



# 工业无线通信技术

## Technology of Industrial Wireless Communication

**[编者按]** 以感知和智能为特征的新技术的出现和相互融合,使得未来信息技术的发展由人类信息主导的互联网向物与物互联信息主导的物联网转变,对工业生产与管理主要的影响体现在信息和智能的泛在化。

面向工业自动化的物联网是工业现场级的传感器网络、面向物流管理的RFID网络、工厂控制网络和企业信息Internet网络的集成与融合,是未来制造环境中实现人与人、人与机器、机器与机器之间信息交互的主要手段。

经过“十五”、“十一五”的发展,我国在工业信息化方面取得了丰硕的成果,EPA、WIA等一系列自主技术已经成为国际标准,为我国进一步发展面向工业自动化的物联网打下了坚实的基础。我们将通过本专题向大家介绍我国工业物联网技术和应用的最新研究进展,相信通过大家对这个专题的关注会加速物联网技术在各个行业的应用,推动我国工业物联网产业的跨越式发展。

## 第十九章

# 面向工业自动化的物联网技术与应用

## Chapter 19: Internet of Things Technology and Application Oriented Industrial Automation

梁炜 曾鹏

(中国科学院沈阳自动化研究所,沈阳市 110016)

Liang Wei Zeng Peng

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016)

**【摘要】** 工业是物联网应用的主要行业之一。本文描述了物联网对工业的影响,总结了面向工业自动化的物联网的关键技术,介绍了未来面向工业自动化的物联网的几个典型工业应用领域。

**【关键词】** 物联网 工业自动化 技术 应用

**Abstract:** Industry is one of the main application trades for Internet of things. The influences of Internet of things on industry are described. The key technologies of Internet of things oriented industrial automation are summarized. And some classic application domains for future Internet of things oriented industrial automation are introduced.

**Key words:** Internet of Things Industrial Automation Technology Application

### 1 物联网技术改变工业

以感知和智能为特征的新技术的出现和相互融合,使得未来信息技术的发展由人类信息主导的互联网向物与物互联信息主导的物联网转变。物联网是在计算机互联网的基础上,利用无线通信、传感器、RFID等技术,构造一个覆盖世界上万事万物的“Internet of things”<sup>[1,2]</sup>。“物联网”被称为继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮。业内

专家认为,物联网可以提高经济效益,大大节约成本,为全球经济的复苏提供技术动力。目前,美国、欧盟等都在投入巨资深入研究探索物联网。我国也正在高度关注和重视物联网的研究。

物联网发展离不开应用,未来一定是结合各个行业应用来发展。面向工业自动化的工业互联网技术是物联网的关键组成部分。物联网将大大加快了工业化进程,显著提高了人类的物质生活水平,促进了企业生产和经营管理模式的改变。

面向工业自动化的物联网技术是以泛在网络为基础、以泛在感知为核心、以泛在服务为目的、以泛在智能拓展和提升为目标的综合性一体化信息处理技术。所谓泛在网络,主要是指工厂范围内泛在的物物

收稿日期: 2010-02-08

项目来源: 国家自然科学基金资助项目(60704046, 60804067); 863 资助项目(2007AA041201, 2007AA04Z173)

作者简介: 曾鹏(1976-), 男, 辽宁省沈阳市人, 博士, 中科院沈阳自动化所研究员, 主要从事工业无线网络、无线传感器网络等方面的研究。

互网络，实现对生产活动的时间和空间维度管理的拓展，显著提高了物流管理的实时性和可追溯性，对生产管理产生的影响将是巨大的。泛在感知，是指以微型系统与电子器件为泛在信息技术的硬件基础，借助于嵌入各种应用环境的系统来实现对多种模式信息(声、光、电、热、生理信息、化学信息、动作与空间信息等)的捕获、分析和传递，为人类深层次理解物理世界提供的前所未有的技术手段，将极大地拓展人们对物理世界的了解和监测能力，促进各领域工业生产活动的进一步合理化和精细化控制。泛在服务，是以为用户提供方便的、深层次的信息服务为目标，以基于机理模型、统计模型、数据挖掘等信息处理技术为手段，对由泛在网络和泛在感知应用所产生的海量数据进行深入的知识挖掘和学习，从而避免将信息淹没在海量数据的汪洋之中。泛在智能，是对泛在信息处理技术的拓展和提高，以泛在信息服务的自适应、自优化、自配置、自恢复为特征，面向不同领域提供即插即用、即时可定制、高度抽象等领域知识。

物联网技术支持下的工业自动化，在企业组织和流程方面将会发生明显的变化，具有以下特征：

- \* 制造技术的社会化服务成为一种趋势。制造相关的支持技术和服务能力空前提升，面向制造需求的社会化资源和服务不断出现，并将逐渐丰富。
- \* 全球范围的无边界生产组织成为主流。制造服务企业专业化高效运行，全生命周期的制造过程将由全球范围内的多元企业，以社会化无缝集成的方式来完成，真正实现制造的无边界组织。
- \* 流程优化将是企业的经常性业务活动。流程优化是制造企业核心竞争力的主要指标要素，逐步由业务流程再造向个性化和可定制的业务流程构造转变。

\* 企业创新运作模式呈多样化的态势。仿真和物理模拟技术的发展 and 融合，促使产品设计与真实产品高度逼近，设计即制造将为企业创新运作模式带来充分的想象空间。

在物联网的支撑下，新的企业运作模式有以下特征和趋势：

- \* 制造企业与市场和市场的联系更为密切。由于对制造过程的追踪能力大为提升，对售后产品的监测和服务手段更强，促成了由批量生产为目标的专注于生产为中心的管理模式，向面向客户需求为主、同时兼顾生产效率的定制化、全生命周期管理的个性化制造模式转变。
- \* 管理层次减少或扁平化具备了基本条件，决策更为有效。扁平化管理思想的出现，主要是追求管理效率带来的要求。而在泛在信息技术的支持下，企业的社会化分工将更为专业，完成全制造过程链上的各企业具有天然的平等地位，扁平管理不仅是追求管理效率的需求，同时也真正具备了实现扁平管理的组织前提和支撑条件。
- \* 生产组织更为柔性，将在社会化集成的层面上适应市场变化的需求。企业的专业化高效运行、制造资源的社会化无缝集成，使得制造可以在无边界企业意义上的社会化环境下及时重组，实现更大跨度的资源集成。

总之，基于物联网的工业自动化是人机和谐智能制造系统发展的新历史阶段。物联网将改变工业生产、经营和管理模式。

2 面向工业自动化的物联网关键技术

物联网的技术体系如图1所示。包括信息感知层、网络接入层、应用层。感知层包括传感器等数据采集设备，是物联网发展和应用的基础，其中RFID技术、传感和控制技术是感知层涉及的主要技术。物联网的网络层将建立在现有的移动通讯网和互联网基础上，通过各种接入设备与移动通讯网和

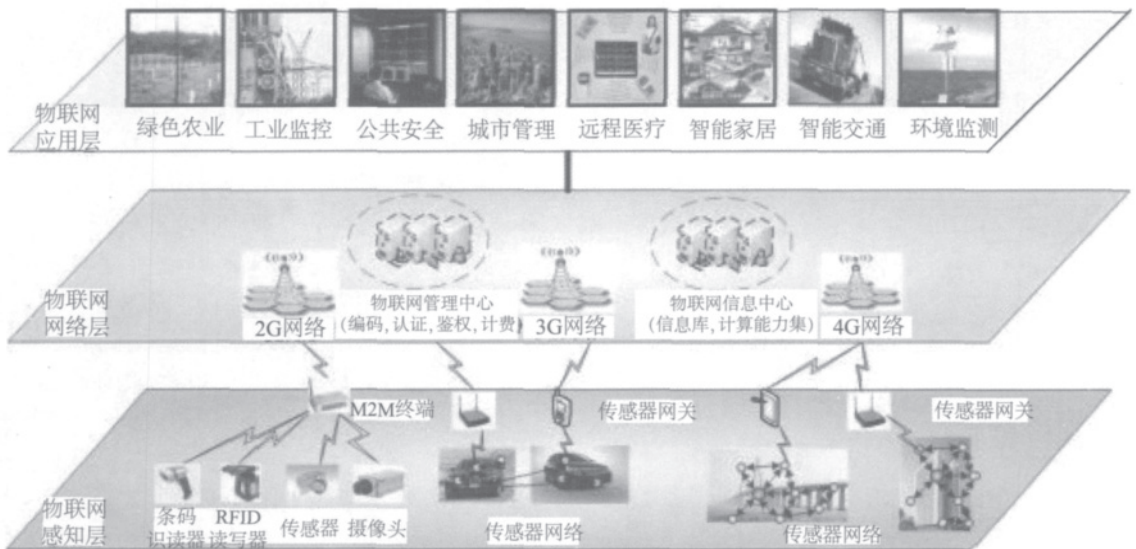


图1 物联网技术体系

互联网相连,将采集信息上传到互联网,漆黑中短距离无线通信技术、数据存储技术和网络管理技术是网络层涉及的主要技术。物联网应用层利用经过对感知数据的分析处理,为用户提供丰富的特定服务,其中信息处理技术、应用平台技术等应用层涉及的主要技术。

工业测控应用的特殊性对物联网提出了以下特定的要求:

\* 高可靠性:大部分的工业控制应用要求数据的可靠传输率要超过95%。在工厂极端恶劣的环境下,无线信号的传播易受由生产设备产生的强噪声、其它无线设备产生的窄带或宽带干扰以及由移动的人或设备反射造成自身信号传播过程中的多途干扰。针对这种恶劣环境,现有的无线扩频通信技术难以达到高可靠通信的要求。

\* 实时性:对于工业闭环控制应用,数据传输延迟应低于1.5倍的传感器采样时间。而现有面向商业应用的无线技术的实时性难以满足应用要求。

\* 节能运行:从运行和维护成本方面考虑,由电池供电的无线设备其自主运行的寿命(无需更换电池)应达到3至5年。无线设备的能耗由感知、计算和通信三部分组成,而对于快速连续控制过程,现有的节能技术还难以达到实用要求。

\* 安全性:随着工业控制系统网络化进程的推进,网络安全和数据安全问题日益突出,一些安全漏洞将给工业控制应用造成巨大的损失。无线通信由于信道的共享特征更容易受到攻击,其安全保障机制将更加复杂,现有的无线网络安全机制还难以达到要求。

\* 兼容性:为了保护用户的原有投资,新型的工业无线测控网络要具有与工厂原有的有线控制网络互连和互操作的能力。为了达到闭环控制的要求,互连与互操作技术在实现通信介质和协议转换的同时,还要保证通信的可靠和实时,这是以前的互连与互操作技术无需考虑的问题。

针对物联网的技术体系和上述挑战性问题,面向工业自动化的物联网需要研究如下关键技术难题:

#### (1) 新型传感器与传感装置

信息的泛在化对工业的传感器和传感装置提出了更高的要求:

\* 微型化:重点研究传感器与传感技术硬件系统与元器件的微型化,解决提高可靠性和可应用性,降低成本节约资源与能源,减少对环境的污染等问题。在微型化中,目前为世界各国注目的是纳米技术,研究才刚刚起步,需要开展进一步的研究。

\* 智能化:泛在信息化工厂中单个设备的智能得

到提升,为此需要结合自校准、自诊断、自学习、自决策、自适应和自组织等人工智能技术,研究传感信号的处理和识别技术、方法和装置,例如多传感器的协同感知与信号处理技术。

\* 能量获取技术:无线传感器和传感装置通常采用电池供电,能量问题成为工业无线网络得以广泛应用的主要问题之一。能耗控制策略只是解决能量问题的被动策略。能量获取技术才是解决这一问题的根本策略。如何利用阳光、风、温度、振动和其它自然现象进行能量获取,是当前乃至未来都需要关注的问题。

#### (2) 工业无线网络技术

工业无线网络技术是最主要的关键技术,具体包括通信与组网技术、基础服务与网络管理技术、网络规划与部署技术。

\* 通信与组网技术:为了满足工业应用的性能要求,需要研究包括新型调制与编码技术、自适应跳频技术、信道调度技术、功率控制技术、Mesh网络路由技术、互联技术、共存技术、跨层设计与优化技术等一系列通信与组网技术。

\* 网络管理与基础服务:一方面,基础服务是网络运行和实现应用的基础;另一方面,从网络部署后直到生命周期结束,整个过程都需要进行网络管理,随着工业无线网络的发展,工业无线网络的规模和应用范围逐渐扩大。如何对网络进行管理,提高网络性能和服务质量成为一项迫切的任务。针对基础服务和网络管理,需要研究以下技术:低开销高精度的时间同步技术、快速节点定位技术、实时网络性能监视与预警技术、高效可扩展的拓扑管理技术、工业数据的分布式管理技术、综合能量管理技术、简洁实用的安全管理技术等。

\* 网络规划与部署技术:工业无线网络具有规模大、应用环境复杂等特点。测点数量、位置及分布范围直接决定网络的结构、性能和成本,同时也决定了网络调试及维护的成本和难度。自供电形式要求网络调试、维护带来的能耗最小。如何实现面向智能电网的传感器网络的最优规划与部署是本项目面临的另一个挑战问题。

#### (3) 信息处理与应用

工业无线网络的应用促进了工厂信息的泛在化,如何处理和融合这些海量、实时信息,产生出新的有应用价值的信息,成为当前面临的又一新难题。为此需要研究以下问题:

\* 海量信息处理:物联网的引入,工业信息出现爆炸式增长,构建集海量感知信息实时获取、高效融合、特征提取和内容理解为一体的跨时空域协同计算

的理论体系和方法体系，亟待开展进一步的研究。

\* 新型制造模式：基于多源异构感知信息融合、跨时空制造模式与场景分析，进一步研究准实时、超精准加工制造模式多级反馈、跨层协同的扁平制造模式，面向任务的生产线自组织制造模式等泛在制造环境下的创新型制造模式。

\* 泛在信息处理服务与协同平台：为了充分利用物联网所产生的可以大幅度提高设计、制造、管理过程中人-人之间、人-机之间和机-机之间的行为感知、环境感知、状态感知的综合性感知能力，进一步提升本领域整体研究实力，为延伸和提高制造过程的控制和管理水平，需要建立以自适应、自配置、自恢复、自优化为特征的高性能泛在信息处理服务与协同平台。

### 3 面向工业自动化的物联网的典型行业应用

物联网技术的发展将在推进我国流程工业、制造业的产业结构调整，促进工业企业节能降耗，提高产品品质，提高经济效益等方面发挥巨大推动作用。因此，物联网在工业领域具有广阔的应用前景。近期，冶金流程工业、石化工业和汽车工业等是物联网技术应用的热点领域。

#### (1) 冶金流程工业

冶金流程工业在我国国民经济中占有重要经济地位。在促进国民经济快速发展的同时，我们也应看到，冶金流程工业属于典型的高能耗行业，钢铁企业产品单位能耗平均比国际先进水平高40%，而且我国的能源利用效率仅为33%，比发达国家低10个百分点左右。因此，冶金流程工业的节能减排工作是实现行业可持续发展的重中之重。同时，冶金流程工业对于高度安全可靠的控制系统、设备状态监测与维护等方面也具有迫切需求。

物联网对于提高冶金流程工业的自动化水平，提高产品质量和生产效率，促进冶金流程工业能源平衡，实现节能减排，以及实现设备状态的在线监测与维护，降低设备故障率和维护成本等方面具有重大意义。

#### (2) 石化工业

当前，以数字油田为核心的信息化建设是当前石化企业信息化建设的关键所在。数字油田是以油田资源的数字化为基础、以优化生产运行、规范经营管理为目的的综合信息系统。而智能油田则是数字油田建设的高级阶段，是在油田数字化的基础上，通过建立覆盖油田各业务的知识库和分析、决策模型，为油田生产和管理提供智能化手段，实现数据知识共享化、科研工作协同化、生产过程自动化、系统应用一体化、

生产指挥可视化、分析决策科学化。

支撑整个数字油田、数字化工上层应用的是大量的底层生产运行数据，物联网技术将为此提供基础数据来源。基于传感器网络和RFID电子标签系统获得的大量信息，石化企业的管理者甚至可以实时获得企业中的每一口油井、每一个阀门和每一台泵的运行信息，进而有效利用这些信息进行优化控制与决策。

#### (3) 汽车制造业

汽车工业是现代制造业中最有代表性又最具活力的产业之一，它又是典型的以批量生产为特征的行业，具有典型的多工种、多工艺、多物料的大规模生产过程。据统计，在批量生产的条件下，产品开发的成本仅占总成本的5%左右，而产品制造过程对总成本的影响却高达70%。随着汽车工业之间竞争的日益激烈和产品更新换代速度的加快，各生产厂家都普遍面临着：提高生产效率、降低生产成本、提高生产管理水平等种种压力。

物联网以其泛在的、智能的自动化和信息化技术，应用于汽车工业，从而可以最大程度减小系统集成和调试时间、降低投资成本，方便生产运行阶段的维护与工艺调整；提高各工艺设备系统的稳定性，减少故障停机时间，保证计划产量的实现。物联网是汽车制造工业自动化和信息化的发展趋势。物联网的应用在汽车工业自动化主要体现在三个层面上：物料运输、生产线控制和设备监测。

### 4 总结

无处不在的物联网将比互联网更深刻地影响人们的生产和生活。物联网技术进入工业控制领域的趋势无可置疑。物联网技术的发展将为我国工业提供两方面的机遇。一方面，物联网将改变工业的生产和管理模式，提高生产和管理效率，增强我国工业的可持续发展能力和国际竞争力；另一方面，工业是我国“耗能污染大户”。工业用能占全国能源消费总量的70%。工业化学需氧量、二氧化硫排放量分别占到全国总排放量的38%和86%。物联网技术的研究与推广应用将是我国工业实现节能降耗总目标的重要机遇。

### 参考文献

[1] S Sarma, D Brock, K Ashton. The Networked Physical World [R]. White Paper MIT, MIT Auto-ID Center, 2001

[2] 宁焕生, 王炳辉. RFID重大工程与国家物联网. 机械工业出版社, 2009年1月