型和与特定语境信息规范相组合的方法来实现语义的可互操作性。为确保服务提供者和开发者之间有一个开放的运作空间,对物联网来讲关键的设计要求是在异构的“物”及其环境之间必须具有可伸缩性、模块化、可扩展性和可互操作性等特性。由于这是一种提供解决方案的竞争市场,服务的使用者自然也能从中按应用要求来组合各种可能提供的服务,从而得到利益。在SoA环境下,提出了许多实际的实现语义可互操作性的方法,并在运用中取得了不同程度的成功。值得关注的是以下4种方法:①在行业内使用的纵向范畴的业务词汇表;②横向范式纵向交叉框架,如ebXML、UBL等;③基于语义Web的本体框架;④语义中介体。

3.3 数据和信号处理技术

在统管整个生产和销售全部过程的领域,或者虽属不同专业但从其结构来说这些专业都是为某些复杂装备的设计、制造服务的领域(以上可简称为垂直领域),其中不同的工业主体(或专业)之间可利用XML作为这些人为设计的业务过程相互交换信息的标准化基础性语言。每个特定的领域都可以依据本领域中的标准主体来开发专用的XML标准。基本思想是首先用XML的节点及其属性来表达合同、委托、流程、工作流、消息和其他数据语义;然后发布这些XML的名词术语作为该特定领域通用的文档形式定义DTD(document type definition),或者叫做该特定领域的XML纲要(schema)。如果每个特定领域的每个成员都遵从同样的DTD或XML纲要,就能够达到语义的可互操作。在结构化信息标准推进组织OASIS(the Organization

for the Advancement of Structured Information Standards)的网站或XML网站上可以找到各种各样的XML名词术语表,如用于保险业的ACORD、用于旅游业的OTA、用于政府的GovML、用于健康关怀的HL7以及财务直通处理的TPML等。

在数据和信号处理技术方面着重要解决的问题是:①语义的可互操作性、服务发现、服务合成、语义传感器互联网站;②数据共享和协同;③人机交互;④边界处理、过滤和集结;⑤服务质量、流水线处理。

3.4 涉及物联网发展的硬件技术

围绕IoT需要发展的硬件技术包括硅技术、传感器技术、应用环境要求和标准化4个方面。IoT发展的硬件技术如图4所示。

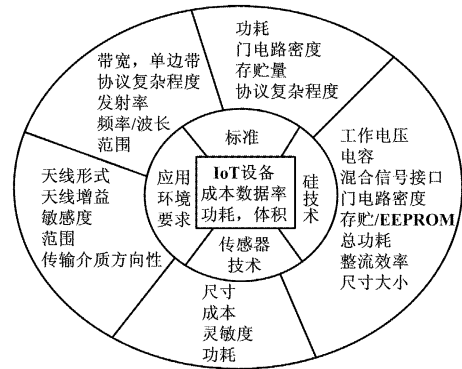


图4 IoT 需要发展的硬件技术

Fig. 4 Hardware technologies for IoT to be developed

研究纳米电子器件将为实现低价、微小型而功能性提升的无线可识别系统创造条件。发展研究聚合物电子技术是开发廉价、无毒且可随意处置和使用的电子器件所必须的基础,这样才有可能开发出在RFID识别标签和传感器器件中还包括用薄膜晶体管构成的逻辑和模拟电路、电源转换器件、电池、存储器件和主动标签等。

硅IC技术将为用于检测和监控环境参数的系统增加功能性和满足其更多的非易失性存储空间的要求。研究应该致力于亚微米频段射频CMOS技术的超低功率、低功率和低泄露的设计,高效的DC-DC功率管理解决方案,超低功率、低功率可控的非易失存储器件,以及集成RF MEMS和MEMS的器件。而研究的重点应该是以下高度小型化的器件:多射频、自适应且可配置的前端器件, HF/UHF/SHF/EHF, 存储器件EEPROM/FRAM/聚合物, 数字处理器件, ID 128/256位和其他类型的ID以及多通信协议的器件。无线可识别器件(如RFID)已出现增加嵌入式智能的应用和物联网的嵌入式智能两个趋向。

### 3.5 发现和搜索引擎技术

有关物的信息和服务常常分割在许多实体中,可能是在类的层级(即对物的所有实例的公共信息和服务,具有相同的类)和串行层级(即对每个个别的物都是唯一的),以及由物的创建者或由其他诸如在其生命周期的某个阶段的个别物之间进行交互的实体所贡献的信息和服务(使用这些信息和服务是要授权的)。物联网要求开发查找/分派服务,以将这些信息和服务与物链接,同时,支持以一种既保证个别物的私密性、又确保业务信息的可信度的方式来安全存取这些信息和服,即在确实的关系上发现信息的请求者与信息的提供者之间的匹配。由于物会在真实世界中移动,它会遇到新的环境,在这种情况下,具有智能的物和其他代理会监控这个新移动过来的物。为发现该物在局

部环境中所能提供的能力,也要求查找机制。这些能力包括传感器和执行器的可用性、网络通信界面、计算和将数据处理为信息手段以及前向运输、处理、发生问题时的物理处理或向人机界面警示的手段。物也有要求发现现存的另外的物,并在其环境中识别同等或同类的物,以与它们就共享的目标(如对运输和目标的共同要求、特殊的存贮和处理要求等)进行通信。

在发现和搜索引擎技术方面着重要解决的问题是:①设备发现、分布式海量存贮;②定位和局域定位;③真实实体、数字实体和虚拟“实体”之间的映射;④空间数据的地面(terrestrial)映射。

在2009年发表的《物联网策略研究路线图》报告中给出了欧盟物联网研发路线图<sup>[2]</sup>,如表2所示。

表2 欧盟物联网研发路线图(2010~2020年)

Tab.2 R&D roadmap paths of IoT in European Union(2010~2020)

| 研发需求         | 2010年前  | 2010~2015年  | 2015~2020年   |
|--------------|---|---|--|
| 识别技术         | 不同应用领域的商业化识别方案;IP和RFID识别的结合和寻址方案  | 唯一的ID号;特定场合的多ID;扩展ID的概念;电磁ID(EMID)  | 超出EMID范围   |
| IoT架构        | 物联网(单一管控实体的IoT基础结构,可控环境和业务实例,10 <sup>3</sup> /10 <sup>6</sup> 数量级的物)  | 物联网(合作伙伴间的应用,基本的可互操作,10 <sup>9</sup> 数量级的物)   | IoT(全球规模的应用,全球的可互操作,10 <sup>12</sup> 数量级的物)                            |
| SoA,IoT的软件服务 | 基本IoT服务(围绕物的服务)   | 复合IoT服务(IoT服务还包括其他服务,单一区域,单一管理实体)   | 过程IoT服务(整个过程实现IoT服务,多区域/交叉区域,多管理实体,整体异构服务基础结构)                         |
| IoT架构技术      | 投入较少的启动工程(探索功能);低成本硬件实现;较小和价廉的识别标签;较高频率的标签;在较差环境中使用的RFID标签  | 采用对称加密算法(由主动标签进入被动标签);对象的通用身份确认;标签在断电后的完整恢复;更多存贮空间;降低功耗   | 在标签或标签读入器中被执行的标签代码;全局应用;适应性所包括的区域;对象智能;前后上下关系的认知                       |
| 通信技术         | 传感器网络,RFID,ZigBee,蓝牙,UWB,无线HART,ISA SPI00   | 长距离范围(频率更高,10GMz以上);可互操作性协议;抗冲突算法;断电和感生差错时标签不致丢失的协议   | 单芯片网络和多标准架构;即插即用标签;自修复标签   |
| 网络技术         | 宽带;不同网络(传感器网,移动电话网灯);可互操作性架构(协议、频率);网络安全(如存取授权、数据加密、标准)   | 网格/云网络;混合网络;Ad hoc网络形成;自组织无线网格网络;多重授权;基于RFID的网络系统—与其它网络的接口—混合系统/网络  | 基于服务的网络;集成/通用授权;通过市场机制的数据代理  |
| 软件和算法        | 面向服务的架构;嵌入式软件;区域专用事件的生成;“物”的语义/本体论;过滤;依赖被跟踪数据与某类独特ID的分析的随机和非随机跟踪和追溯算法   | 自管理和自控制;微操作系统;前后上下关系认知的业务的事件生成;可自治、可裁剪的软件;协调应急软件;由单个“物”运行的增强型随机和非随机跟踪和追溯算法;软件和数据配发系统  | 自复用软件;具有自治能力的物(自配置、自修复、自我管理);对象智能平台;具有进化能力的软件                          |
| 硬件设备         | MEMS;低功耗电路;硅器件;智能多频带天线;低功耗芯片组;低价格标签;小尺寸、低价无源电子器件;高Q值电感器;高密度电容器、可调谐电容器;低损耗开关;RF滤波器   | 带RFID的薄纸状电子显示器;产低功耗EPROM/FRAM;聚合物电子标签;集成在芯片上的线圈;超低功耗电路;电子纸;耐受恶劣环境的器件(极端温度变化、振动和冲击条件,以及与不同化学物质接触的条件);毫微功率处理单元;静默性标签;可生物降解的天线                                     | 基于聚合物的存贮器件;分子传感器;自治性电路;透明显示;互动性标签;具有协调能力的标签;异构集成;自供电传感器;低价分子器件         |
| 硬件系统、电路和架构   | 混合技术传感器、执行器、显示器和存贮器集成;功率优化的软硬件设计;片上功率控制系统SoC;开发各种高性能、小尺寸、低价格的电子元件,如高Q值电感、精密电容、高密度电容、RF滤波器、可调电容等;在降低价格和尺寸的前提下增强RFID读入器的功能性和计算能力;采用系统级封装(SiP)的小型化嵌入式RFID读入器 | 多标准的移动式RFID读入器;标签及其读入器范围增扩;传输速率提升;分布式控制和数据库;多频多模式无线传感器体系结构;标签上带有传感(温度、压力、湿度)和执行能力(显示、小键盘、执行器)的小系统;超低功耗的芯片组以提高操作范围(无源标签)和提高电源寿命(半无源、有源标签);符合信息安全的超低价芯片;无冲突无线传输协议 | 自适应体系结构;可重复配置无线系统;对环境的适应和改变功能性;分布式处理和存贮;低价个分子式传感器;读入传感器和执行器信息的多标准微型读入器 |

续表 2

| 研发需求       | 2010 年前   | 2010 ~ 2015 年  | 2015 ~ 2020 年                         |
|------------|---|--|---------------------------------------|
| 数据和信号处理技术  | 网格计算;传感器数据的异构建模;虚拟物的识别(如基于 A/V 信号处理的识别);传感器的虚拟化(独立于供应商和技术的模块) | 共用传感器的本体论(跨应用领域);分布式能效数据处理                                   | 自治计算;标签尺度计算                           |
| 发现和搜索引擎技术  | 简单的基于 ID 的对象的检查;就地注册;发现服务                                     | 对所连接的物的发现服务范围可大可小,且顾及信息安全、私密性和可信性服务;物的搜索引擎;IoT 浏览器;每个对象有多重识别 | 按需的发现和集成服务;通用授权                       |
| 标准化        | RFID;MEM;WSN;H2H  | 私密性和信息安全标准;对象交互语言  | 动态标准;交互设备的标准采用                        |
| 功率和能量存储技术  | 薄膜电池;能量功率管理;RF;热电堆;太阳能电池                                      | 印刷电池;光伏电池;超级电容;能量转换器件;网格发电;多电源供电                             | 纸基电池;随时随地无线供电;恶劣环境中的发电技术              |
| 信息安全和私密性技术 | 能效信息安全算法  | 采用对称加密和公共密钥算法由有源标签进入无源标签;低价、安全、高性能的识别/授权器件                   | 基于前后关系的安全激励算法;服务触发的安全;对象智能;能辨清前后关系的器件 |
| 材料技术       | 聚合物;抗高低温、机械振动冲击、耐化学物质的 RFID 标签的组装和封装技术                        | 碳材料;导电聚合物和半导体聚合物、分子材料;导电墨水;柔软性衬底;分子加工技术                      | 碳纳米管                                  |

#### 4 物联网的应用领域

实际上,在现有的人类社会和各类应用集成的基础上,通过“物”在新维度的通信和集成,进一步在时空和应用领域加以扩展,这就是我们今天称之为物联网的另一种表达。新维度就是提高 IoT 的附加值,扩展传统的本地化的自动识别和数据获取的能力,以及扩大其他在软硬件接口方面的尖端技术的应用等。

如前所述,对“物”可以有各种不同的理解,这往往与它所在的应用领域有关。在工业领域,“物”通常是产品本身、设备装置和搬运工具等,也就是参与产品生命周期的各式各样的东西;在环境领域,“物”可以是树、建筑物、环境状况的测量设备等;在社会领域,“物”可能与公共空间的设备或者生命支持的环境设备有关。因此,为了思考物联网各种可能的应用,我们需要将其划分为几个主要的领域,以便于清晰而广泛地被认同。有一种建议是把 IoT 的应用领域划分为社会、环境和工业三大领域,三大领域的特征描述及示例如表 3 所示。

表 3 三大应用领域的特征描述和举例

Tab. 3 Feature descriptions and examples of three major applicable areas

| 领域 | 特征描述                      | 象征性例子                                    |
|----|---------------------------|--|
| 工业 | 包含公司、组织和其他实体之间的财务和商务的所有活动 | 制造、物流、服务、银行业、财政管理当局、中介机构                 |
| 环境 | 涉及所有自然资源的保护、监控和开发的一切活动    | 农业和畜牧业、资源循环利用、环境管理服务、能源管理等               |
| 社会 | 涉及社会、城市和人民的发展和关爱的活动/创建    | 面向公民和其他社会结构的政府公共服务(电子参与),电子关爱(如老龄化、弱势群体) |

#### 5 物联网工业应用的方向

综合上述内容,可以清晰地了解到物联网技术是一种系统性很强、涉及面很宽的技术,其工业应用不仅仅是解决有线网和无线网的问题,且是需要全面解决应用系统的问题。相关技术的进步、需求和挑战更大,材料、电源、存储与数据管理、数据处理、安全与私密性等相关的技术,对这个体系的影响极大。

在我国酝酿物联网技术开发和应用的高潮中,许多省市和单位往往把注意力集中在民生、健康关怀、环境监测和地质监测等方面,除了物流、智能电网之外,比较少涉及物联网的工业应用方向。其实,作为一个业已形成世界工厂的制造大国,迫切需要以一种跨越式步伐迈向制造强国,怎能不以广阔的视野和精力去关注物联网的工业应用呢?我们不妨去搜索和考察一下制造强国德国是在以什么态度对待物联网的工业应用,就很容易发现已在工厂中广泛使用的 RFID 技术和产品,在促进和推动物联网的工业应用,进而提升工业化和信息化的融合的深度和广度方面,这里不但有许多工作可做,而且还有大量的潜力可挖<sup>[5-6]</sup>。更何况相对于一些其他领域来讲,工业领域原本就具备较好的自动化水平和信息化水平。因此,引进物联网的概念和方法投资相对较少,效果却相当显著。

举例来说,机械制造业和电子制造业等工业都属于离散流程。在这些工业的整个生产链中,制件的跟踪和质量控制及监测是制造执行系统 MES 一个不可或缺的基础环节。目前,我国和国际上的 RFID 系统主要是借助于射频识别跟踪物品。如果被跟踪物品还有其他相关参数需要获取,一般都通过传感器经由有线或无线网络送往上位计算机,让来自不同网络的信

息在此综合。由于信息综合是在通过两个不同的网络传递后再进行的,所以实时性难以确定保证,且有可能形成来源不同的信息难以同步,或不能匹配,出现差错的可能性大增,而且成本较高。运用无线传感器网络 WSN 的终端节点采集在制件的相关加工属性参数,运用 RFID 技术跟踪在制件,接着将这两个信息组合打包,再利用布置在加工现场的无线网络将此包含在制件位置和加工属性的信息送至上位计算机系统处理,可实现:可视化、质量跟踪和追溯、位置跟踪以及生产调度和生产进度在线管理等 MES 的功能。显而易见,这是运用物联网技术实现工业化和信息化两化融合的相当典型的应用案例。

在工业中应用物联网,其信息的获取主要依赖于以 RFID 为主的定位技术和具有感知能力的无线短程网络技术。应用于工业的物联网的利用率基本取决于物件识别数据是否从 RFID 阅读器采入、相关联的数据及其描述是否通过无线传感器及其网络采入,以及从闭环处理链的意义上看 RFID 硬件是否通过某种方式直接接入公司或工厂的 IT 基础架构,并且贯穿整个公司或工厂的全部边界。基于 RFID 的基础架构的操作运行效率取决于信息实际到达其接收者的可靠度、信息传输的完整性、系统规模的可伸缩性和涵盖整个物流链的集成深度。这就是目前德国工业界对于物联网在工业中的应用所关注的一个焦点。

德国联邦教育和研究部近年来启动了一项科研计划 SemProM (semantic product memory) 合作计划,其目标是开发下一代的无线移动式嵌入元件——数字式产品存储器 DPM (digital product memory)<sup>[7]</sup>。从物联网的意义上讲,它将可能是获取所有运行和物流产品数据,并与用户及其他产品进行数据交换,以及建立直接即时的通信环境。目前,工业合作伙伴瞄准了诸如贸易、物流、健康关怀和汽车领域。现在 RFID 标签进行无线读取和存储数据无需任何直接的视线,而未来的数字式产品存储器将远远超出这一能力。与飞机的黑盒子比较,除了产品的性能数据和运行数据外,DPM 还可记录来自各种嵌入式传感器(如温度、曝光度、湿度、加速度和位置等)的数据;可以实时获取和认证所有相关的产品数据,以及深入更基础的细节。数字式产品存储器是语义技术(semantic technologies)、人机通信(M2M)、智能传感器网络、用仪表和传感器感知的环境(instrumented environments)的技术、RFID 技术以及多模式交互技术等综合运用的产物。它可将小型化、微型化的嵌入式系统集成到任意日常物体中,以人

们从外观来说不可见的方式提供采集各种信息的手段。除了微处理器、微传感器、GPS 和无线元件外,这些系统还应包括适当的供电电源(电池,从环境中取得电能,如光、机械振动)。这样才有可能使得产品存储器之间,或与它们周边的自组织 Ad hoc 网络的就地电台和无线网络交换数据,并在有限的时间内独立地建网和组态。

## 6 结束语

物联网的技术发展方兴未艾。如表 2 所述,目前的物联网就其实质来说还是物联网的范畴,节点只不过为  $10^3 \sim 10^6$  的数量级;再经过 5 年的发展,可以进入物联网外网的范畴,节点可能达到  $10^9$  的数量级;到 2020 年,有可能发展到真正意义上的物联网,即全球的物物相连的互联网,节点可能达到  $10^{12} \sim 10^{13}$  的数量级。环绕这个目标需要进行许多方面的技术研究和开发。

物联网的应用包括环保、社会和工业等多个方向。发展物联网的工业应用是实现工业化和信息化两化融合的契合,也是为智能制造服务的信息集成创造一种基础和前提。从制造大国向制造强国提升,物联网将为制造业提供难以估量的直接作用。

物联网的产业发展正在起步。尽管目前已经有了初步规模的 RFID 的产业,但与今后大规模和超大规模的应用来讲,其成本和价格将远不能适应。试想如果一个工业级的 RFID 的标签动辄二三十元,甚至上百、上千元,那还有可能让每一个物都能纳入物联网吗?由此可见,物联网的产业发展必须紧紧依赖于技术开发,寻找价廉物美有可靠的基础产品。

中国科学院院士王曦直言指出:“物联网热得有点发烫。……物联网的技术创新和产业发展尚不成熟,有些地方盲目追捧物联网,是借新技术快车行‘跑马圈地’招商引资之实”<sup>[8]</sup>。我们需要的是切切实实为发展物联网技术耕耘,才有可能结出物联网产业丰硕的果实。

## 参考文献

- [1] ITU. Internet reports 2005: the Internet of things executive summary [EB/OL]. Nov, 2005, <http://wenku.baidu.com/view/e531c0b069dc5022a00ce.html>.
- [2] Cluster of European Research Projects. Internet of things strategic research roadmap [EB/OL]. [2009 - 09 - 15]. <http://wenku.baidu.com/view/8d30862de2bd960590c677d8.html>.
- [3] 何积丰. Cyber-physical systems [J]. 中国计算机学会通讯, 2010, 6(1): 25 - 29.

(下转第 12 页)

表 1 TE 过程故障  
Tab. 1 Faults of the TE process

| 编号    | 故障描述                    | 类型   |
|-------|-------------------------|------|
| 1     | A/C 进料流量比变化,组分 B 含量保持不变 | 阶跃   |
| 2     | 组分 B 含量发生变化,A/C 进料流量比不变 | 阶跃   |
| 3     | 物料 D 的温度发生变化            | 阶跃   |
| 4     | 反应器冷却水入口温度发生变化          | 阶跃   |
| 5     | 冷凝器冷却水入口温度发生变化          | 阶跃   |
| 6     | 物料 A 损失                 | 阶跃   |
| 7     | 物料 C 压力损失               | 阶跃   |
| 8     | 物料 A、B、C 的组成发生变化        | 随机   |
| 9     | 物料 D 的温度发生变化            | 随机   |
| 10    | 物料 C 的温度发生变化            | 随机   |
| 11    | 反应器冷却水入口温度发生变化          | 随机   |
| 12    | 冷凝器冷却水入口温度发生变化          | 随机   |
| 13    | 反应动力学特性发生变化             | 慢漂移  |
| 14    | 反应器冷却水阀门                | 粘滞   |
| 15    | 冷凝器冷却水阀门                | 粘滞   |
| 16~20 | 未知                      | 未知   |
| 21    | 阀门固定在稳态位置               | 恒定位置 |

### 3.2 基于 PCA 与 KPCA 的 TE 过程故障检测

将 PCA 方法和 KPCA 方法同时应用于 TE 过程,比较它们的故障检测性能,并分别对 TE 过程的 21 种故障进行检测分析。在仿真实验中,核函数采用高斯核函数: $k(x, y) = \exp(-\|x - y\|^2/\sigma)$ ,核参数  $\sigma$  取 400,并采用 SPE 统计量进行监控。图 2 是对故障 1、5、8 进行故障检测的 SPE 统计图。

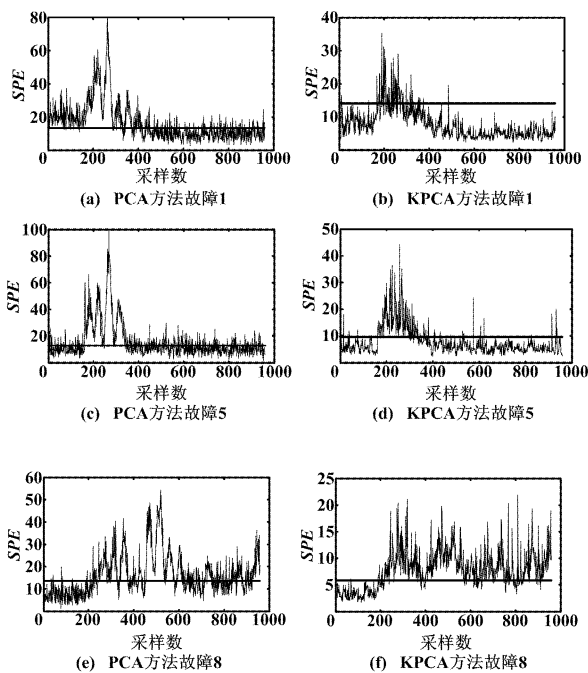


图 2 故障检测结果

Fig. 2 Detection results of fault

从图 2 可以看出,利用 KPCA 方法对化工过程进行故障检测可以达到较好的效果。

### 4 结束语

本文针对化工过程复杂非线性的特点,提出利用 KPCA 方法进行故障检测的思想,从而解决了 PCA 方法对非线性系统性能差的缺点。通过在 TE 化工模型上进行故障检测的仿真研究,结果表明 KPCA 方法明显优越于 PCA 方法。

### 参考文献

- [1] Kybernetik B F, Smola A, Schölkopf E, et al. Nonlinear component analysis as a kernel eigen value problem[J]. Neural Computation, 1998, 10(5): 1299 - 1319.
- [2] 薄翠梅,张滢,张广明,等. 基于特征样本核主元分析的 TE 过程快速故障辨识方法[J]. 化工学报, 2008, 59(7): 1783 - 1789.
- [3] 宋凯,王海清,李平. PLS 质量监控及其在 Tennessee Eastman 过程中的应用[J]. 浙江大学学报:工学版, 2005, 39(5): 657 - 662.
- [4] 蒋浩天, Chiang L H. 工业系统的故障检测与诊断[M]. 段建民,译. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [5] 吴德会,王晓红. 基于 PCA - SVM 的柴油凝点近红外光谱软测量法[J]. 自动化仪表, 2007, 28(5): 12 - 16.
- [6] 马智明,阳宪惠. 采用主元分析的过程故障诊断方法[J]. 自动化学报, 2006(2): 125 - 129.
- [7] 薄翠梅,李俊,陆爱晶,等. 基于核函数和概率神经网络的 TE 过程监控研究[C] // Proceedings of the 26<sup>th</sup> Chinese Control Conference, Zhangjiajie, China, 2007: 511 - 515.
- [8] Downs J J, Vogel E F. A plant-wide industrial process control problem[J]. Computers and Chemical Engineering, 1993, 17(3): 245 - 255.

### (上接第 7 页)

- [4] 刘祥志,刘晓建,王知学,等. 信息物理融合系统[J]. 山东科学, 2010, 23(3): 56 - 61.
- [5] Blocher A. Internet of things: talking with everyday objects[J]. Industrial Ethernet Book 05, 2010: 38.
- [6] Hartmann T. Applying RFID technology across the factory floor[J]. Industrial Ethernet Book 04, 2010: 20.
- [7] SAP NetWeaver, Novell. Digital product memory: furthering the vision of the Internet of things[EB/OL]. <http://www.sdn.sap.com/irj/sdn/index?rid=/webcontent/uuid/00a71b41-c2fe-2b10-6486-994159a4c778&prrmode=print>.
- [8] 王曦. 盲目追捧物联网是用新技术“跑马圈地”[N]. 新民晚报, 2010 - 11 - 16(科教卫新闻版).