

DOI:10.13196/j.cims.2014.01.houruichun.0011.10.2014012

制造物联及相关技术架构研究

侯瑞春^{1,2}, 丁香乾^{1,2}, 陶冶³, 王鲁升², 井润环², 李建华⁴

(1. 中国海洋大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266100;

2. 青岛海大新星计算机工程中心, 山东 青岛 266071;

3. 青岛科技大学 信息科学技术学院, 山东 青岛 266061;

4. 兰州理工大学 机电工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要:在综合分析制造物联需求与发展背景的基础上,论述了制造物联的概念与技术特征,提出制造物联是在制造业服务化、协同化的发展趋势下,面向工厂(车间)、企业和产业链(企业间)实施的一种新型制造模式和信息服务模式,提出这种新型模式下企业信息系统三种不同层次的制造物联技术架构。针对不同协议设备的通信问题,提出建立基于制造物联协议仓库核心设备,并给出相关的企业应用案例,该研究对进一步研究发展制造物联技术和解决方案具有一定的参考价值。

关键词:制造物联;物联网;全面感知;智能制造;制造业信息化

中图分类号:TP391 文献标识码:A

Internet of manufacturing things and relevant technical architecture

HOU Rui-chun^{1,2}, DING Xiang-qian^{1,2}, TAO Ye³, WANG Lu-sheng², JING Run-huan², LI Jian-hua⁴

(1. Center of Information Engineering, Ocean University of China Qingdao 266100, China;

2. Center of Newstar Computer Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266071, China;

3. School of Information and Technology, Qingdao University of Technology, Qingdao 266061, China;

4. College of mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract:Based on analyzing the requirement and development background comprehensively, the concepts and technology characteristics of Internet of manufacturing things were discussed. Internet of manufacturing things was a novel manufacturing and service mode oriented to the collaborative environment among factories, enterprises and industry chains. Three different levels of Internet of manufacturing things architectures for enterprise information system were proposed. Aiming at the communication of different equipments, the core equipment of protocol storehouse based on Internet of manufacturing things was established, and the relevant application cases were given. The proposed architecture was an important extension and supplement to the existing advanced manufacturing system, and was useful for further research and development of Internet of manufacturing things.

Key words:Internet of manufacturing things; Internet of things; overall perception; intelligent manufacturing; manufacturing informatization

0 引言

信息技术正在改变世界,以智能手机、平板电脑

为代表的互联网移动应用已经成为现代社会信息交互的流行模式,但是这种令人激动的信息交互与即将到来的物联网(Internet of Things, IoT)相比,其

收稿日期:2013-04-09;修订日期:2013-11-18。Received 09 Apr. 2013; accepted 18 Nov. 2013.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2012BAF11B02,2012BAF11B03)。**Foundation items:**Project supported by the National Key Technology R&D Program, China(No. 2012BAF11B02,2012BAF11B03).

对未来的影响力相形见绌。物联网在 2005 年由国际电信联盟正式提出^[1],其目标是实现物与物、人与物以及人与人的互联,把目前网络所实现的人与人之间的互联通过传感技术扩大到物的范围^[2]。物联网被认为是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业第三次浪潮,它与传统的产业相结合将带来新的技术创新点和经济增长点,因此成为当今信息技术研究关注的热点领域^[3-4]。近年来,欧盟、美国、韩国、日本的研究机构对物联网技术有针对性地提出了相关解决方案^[5-6];2011 年 7 月,我国科学技术部发布的《国家十二五科学和技术发展规划》将物联网作为新一代信息技术,纳入国家重点发展的战略性新兴产业^[7]。

另一方面,我国制造业正面临着环境不断变化的挑战,随着各种先进制造模式、制造技术和制造装备的不断产生和应用,以及电子商务等互联网时代商业模式的快速发展,制造企业所面临的市场环境和社会环境发生了巨大的变化,产品的生命周期日益缩短,产品品种飞速膨胀,用户对产品和服务的期望以及对交货期的要求越来越高,随着全球化市场和劳务竞争的加剧,对制造企业在提高产品质量和减少资源消耗、提高生产效益和降低生产成本等方面都提出了更高的要求,基于物料标志的生产过程可视化、智能化和全局优化成为制造企业的关注重点。因此,物联网技术和概念在制造领域的应用和渗透是先进制造发展的必然结果^[8-10],制造物联就是将网络技术、嵌入式技术、自动识别技术和传感器技术等电子信息技术与制造技术相融合,实现对制造资源信息与产品信息的动态感知、智能处理与优化控制的一种新型制造模式和信息服务模式,是推动制造系统向全球化、信息化、智能化、绿色化方向发展的重要力量。

需要指出的是,就物联网本身而言,我国相关技术及产业链的研究仍处于概念和探索阶段,整个技术构架和产业模式尚未形成^[6]。制造物联是物联网技术与先进制造技术的融合,制造物联的概念和技术研究也处于萌芽阶段,不同领域的专家学者对制造物联的定位和特征存在争议,系统模型体系架构和关键技术缺乏清晰化的界定。本文在阐述物联网技术研究现状的基础上,综合分析了制造物联的需求与发展背景,论述了制造物联的概念与技术特征,指出制造物联是在制造业服务化和协同化的发展趋势下,面向工厂(车间)、企业和产业链(企业间)实施的

一种新型制造模式和信息服务模式,提出了这种新型模式下企业信息系统三种不同层次的制造物联系统技术架构,并给出了相关的企业应用案例,以进一步探讨制造物联未来的研究发展前景。

1 物联网技术研究现状

制造物联是物联技术和概念在制造领域应用和渗透的产物,相关研究以物联网技术发展为支撑。自 2005 年国际电信联盟正式提出物联网概念以来,物联网迅速成为信息领域研究的热点,并在一些领域取得了长足的进步。物联网是通过无线射频识别(Radio Frequency Identification, 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,把物品与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^[2]。根据物联网的定义,物联网技术涉及内容众多、理念内涵丰富,总体来说,本文认为物联网的研究工作可以从以下几方面分类讨论:

(1) 物联网体系架构研究

体系架构可以精确地定义系统的组成部分及其之间的关系,以保证最终建立的系统符合预期需求^[7]。体系架构从来都是构造系统、研究技术的基础工作,对未来影响巨大,国内外研究人员针对体系架构做了大量研究,从功能、技术或者其他角度针对物联网架构提出了各种不同的设想。文献^[11]描述了美国佛吉尼亚大学的 Physical-net 物联网架构;文献^[12]讨论了物物网和物联网的不同架构模型;文献^[13-14]从社会结构及神经网络结构的角度提出了物联网的构造架构模式;文献^[15]设想建立了自组织的智能物联网架构;文献^[16-17]提出了以面向服务的体系结构(Service Oriented Architecture, SOA)技术为支撑的架构模型,并研究了 SOA 服务的动态评价方法。有关体系架构的研究非常广泛,文献^[7]对国内外主要的物联网体系架构及实现方法进行了汇总比较,并得出结论:世界开发人员针对不同的需求设计不同的物联网体系结构,并在架构的指导下开发不同的通信协议,在这种情况下,各自建立的物联网都具有一定的专用性,从而使得跨国、跨行业、跨地域的系统集成和信息融合难以实现。显然,建立统一的物联网架构标准体系和实现技术是物联网亟需解决的关键问题之一。

(2) 通信标准、协议与数据安全的研究

物联网概念产生之前,分布式自动化技术已经

在工业生产过程中得到广泛应用,基于厂商的各自利益及不同技术产生了大量的设备现场数据通信协议及控制协议。目前,与物联网相关的主要现场总线标准与协议如表 1 所示。表中部分协议是企业研发的,并在一定范围内适用,如 MECHA-

TROLINK, MELSECNET 等;部分协议在行业内流行,如 C-BUS, CAMAC 协议等;还有部分协议成为国际标准,在绝大部分工业现场适用,如 Modbus, CAN, PROFIBUS 及 Zigbee 协议等。

表 1 物联网相关的主要现场总线标准与协议

现场总线标准	相关协议
工业总线通信及控制系统	Bluetooth, BSAP, CC-Link, CIP, CAN, CANopen, ControlNet, DeviceNet, DF-1, DirectNET, EtherCAT, EtherNet/IP, FINS, GE SRTP, Honeywell SDS, HostLink, INTERBUS, MECHATROLINK, MelsecNet, Modbus, Optomux, PieP, Profibus, PROFINET IO, SERCOS interface, SERCOS III, Sinec H1, SynqNet, TTEthernet, RAPIEnet, OPC DA, OPC HDA, OPC UA, MTConnect, CAMAC, Ethernet Global Data (EGD), FOUNDATION fieldbus, Ethernet Powerlink, HART Protocol
智能建筑	1-Wire, BACnet, C-Bus, DALI, DSI, KNX, LonTalk, Modbus, oBIX, VSCP, X10, xAP, ZigBee
输配电通讯协定	IEC 60870-5, DNP3, IEC 60870-6, IEC 61850, IEC 62351, Modbus, Profibus
智能电表	ANSI C12.18, IEC 61107, DLMS/IEC 62056, M-Bus, Modbus, ZigBee Smart Energy
车载通信	CAN, FMS, FlexRay, IEBus, J1587, J1708, J1939, Keyword Protocol 2000, LIN, MOST, NMEA 2000, VAN
RFID 技术	EPCglobal, RFID, 802.15.4, Z-Wave, wirelessHART, ZigBee/ZigBee Pro, 6lowPAN, RuBee

近年来,物物相连的理念带动了物联通用标准与协议研究,新的物联网标准与协议研究往往是在物联网架构体系的指导下建立的,如文献[18]描述了日本 Ubiquitous ID 物联网的标准体系;文献[19]提出在韩国 SNAIL 平台上实现一个完整的 IP 自适应方法,包括移动性、网络启用、时间同步和安全性协议四个重要的网络协议;文献[20]研究了欧洲机器对机器(Machine-to-Machine, M2M)体系架构及安全标准。这些标准语协议支持的是各自的架构模型,存在一定的国际兼容性问题,统一的信息交互协议是未来物联网发展的关键环节,对此,文献[21]针对物联网技术在无线通讯的 IEEE 标准协议做了大量的工作,在满足功率效率、可靠性和互联网连接要求的前提下,针对物联网提出了趋于标准化的协议栈。当然,部分研究者也提出利用互联网已有标准和协议解决兼容问题,如电子标签的对象名解析服务(Object Name Service, ONS)利用域名解析服务(Domain Name Service, DNS)的基本原理,来处理电子产品码与相应的信息服务器地址的映射管理和查询[22],文献[23]也研究了语义 Web 技术在物联网中应用的可能性。另外,物联网安全是通信标准与协议研究的重点内容[24],传感器的无线加密技术[25]以及数据的传输安全[26]得到了关注,这也是物联网通信的一个重要研究方向。

(3) 物联网设备的研究

物联网设备是指 RFID、红外感应器、全球定位系统和激光扫描器等物体信息的获取及传输设备,是组成物联网的基石,在物联网中扮演着数据源头的角色。物联网设备的研究基本是基于传感器、嵌入式处理系统及通讯系统展开的。在物联网初始概念中,物联网中的所有物体都是基于 RFID 标签标志的一个对象,随着物联网的发展,物联网设备也由 RFID 发展到多个维度[27],毫无疑问的是,RFID 是现今物联网中应用最多的设备[28-29]。近几年来,RFID 趋于成熟并得到了广泛应用,但在设备物联网领域仍然有一些难题需要解决,如多标签防撞技术和数据安全[30]、多传感器无线通信耦合与干扰问题[31]等。另外,物联网设备大都基于单片机等嵌入式系统,其本身的内存和处理资源以及低功耗要求限制了网络接入,利用现有的互联网 IP 技术将受限制设备接入网络是一个研究方向[32]。物联设备作为物联网的数据源头,能够智能处理并获得知识而不是直接上传海量数据,是设计者对物联设备的期望,构造物联网智能终端是物联网设备研究的热点领域[33]。值得关注的是,环境对物联网设备的影响不容小视,文献[27]完成了不同环境下物联网试验平台的测试,研究了物联规模、可重复性、互联性、移动性、数据并发性、异构性、环境以及用户接入

对物联网试验平台的影响,提出了下一代物联网装备的特征要求,这对物联网设备的研究具有非常重要的指导意义。

(4) 物联网应用技术研究

物联网是互联网的应用拓展,其应用是一项系统工程,应用创新是物联网发展的核心内容^[34]。物联网用途广泛,遍及智能交通、环境保护、数字家居、工业监测、环境监测、路灯照明管控、老人护理、个人健康、花卉栽培、水系监测、食品溯源和公共安全等多个领域。物联网的应用研究具有明显的行业背景,如文献[5]讨论基于物联网的健康监控应用问题,不仅阐述了前端的数据集成、数据传输距离与安全技术,更重要的是建立了基于互联设备的健康监控应用体系,讨论了运营模式,是一个完整的远程医疗解决方案;文献[35]讨论了数字家庭物联网系统架构;文献[36]设计了基于物联网的交通管理系统;文献[37]提出了应用物联网的食品安全架构。显然,完善的物联网应用研究一定是面向行业的架构模型或者整体解决方案。

制造物联是物联技术与先进制造技术的融合。近年来,物联网技术已经在制造业领域开始渗透,如文献[10]提出建立基于物联网的制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES);文献[38]研究了生产线海量实时数据处理方法;文献[39-40]建立了基于 RFID 技术的 MES 与物流系统。然而,在物联网概念提出之前,现代信息技术与制造技术融合所形成的计算机集成制造系统(Computer Intergrated Manufacturing Systems, CIMS)已经形成一套完整的理论体系与架构模型,制造物联概念以及 CIMS 中的定位和特征存在很大争议,相关的系统模型和关键技术缺乏清晰界定,这些问题都影响了制造物联的进一步发展。

2 制造物联的需求与背景

2.1 制造物联的产业发展需求

(1) 制造过程和产品智能化的需求

随着制造业信息化科技工程以及信息化和工业化两化深度融合的不断推进,信息技术已经逐渐渗透到制造业的各个层面,数字化装备、智能装备和工业机器人在制造过程中得到广泛应用,企业通过使用企业资源规划(Enterprise Resource Planning, ERP)、产品数据管理(Product Data Management, PDM)、MES、客户关系管理(Customer Relation-

ship Management, CRM)、供应链管理(Supply Chain Management, SCM)等生产管理系统,实现了生产管控一体化和企业管理数字化。随着制造过程和产品信息技术含量的不断增加,从产品的设计、制造、销售、服务到回收和再制造的整个产业链体系,对制造过程和产品的智能化提出了更高的要求,企业需要借助制造物联、云制造等先进制造模式^[4],实现对生产过程制造资源和产品资源的智能协调管控,以进一步优化产业结构,提升产业价值链。

(2) 大规模个性化定制所产生的用户需求

随着先进制造技术和装备的应用以及电子商务等商业模式的快速发展,满足消费者需求的个性化定制及其大规模制造对企业的生产制造能力提出了更高的要求。数字化的生产过程管控,使得企业能够快速调整生产计划并提供所需的物料保障;条码和 RFID 技术的普遍应用,使企业可以在制造过程的全生命周期跟踪每一个制造环节和产品;大数据的存储和分析,使企业可以实时掌握用户的特殊爱好,通过信息技术、网络技术和自动化技术的结合,使企业具备网络化和柔性的生产制造能力,根据生产任务或生产环境的变化迅速调整生产,以提高设备利用率和生产效率,缩短产品的生产周期,改善产品质量,满足大规模定制对企业提出的快速反应和动态管理的需求。

(3) 产业链管控和制造环节的深度剥离趋势的需求

随着我国市场经济的快速发展和经济全球化的不断深入,中国企业逐渐向集团化、多元化、产业链化、国际化方向发展,瞬息万变的市场要求企业加强产业链间的合作,增强企业的灵活性和应变能力,并具备更强的快速应变能力,基于产业链的管控目标,需要打通合格企业联盟间的信息系统平台,实现业务流和数据流的融合。另一方面,随着制造服务化的发展,产业链制造环节呈现出深度剥离的趋势,制造资源逐渐向产业链的上下游投放,需要通过物联网技术与先进制造技术的融合,跟踪制造过程全生命周期的制造资源信息和产品信息,满足产业链企业间协同管控的服务需求。

2.2 制造物联的发展背景

(1) 制造物联的网络技术发展背景

从 20 世纪 70 年代至今,特别是近 10 年,网络技术得到了突飞猛进的发展。从互联网到物联网,从有线网络到无线网络和移动网络,更加多样化的

接入终端、更为便捷的接入方式和更为高效的接入速度,使得信息资源的全面共享和有机协作成为可能,通过 RFID 技术、传感网技术、自动化控制技术和信息管理技术的融合应用,企业能够按需获取和透明地使用制造资源和产品信息,形成了制造物联的创新模式。

(2) 制造物联的服务技术发展背景

在产品从设计到加工、测试、销售、维护和回收的全生命周期制造过程中,以前只能在各环节将相关信息不断附加和完善在产品上,很难做到每个环节信息的协同应用。而在物联网技术的支撑下,M2M 等技术的应用使更大数量的设备与设备之间的通信成为可能,从而可以更方便地采集和协同利用制造过程所有环节的制造资源和产品信息,通过网络化的服务应用实现制造能力的透明化,使得更为敏捷化、精益化的生产成为可能,构成了制造物联模式的核心。

(3) 制造物联的产品与服务融合发展背景

21 世纪,随着互联网技术的飞速发展和普及应用,iPhone 等产品的出现引发了产品服务化革命,产品的功能和性能已经不再成为产品获得市场竞争优势的关键,用户开始更多地关注产品的智能化和服务化特性,产品与服务的融合拓展了企业的产业链,用户开始深入介入产品的设计过程、制造过程和服务过程,这一发展趋势推动了制造物联模式的发展。

3 制造物联的概念和特征

3.1 制造物联的概念

制造物联是在制造业服务化和协同化的发展趋势下,面向产品、用户、企业以及企业间实施的一种新型制造模式和信息服务模式,通过运用以 RFID 和传感网为代表的物联网技术、先进制造技术与现代管理技术,构建服务于供应链、制造过程、物流配送、售后服务和再制造等产品全生命周期各阶段的基础性、开放性网络系统,形成对制造资源、制造信息和制造活动的全面感知、精准控制以及透明化与可视化,实现产品智能与价值的提升,进而形成新型的智慧生态制造模式。制造物联可以满足产业链企业交互管控、快速响应及跨组织协同制造的需求,为云制造提供基础技术支撑,为物联网提供基础性、开放性的设施部署和原位服务。

3.2 制造物联的技术特征

与已有的信息化制造技术和信息化管理系统相比,制造物联的技术特征更体现在其业务的无关性上,其关注的重点在于对人、机、料、法、环等制造环境因素的状态跟踪与协同,目的是实时获取制造资源信息和产品信息,并进行管理和按照管理信息系统的需要提供协同应用,而不是直接涉及制造过程的业务管控。制造物联的技术特征可以概括为全面感知、异构集成、按需架构、自适应和互操作五方面。

(1)全面感知 通过融合信息技术、自动化技术和传感网技术,全面感知制造过程中的制造资源信息和产品信息,完成多源信息的采集。

(2)异构集成 支持分布异构的制造设备、人员、物料、产品等制造过程的信息集成。

(3)按需架构 按照用户需求随时向制造过程管理信息系统提供数据信息服务。

(4)自适应 动态、智能地响应制造过程,实现制造资源、产品与制造活动之间的交互协调和优化。

(5)互操作 通过制造资源信息和产品信息的虚拟化,支持企业间制造过程相互间的互操作。

4 制造物联的技术架构

根据研究背景阐述,体系架构是指导具体系统设计的首要前提,如果制造物联的系统规划和设计角度不同,则会产生不同的结果,因此亟需建立一个具有框架支撑作用的制造物联体系架构。另外,随着应用需求的不断发展,传统的 CIMS 技术和新技术都将逐渐进入制造物联网体系,体系架构的设计也将决定物联网的技术细节应用模式和发展趋势。

就制造过程而言,狭义的制造过程指通过对原材料进行加工,使其转化为产品的一系列运行过程,这一运行过程通常被理解为发生在工厂或者车间的加工和装配过程;广义的制造过程已经延伸到设计、销售和服务等环节的整个企业生产过程,以及满足产品制造和使用所需要的上下游产业链的整个社会生产过程。基于对制造物联的目标和技术特征的构想,本文提出如图 1~图 3 所示的制造物联技术构架,该技术构架主要分为工厂(车间)级技术架构、企业级技术架构和产业链(企业间)级技术架构三部分。

4.1 制造物联的工厂(车间)级技术架构

如图 1 所示,工厂(车间)级制造物联技术架构主要是针对生产现场的制造资源和产品信息数据的

采集和协同应用,为了满足越来越多管理信息系统对物料信息、设备信息、人员信息、生产计划执行信息和产品信息等生产现场数据的实时性要求而构建,分为自动控制层、制造物联层、制造执行层和产

品层,通过制造物联层连接生产现场的各种自动控制设备和制造执行系统,采集设备、物料等制造资源信息和产品信息,与企业的各种管理信息系统交互,根据其需要提供信息数据的协同应用。

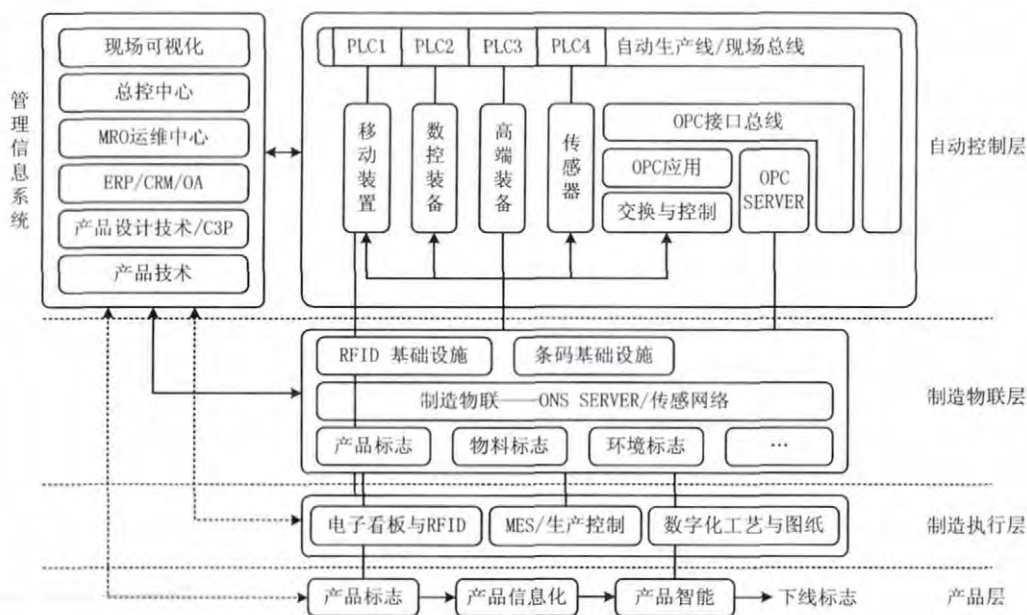


图1 制造物联的工厂(车间)级技术架构

制造物联层的核心是多种传感网络和对对象域名解析服务器,ONS Server 是实现生产现场制造资源信息和产品信息大数据管理与协同应用的保障,它是一个自动网络服务系统,类似于 DNS,可以实现与制造资源和产品信息相对应的数据信息服务地址信息的存储,同时提供与外界交换信息的服务,并通过与 ONS 服务器进行级联,组成制造物联网络体系。在这种技术架构下,管理信息系统和 MES 无需再直接与各种生产设备进行数据交换,而全部通过制造物联层进行各种制造资源和产品数据的协同应用,保证了信息数据的实时性、一致性和准确性,提高了数据的利用效率,为精益生产提供了技术支撑。

4.2 制造物联的企业级技术架构

如图 2 所示,企业级制造物联技术架构主要是针对企业内部整个制造过程信息数据的采集和协同应用,为了满足产品全生命周期过程对设计、加工、配送、服务和再制造等多个环节的数据协同性要求而构建的。在这种技术架构下,制造的视角从生产现场扩展为从设计到服务的整个产品制造和使用过程,制造资源和产品信息通过制造物联 ONS 服务平台提供给供应链的各个环节使用,同时采集各环

节的产品信息、用户信息、订单信息等数据资源,实现对制造过程的快速协调和优化配置,使整个制造链和供应链更加高效和流畅,为敏捷制造和大规模定制提供技术支撑。

4.3 制造物联的产业链(企业间)级技术架构

如图 3 所示,产业链(企业间)级制造物联技术架构主要是针对整个产业链多企业间制造过程信息数据的采集和协同应用,为了满足多企业之间制造资源和能力的虚拟化和服务化而构建的。在这种技术架构下,通过构建多级制造物联 ONS 服务节点,实现硬制造资源(如机床、加工中心、仿真设备、实验设备和物流货物等制造硬设备)和能力(如人/知识、组织、业绩、信誉和资源等)的全系统、全生命周期、全方位透彻的接入和感知,并提供多企业间的协同应用,为云制造的实现提供技术支撑。

5 制造物联协议仓库与核心设备

根据前文所述,制造物联需连接各种现场设备,其间的通信涉及多个技术领域,如电网通讯规约、自动化控制技术标准、RFID、信息技术 SOA 接口等(如表 1),但是目前没有任何一个统一标准来实现制造物联通信,因此如何有效集成、转换、共享现有

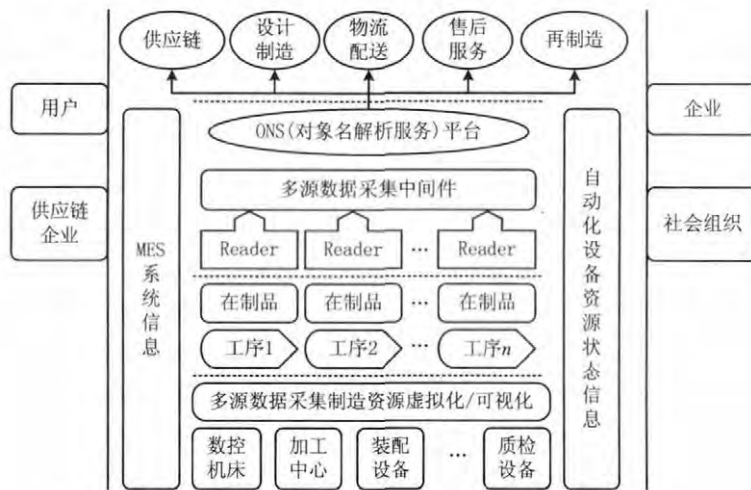


图2 制造物联的企业级技术架构

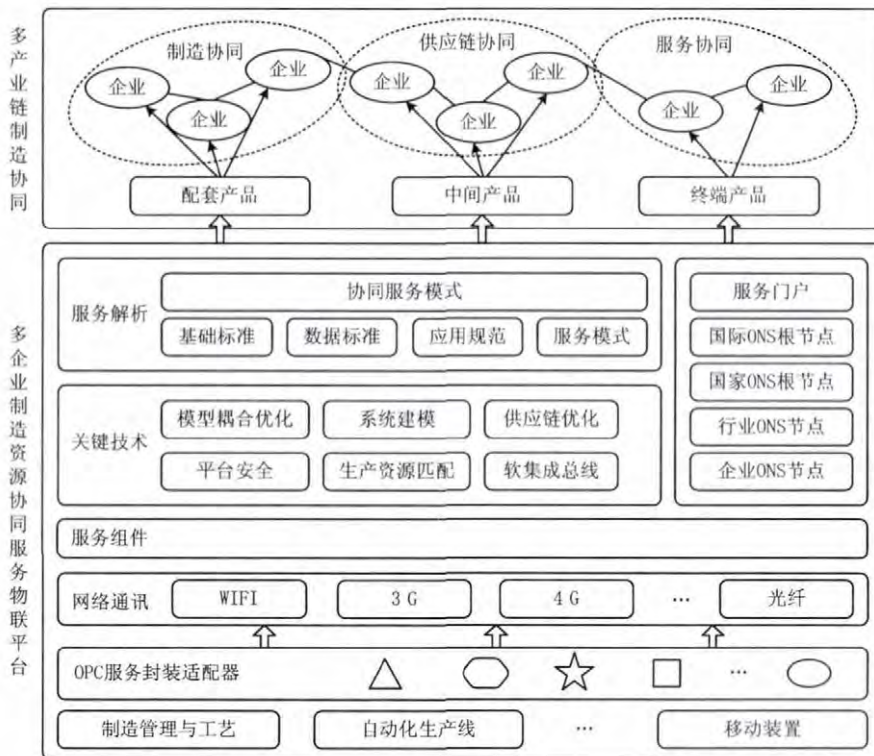


图3 制造物联的产业链(企业间)级技术架构

的通信协议,形成支撑制造物联需求的协议体系,是一个亟待解决的问题。为此,本文提出针对底层通信协议建立基于制造物联协议仓库核心设备,以实现不同协议设备的连接。核心设备架构图如图 4 所示,其中基于核心设备搭建的 MES 平台如图 5 所示。

图 4 中,协议仓库的关键难题是可集成性与可扩展性,对内集成支持电力及自动化系统中的主流

现场设备通讯协议、支持无线通信 Zigbee 协议,对外集成提供用于过程控制的对象链接嵌入技术 (OLE for Process Control, OPC)、动态数据交换 (Dynamic Data Exchange, DDE)、开放数据库互连 (Open Database Connectivity, ODBC)、分布组件对象模型 (Distributed Component Object Model, DCOM)、应用程序接口 (Application Programming Interface, API)、Web、Telet 服务和 TCP/IP 双机映

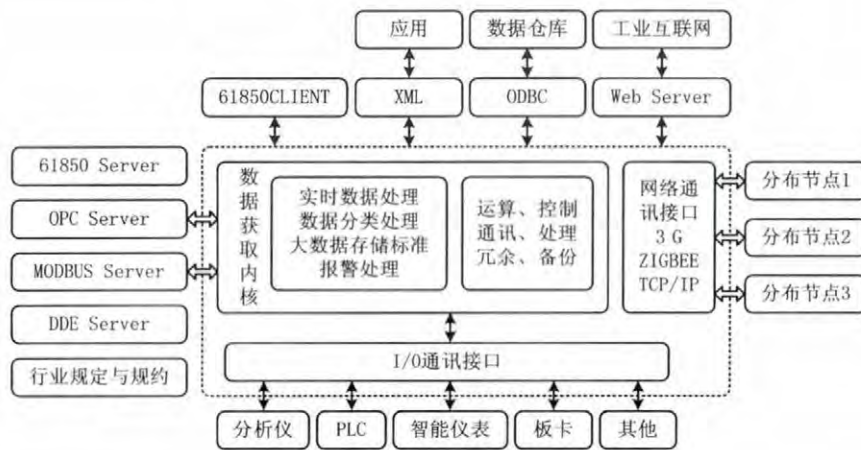


图4 基于制造物联协议仓库的核心设备

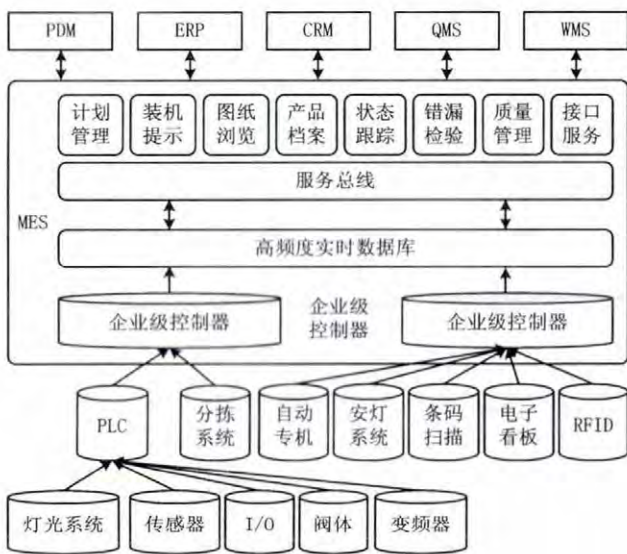


图5 基于核心设备的MES系统构建

射。核心设备配有实时在线协议分析工具软件（16进制码或协议帧形式可选）、协议测试及协议仿真软件工具，核心设备的协议仓库软件系统可配置软件架构，为设备接口配置相关标准通讯协议，对于特殊行业，为用户提供协议接口模块开发软件工具包，从而使协议组件标准化、可配置化，并积累成为有序的协议仓库，使得上次软件集成只需面对 OPC, DDE, ODBC 等软件标准接口，无需直接面对制造物联装备，从而解决不同协议的制造物联装备的通信难题。

6 制造物联典型应用

某企业以重型汽车变速器、汽车齿轮及其锻、铸件为主要产品，是全国最大的商用车变速器生产企业，其重型变速器产销量居世界第一。该企业目前

正在构建车间生产管控系统，其汽车变速器产品主要由轴和齿轮等金属零部件组合和装配形成，受生产过程及工艺影响，零件批次、数量、取送料、装配环节及装配流程需要严格管控，要求必须对金属零部件进行标记和识别，而传统的强调计划上传下达的MES很难发挥作用。针对以上需求，该企业设计建立了基于制造物联的MES，如图6所示。

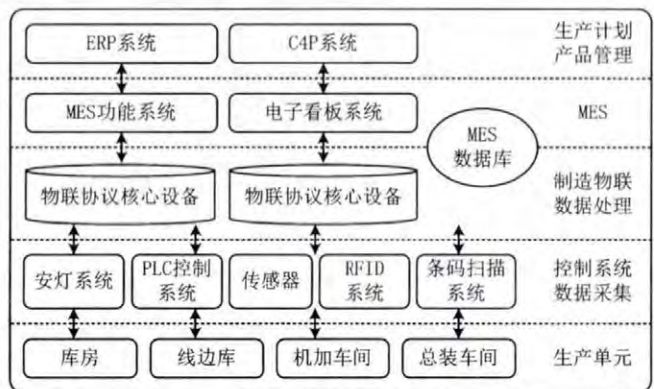


图6 某企业变速器生产过程制造物联MES系统架构

图6中的制造物联系统基于3.1节工厂(车间)级技术架构分层搭建。MES系统针对库房、线边库、机加车间和总装车间进行管控，主要功能是在ERP计划信息的指导下完成各环节零部件材料的跟踪及管控，在ERP系统中及时获取产品计划信息，通过MES系统分解并借助传感网点亮生产线边物料库的货位指示灯，并跟踪保证取料过程的准确性；取料人员通过读取RFID标签指导取料，将物料信息与取料筐中的RFID标签进行同步，解决金属零部件难以标志和跟踪的问题；物料在取料、清洗、上线、分装和装配过程中，通过RFID标签、读写

器、LED 显示屏和生产线智能终端不断地采集各个环节的制造资源和产品数据,并进行相互间的校验,保证了数据的实时性和准确性。对比传统的 MES 和 RFID 支持下的 MES,分层的 MES 设计以及基于物联协议核心设备的数据处理模式,更有利于 MES 的开发部署。另一方面,该企业变速器生产过程制造物联系统更强调物物相连,通过到位开关、信号灯、可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)、智能识别系统等信号的接入与互联,更好地解决了制造过程零部件的标志问题。

7 结束语

随着敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)、精益生产(Lean Production, LP)、并行工程(Concurrent Engineering, CE)、智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)和全能制造系统(Holomon Manufacturing System, HMS)等先进制造模式的提出,现代制造技术向精密化、自动化、柔性化、集成化、智能化和服务化的方向不断发展,通过制造物联技术的应用,可对生产过程的物料、设备和产品信息进行实时动态跟踪和协同应用,使用准确的信息数据支撑信息管理系统,实现制造过程的精益化和可视化。目前,国内制造物联的概念和技术研究尚处于萌芽阶段,本文在前期研究的基础上,论述了制造物联的内涵和技术特征,提出面向工厂(车间)、企业和产业链(企业间)的制造物联技术架构,针对不同协议设备的通信问题提出建立基于制造物联协议仓库核心设备,最后给出了相关的企业应用案例,为进一步系统化地分析制造物联的关键技术和解决方案奠定了研究基础。

参考文献:

- [1] QIAN Zhihong, WANG Yijun. IoT technology and application [J]. Acta Electronic Sinica, 2012, 40(5): 1023-1029 (in Chinese). [钱志鸿, 王义君. 物联网技术与应用研究[J]. 电子学报, 2012, 40(5): 1023-1029.]
- [2] ZHU Hongbo, YANG Longxiang, YU Quan. Investigation of technical thought and application strategy for the Internet of things[J]. Journal on Communications, 2010, 31(11): 2-8 (in Chinese). [朱洪波, 杨龙祥, 于全. 物联网的技术思想与应用策略研究[J]. 通讯学报, 2010, 31(11): 2-8.]
- [3] ATZORI L, LERA A, MORABITO G. The Internet of things; a survey [J]. Computer Networks, 2010, 54(15): 2287-2805.
- [4] CHUI M, LÖFFLER M, ROBERTS R. The Internet of things [J]. McKinsey Quarterly, 2010(2): 1-9.
- [5] JARA A J, ZAMORA-IZQUIERDO M A, SKARMETA A F. Interconnection framework for mHealth and remote monitoring based on the Internet of things [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2013, 31(9): 47-65.
- [6] SUN Qibo, LIU Jie, LI Shan, et al. Internet of things: summarize on concepts, architecture and key technology problem [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010, 33(3): 1-9 (in Chinese). [孙其博, 刘杰, 黎鑫, 等. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述 [J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3): 1-9.]
- [7] CHEN Haiming, CUI Li, XIE Kaibin. A comparative study on architectures and implementation methodologies of Internet of things [J]. Chinese Journal of Computers, 2013, 36(1): 168-188 (in Chinese). [陈海明, 崔莉, 谢开斌. 物联网体系结构与实现方法的比较研究 [J]. 计算机学报, 2013, 36(1): 168-188.]
- [8] ZHANG Lin, LUO Yongliang, FAN Wenhui, et al. Analyses of cloud manufacturing and related advanced manufacturing models [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2011, 17(3): 458-468 (in Chinese). [张霖, 罗永亮, 范文慧, 等. 云制造及相关先进制造模式分析 [J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(3): 458-468.]
- [9] LI Bohu, ZHANG Lin, CHAI Xudong. Cloud manufacturing: cloud computing in manufacturing [R]. Beijing: China Cloud Computing Conference, 2010 (in Chinese). [李伯虎, 张霖, 柴旭东. 云制造——制造中的云计算 [R]. 北京: 第二届中国云计算大会, 2010.]
- [10] ZHANG Yingfeng, ZHAO Xibin, SUN Shudong. Implementing method and key technologies for IoT-based manufacturing execution system [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(12): 2634-2642 (in Chinese). [张映峰, 赵曦滨, 孙树栋. 一种基于物联网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, 2012, 18(12): 2634-2642.]
- [11] SARMA S, BROCK D L, ASHOTN K. The networked physical world: proposal for engineering the next generation of computing, commerce & automatic-identification [EB/OL]. (2001-01-01) [2012-12-13]. <http://www.autoidlabs.org/uploads/media/MIT-AUTOID-WH-001.pdf>.
- [12] WU Jianjia, ZHAO Wei. WInternet: from net of tings to Internet of tings [J]. Journal of Computer Research and Development, 2013, 50(6): 1127-1134 (in Chinese). [武建佳, 赵伟. WInternet: 从物网到物联网 [J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(6): 1127-1134.]
- [13] NING Huansheng, WANG Ziou. Future Internet of things architecture; like mankind neural system or social organization framework? [J]. IEEE Communication Letters, 2011, 15(4): 461-463.
- [14] ATZORI L, LERA A, MORABITO G. SIoT: giving a social structure to the Internet of things [J]. IEEE Communication Letters, 2011, 15(11): 1193-1195.
- [15] DING Yongsheng, JIN Yanling, REN Lihong. An intelligent self-organization scheme for the Internet of things [J]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2013, 8(3): 41-53.
- [16] GUINARD D, TRIFA V, KARNOUSKOS S. Interacting with the SOA-based Internet of things: discovery, query, selection, and on-demand provisioning of Web services [J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2010, 3(3): 223-235.
- [17] HE Xiuqing, WANG Yinghui. Service selection algorithm

- based on dynamic assessment for Web of things[J]. Acta Electronic Sinica, 2013, 41(1): 117-122 (in Chinese). [何秀青, 王映辉. 物联网服务动态评价选择方法研究[J]. 电子学报, 2013, 41(1): 117-122.]
- [18] KOSHIZUKA N, SAKAMURA K. Ubiquitous ID: standards for ubiquitous computing and the Internet of things[J]. IEEE Pervasive Computing, 2010, 9(4): 98-101.
- [19] HON S M, KIM D Y, HA M K. SNAIL: an IP-based wireless sensor network approach to the Internet of things[J]. IEEE Wireless Communications, 2010, 17(6): 34-42.
- [20] BARNHART, ERIC N. Considerations for machine-to-machine communications architecture and security standardization[C]//Proceedings of the 2011 IEEE 5th International Conference on Internet Multimedia Systems Architecture and Application. Washington, D. C., USA: IEEE, 2011: 1-6.
- [21] PALATTELLA M R, ACCETTURA N, VILAJOSANA X. Standardized protocol stack for the Internet of important things [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013, 15(3): 1389-1406.
- [22] DEMIAN R, DREYER M, SCHMIT Z P, et al. Comparison of DNSSEC and DNSCurve securing the object name service (ONS) of the EPC architecture framework[C]//Proceedings of 2010 European Workshop on Smart Objects: Systems, Technologies and Applications (RFID Sys Tech). Washington, D. C., USA: IEEE, 2010: 1-6.
- [23] PFISTERER D, ROMER K, BIMSCHAS D. SPITFIRE: toward a semantic Web of things[J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(11): 40-48.
- [24] ROMAN R, NAJERA P, LOPEZ J. Securing the Internet of things[J]. IEEE Computer, 2011, 44(9): 51-58.
- [25] LI Fagen, PAN Xiong. Practical secure communication for integrating wireless sensor networks into the Internet of things[J]. IEEE Sensors Journal, 2013, 13(10): 3677-3684.
- [26] ZHOU Liang, CHAO H C. Multimedia traffic security architecture for the Internet of things[J]. IEEE Network, 2011, 25(3): 35-40.
- [27] GLUHAK A, KRCO S, NATI M. A survey on facilities for experimental Internet of things research[J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(11): 58-67.
- [28] UNG J, LOPEZ T S, KIM D. The EPC sensor network for RFID and WSN integration infrastructure[C]//Proceedings of the 5th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops. Washington, D. C., USA: IEEE, 2007: 618-621.
- [29] WELBOURNE E, BATTLE L, COLE G. Building the Internet of things using RFID: the RFID ecosystem experience [J]. IEEE Internet Computing, 2009, 13(3): 48-55.
- [30] DING Zhiguo. The research and implementation of key technologies of RFID[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2009 (in Chinese). [丁治国. RFID 关键技术研究及实现[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.]
- [31] AGBINYA J I. Framework for wide area networking of inductive Internet of things[J]. Electronics Letters, 2011, 47(21): 1199-1201.
- [32] SEHAI A, PERELMAN V, KURYLA S. Management of resource constrained devices in the Internet of things[J]. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(12): 144-149.
- [33] KOURTUEM G, KAWSAR F, FITTON D. Smart objects as building blocks for the Internet of things [J]. IEEE Internet Computing, 2010, 14(1): 44-51.
- [34] ZHANG Lingyun, XUE Fei. The application of the Internet of things in agriculture[J]. Guangdong Agriculture Science, 2011(16): 146-149 (in Chinese). [张凌云, 薛飞. 物联网技术在农业中的应用[J]. 广东农业科学, 2011(16): 146-149.]
- [35] MAO Mingyi. Solution to intelligent management and control of digital home [C]//Proceedings of the 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics. Washington, D. C., USA: IEEE, 2010: 2962-2965.
- [36] TURCU C E. An Internet of things-based distributed intelligent system with self-optimization for controlling traffic-light intersections[C]//Proceedings of the 2012 International Conference on Applied and Theoretical Electricity. Washington, D. C., USA: IEEE, 2012: 1-5.
- [37] JIA Bing. The design of food quality supervision platform based on the Internet of things[C]//Proceedings of 2011 International Conference on Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering. Washington, D. C., USA: IEEE, 2011: 263-266.
- [38] YANG Zhengyi. Study on approaches to processing massive real-time data in the Internet of manufacturing elements[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012 (in Chinese). [杨正益. 制造物联网海量实时数据处理方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.]
- [39] LIU Weining, HUANG Wenlei, SUN Dihua. Design and implementation of discrete manufacturing industry MES based on RFID technology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(6): 1886-1890 (in Chinese). [刘卫宁, 黄文雷, 孙禄华. 基于射频识别的离散制造业制造执行系统设计及实现[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(6): 1886-1890.]
- [40] TIAN Tao. The construction and study of logistics information system on RFID[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2007 (in Chinese). [田涛. 基于 RFID 物流信息系统的构建与研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2007.]

作者简介:

侯瑞春(1963—), 女, 山东青岛人, 高级工程师, 硕士, 研究方向: 制造业信息化、物联网系统、智能化制造系统等, E-mail: hrch4968@sina.com;

丁香乾(1962—), 男, 山东荣城人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 制造业信息化、人工智能等;

陶冶(1981—), 男, 山东青岛人, 讲师, 博士, 研究方向: 制造业信息化、物联网系统等;

王鲁升(1970—), 男, 山东青岛人, 高级工程师, 硕士, 研究方向: 网络化制造、工业工程等;

井润环(1963—), 女, 山东青岛人, 高级工程师, 硕士, 研究方向: 制造业信息化;

李建华(1975—), 男, 山东菏泽人, 副教授, 博士, 研究方向: 企业智能制造与物联网。