

物流云服务——面向供应链的物流服务新模式 *

林 云, 田帅辉

(重庆大学 机械传动国家重点实验室, 重庆 400044)

摘 要: 为解决当前物流服务方式在推广应用方面的诸多瓶颈问题,在云计算、云制造、物联网、RFID 等技术发展基础上,提出了一种面向供应链的物流服务新模式——物流云服务。给出了物流云服务的定义,分析了物流云服务区别于以往物流服务方式的创新特征,提出了物流云服务的业务架构和技术架构,讨论了实施物流云服务所需解决的关键技术和问题。最后,以汽车产业供应链物流为例,设计了汽车物流云服务模式,对物流云服务模式进行应用验证。

关键词: 物流云服务; 服务创新; 云计算; 服务模式; 供应链

中图分类号: TP399 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)01-0224-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.063

Logistics cloud service: innovation model of logistics service oriented to supply chain

LIN Yun, TIAN Shuai-hui

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In order to solve some bottleneck problems in popularization and application of nowadays' logistics service model, this paper put forward an innovation model of logistics service oriented to supply chain called logistics cloud service (LCS) based on the technologies, such as cloud computing, cloud manufacturing, Internet of things and RFID. Then, defined the concept of LCS, and described the innovative features of LCS which was different from the previous. And also proposed the business architecture and technology architecture, the discuss key technologies and problems for implementing LCS. Finally, presented an LCS model of automobile supply chain in Chongqing city, China, as a case study to validate the effectiveness of LCS.

Key words: logistics cloud service; service innovation; cloud computing; service model; supply chain

0 引言

进入 21 世纪,随着网络技术的普及与应用,以合作与协同为特征的物流联盟^[1,2]、物流服务链^[3,4]、物流网络^[5,6]等为代表的协作型物流服务模式,成为了物流企业为应对技术变革和物流跨时空服务的挑战而实施的、以快速响应客户需求和提高企业市场竞争力为主要目标的一类先进物流服务模式。协作型物流服务结合先进的信息技术、网络技术和物流技术,更加注重物流服务的专业化、个性化和企业间的分工与协作,构建了一个物流资源高度共享、快速反应、成本最优的综合性物流服务体系^[7],实现企业间高度协同和全社会物流资源随需调配,为客户提供高效、高质量、低成本的专业化与个性化物流服务。

经过十多年的发展,协作型物流服务模式得到了快速发展并取得了显著的效益。但是随着市场上提供的物流服务越来越多,客户很难迅速找到最适合的物流服务供应商;而作为物流服务供应商也希望以最小的成本为客户提供高质量的个性化服务。当前的协作型物流服务模式无论在技术上还是管理模式上都遇到一些瓶颈问题。

1) 客户获取物流服务方式的问题

协作型物流服务模式中客户通常在比较知名的或者自己

较为熟悉的少数物流服务商中选择物流服务,存在的问题主要包括:a)未必能挑选到最适合自己的物流服务;b)选择和建立物流服务的时间比较长,代价比较高;c)执行物流服务过程不透明,信息交互不畅,客户变化性的需求难以很好满足;d)更换物流服务商的代价比较高。

2) 协作型物流组织构建、运行问题

协作型物流组织是一个动态、开放、不稳定的松散组织,将分布在不同组织的异构物流资源集中共享,随着市场上的物流服务任务变化而瞬息万变。选择物流服务任务、合作伙伴时选择过程较为简单、评价体系不健全、主观随意性较大,往往导致最后的物流服务完成不理想;物流服务运行过程中缺乏对物流服务过程的有效监控和集中调度,物流服务质量、效率等难以保障;物流服务完成后缺乏有效的利益分配机制和激励机制,物流服务提供商的利益难以得到很好保障,导致物流服务提供商的积极性不高。

3) 信息共享与安全问题

协作型物流组织要求组织间信息高度共享,信息系统要求它在信息、结构、功能等方面具有完全分布性、动态可重构性和快速适应性,然而事实上很多物流服务是在信息不完全共享下完成的。同时协作型物流组织的业务协作是基于 Internet 的,Internet 是一个高度开放的环境,存在着许多安全隐患,从

TCP/IP 协议到各种应用软件、系统平台、网络通信、用户间信任等,这就给协作型物流组织成员间的信息交互带来很多不安全因素。

4) 物流资源动态分配与匹配问题

物流任务在执行过程中通常分解成多个子任务,存在着物流资源的动态分配以及与子任务匹配的问题。当前对物流资源优化配置开展了研究^[8],但如何实现物流资源与任务的封装、表达、动态组合、智能匹配、优化配置、QoS 管理,还没有有效解决。

当前协作型物流服务模式在推广和应用过程中,客户获取最佳的物流服务难度大、成本高,物流企业间协作难度大、资源共享困难、信息不对称,再加上运行过程中物流资源缺乏智能调度和有效监控,严重阻碍了协作型物流服务模式的推广应用。而当前客户对物流服务提出了更高的个性化要求,比如个性化、低成本、高质量、专业化、灵活性、按需获取、按需付费等。协作型物流服务模式已不能很好地满足客户物流需求,一种新的既能极大满足客户个性化需求又能实现低成本物流运作的物流服务模式亟需产生。

云计算(cloud computing)^[9-11]是近年来兴起的一种崭新的计算模式,它是分布式计算、并行计算和网格计算的发展。云计算利用网络将各种广域异构计算资源整合,形成一个抽象的、虚拟的和可动态扩展的计算资源池,再通过网络向用户按需提供计算云、存储云等服务。云计算带来了服务模式的转变,使计算资源成为一种专业服务,用户可以按需使用、随时获取、随时扩展、按使用付费。目前许多知名公司提供着各种各样的云计算服务, Amazon、IBM、Intel、Microsoft、Yahoo、Sun、EMC、Google 等大型 IT 厂商都纷纷提出了云计划,对云计算的商业价值给予了巨大的肯定。继云计算提出后,云安全、云服务、云制造、云快递等理念纷纷提出。云安全方面,瑞星、趋势科技等信息安全公司纷纷提出了安全云计划;云服务方面,应用比较多的主要在图书馆服务、文献检索、信息共享、科研平台、信息化校园等方面^[12-14];云制造方面,李伯虎院士、张霖首次给出了云制造的定义、体系结构、关键技术和所取得的成果等^[15,16];云快递方面,星辰急便提出搭建物流和资金流信息化平台,将发货方与派送方视同电子商务交易中的卖方与买方,让他们在星辰急便的平台上进行无时空限制的货物交换和资金结算。

云计算、云安全、云制造、云快递等系列模式的提出,以及 RFID 技术、物联网技术、传感器技术等先进技术的发展和应用,为解决协作型物流服务模式存在的瓶颈问题提供了新的思路、方法和可能,同时淘宝网(taobao)、携程网(ctrip)的服务模式为人们提供了参考。

本文在前人研究基础上,将云计算与物流服务进行对比,提出了一种面向供应链的物流服务模式——物流云服务(logistics cloud service, LCS),借鉴云计算理论中把资源虚拟化为云后集中存储起来,为用户提供服务的理念,集中各类物流资源形成对应的物流资源云,构建高效、优质廉价的物流服务体系,为客户提供便捷、优质、低价的个性化物流服务。

1 物流云服务

将物流服务与云计算的基本公共特性进行对比研究,笔者发现,物流服务具有云计算的技术特征:物流资源动态组合、资源快速组合、资源抽象、按需付费,如表 1 所示。

表 1 云计算的四个公共特征与物流服务的对比		
特征	云计算	物流服务
资源动态组合	云计算根据访问用户的多少,增减相应的 IT 资源,满足应用和用户规模变化的需要	物流服务可以依据客户需求波动,增减相应的服务品种和数量,满足需求变化
资源快速组合	提供者可以根据用户的需要及时部署资源,最终用户也可按需选择	物流服务可以依据客户需求及时调整服务资源,客户也可以按自身要求选择不同的服务组合
资源抽象	最终用户不知道云上的应用运行的具体物理资源位置,同时云计算支持用户在任意位置使用各种终端获取应用服务	物流服务过程中客户无须了解服务商的具体情况,仅需提供服务要求;供应商也无须了解客户的具体情况,仅需按照标准服务开展
按需付费	即付即用(pay-as-you-go)方式已广泛应用于存储和网络宽带技术(计费单位为 Byte)	物流服务商按照不同的服务水平推出不同的服务资源,用户可以进行选择,按照不同标准收取费用

结合表 1,参考云计算及物流服务链、物流网络等相关研究基础,对物流云服务的概念定义如下:

物流云服务是一种在网络技术支持下,通过物流云服务平台整合物流资源和客户资源,并按照客户需求智能管理和调配物流资源(物流云),为客户定制和提供安全、高效、优质廉价、灵活可变的个性化物流服务的新型物流服务模式。

物流云服务模式融合现有的物流网络、服务技术、云计算、云安全、物联网、RFID 等技术,实现各类物流资源(包括运输工具、运输线路、仓储资源、信息资源、软件、知识等)和客户资源,为物流服务系统全生命周期过程提供可随时获取、按需使用的个性化物流服务。

物流云服务模式区别于以往的物流服务的创新特征在于:

- a) 为客户提供个性化、专业化、便捷的物流服务,提升客户服务价值。物流云服务平台根据客户的自身特点、独特需求和历史交易数据(如物流运输过程中对某条运输线路的偏好),为客户提供最适合的服务内容和服务方式,同时能够根据客户的需求变化快速调整服务方案。服务的实现对用户透明,提升了客户对服务的使用价值、享用价值和规模价值^[17];同时对服务提供商而言,物流云服务平台将充分考虑其提供物流服务的个性化、便捷性和规模化。
- b) 整合物流服务提供商和客户各类资源形成物流云。物流云服务平台将物流服务提供商提供的大量分散物流资源进行整合并虚拟成各种物流云,根据客户需求在平台上进行统一、集中的管理和调配,按客户所需,为多个客户提供不同的物流服务,体现了多对多的物流服务模式。
- c) 面向物流服务全生命周期的 QoS 全程监控与管理,物流云服务更加注重 QoS 管理,物流云服务系统建立物流服务质量体系,定义 QoS 指标体系及评价方法,加强事前的主动定义和服务的参数设计,通过 GPS、GIS、RFID 等技术实时监控物流服务的执行情况,在生命周期内跟踪评价 QoS,反馈实时数据并进行质量优化,同时以上数据将作为服务双方历史信用的记录。

2 物流云服务模式的体系架构

2.1 物流云服务模式的业务架构

本文给出了一个面向供应链、多用户、多资源提供者、基于服务的物流云服务业务架构图(图 1)。从业务的角度, LSC 模式主要由三部分组成:物流云服务需求端(logistics cloud service demander, LCSD)、物流云服务提供端(logistics cloud service

provider, LCSP)、云服务平台 (cloud service platform, CSP)。LCSD 是指物流云服务使用者, 这里指的是整个供应链或供应链上个别成员; LCSP 指的是提供物流服务资源的运输车队、货代公司等, 它主要向云服务平台提供各种异构的物流资源和物流服务; CSP 充当二者之间的桥梁和枢纽, 负责建立健壮的供需服务链。LCSD 通过 CSP 提出个性化服务需求, CSP 对 LCSP 提供的物流云进行整合、检索和匹配, 建立起适合客户的个性化服务解决方案并进行物流云调度, 同时在服务过程中对服务质量进行管理和监控, 为双方创造不断优化的服务质量和服

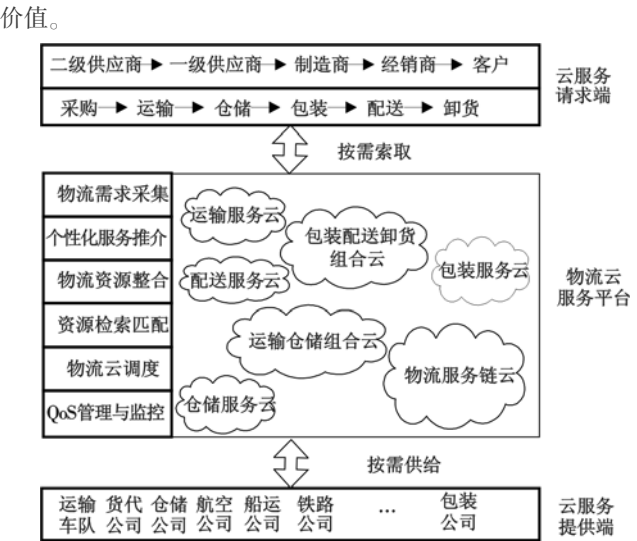


图1 物流云服务业务架构

2.2 物流云服务模式的技术架构

为了实现物流云服务模式, 需要从技术的角度构建一个面向云请求端和云提供端的物流云服务平台, 协调双方共同完成物流服务任务。该平台的技术架构(图2)自上而下由云应用层、云接口层、云业务服务层、云虚拟资源层、物流资源层等五个层次组成, 具体如下:

a) 云应用层。该层主要面向制造业产业供应链和物流服务供应链上的企业用户。它为用户提供统一的入口和访问界面, 用户可以通过门户网站、用户界面访问和使用云服务平台提供的各种云服务。制造业供应链上的用户通过平台获得最适合的单个物流云服务或一套物流服务解决方案, 物流服务供应链上的用户通过平台整合各类物流资源, 协同为客户提供高效、优质廉价的个性化服务。

b) 云接口层。该层主要为各类用户提供接口, 包括云端的系统接口、技术标准接口以及用户注册等其他接口。

c) 云业务服务层。该层是物流云服务平台的核心部分, 是实现物流云服务最为重要的结构。它为物流云服务的运行提供以下功能和服务: (a) 云用户管理, 面向物流云服务平台用户提供账号管理、交互管理、认证管理以及接口管理等服务; (b) 云服务管理, 它主要完成物流云服务的核心功能, 包括物流任务管理、物流云发布、云整合、云解决方案、云检索、云匹配、云调度、云监控、QoS 管理以及云优化等核心服务; (c) 云基础管理, 面向物流云服务提供数据管理、系统管理、云标准化、云存储、交易管理、技术服务、信用管理等基础服务; (d) 云安全管理, 该管理是物流云服务不可忽视的一环, 它为物流云服务提供身份认证、访问授权、访问控制、综合防护、安全监控等安全服务。

d) 云虚拟资源层。该层主要是将分布式的物流资源汇聚成虚拟物流资源, 并通过资源建模、统一描述、接口实现, 将局部的虚拟物流资源封装成全局的各类云服务, 发布到云服务平台中, 以一致透明的方式供访问和使用。该层的主要功能包括资源建模、服务接口、虚拟化、封装管理、发布管理、资源质量管理等。

e) 物理资源层。物理资源是虚拟物流资源的载体, 它主要包括基础设施、物流设备、人力资源、配送中心等分布式异构资源。该层主要通过 GPS、RFID、物联网等技术将各类物理资源接入到网络中, 实现物理资源的共享和协同。



图2 物流云服务技术架构

3 物流云服务的关键技术

物流云服务模式是在现有物流服务模式基础上, 融合现有的物流网络、服务供应链、云计算、云安全、物联网等技术发展起来的一种新型的物流服务模式, 其实施过程涉及技术、管理等多方面的关键技术, 主要包括物流云服务模式、机制和流程、物流云服务平台及云端化技术、物流云服务工程技术、物流云服务管理技术和云安全管理技术等。表2 给出了物流云服务模式涉及的关键技术的类别, 以及每个技术大类所包含的主要内容, 具体如表2 所示。

4 面向汽车产业的物流云服务模式设计

虽然云计算、云服务刚刚兴起, 但汽车行业尤其是整车制造商早已迫切需要引进按需供给、高效、优质廉价、透明的物流服务作为战略支撑, 同时也开展了一些吻合云服务特点的实践, 比如供应链一体化、零部件按需取货、全球物流服务网络构建、整车远程监控等, 效果非常明显。本文以重庆汽车产业物流服务为例, 从理论角度初步设计面向汽车产业的物流云服务模式, 以验证物流云服务模式的有效性。

4.1 背景介绍

汽车物流作为国际物流同行公认的最复杂、最专业、技术含量最高的物流领域, 包含零部件物流、生产物流、整车物流、

备件物流、回收物流等业务,其涉及的物流服务商主要包括第三方物流公司、零部件运输车队、仓储公司、包装公司、货代公司、商品车拖挂运输车队、滚装船公司、港口、铁路物流公司、航空公司、配送中心、分拨中心、堆场等一系列物流服务提供者,这些物流服务提供者相互协作,构成物流服务链共同为汽车供应链提供高效、优质、低成本的物流服务,如图 3 所示。

表 2 物流云服务涉及的关键技术

技术类型	具体内容
物流云 服务模式、 机制和流程	物流云服务模式服务标准、规范定义,基于物流云服务的业务模式构建和管理,面向客户和资源整理的物流云服务机制构造,物流云服务模式下服务流程、业务流程、操作流程的动态设计
物流云 服务平台 及云端化 技术	云服务平台开发技术,云数据存储、管理技术,云提供端资源接入技术,物理资源建模与封装技术,云请求端资源接入和访问技术,基于 RFID、物联网等技术的云端实现技术
物流云 服务 工程技术	云服务聚合技术,云服务自动组合技术,云服务动态调度技术,云服务动态检索和匹配技术,云服务模型和服务建模技术,面向客户需求变化的服务解决方案设计,云服务创新、服务设计、服务系统构造技术
物流云 服务管理 技术	云服务交易管理和支付技术,云服务协同管理,云服务用户管理,云服务全程监控技术,云服务评价、优化技术,云服务模式下云端的信用管理,面向云服务生命周期的 QoS 管理,云服务模式下客户满意度的调查与分析
物流云 安全管理 技术	系统安全技术,网络安全技术,云端接入、访问安全技术,多用户信息交互安全技术

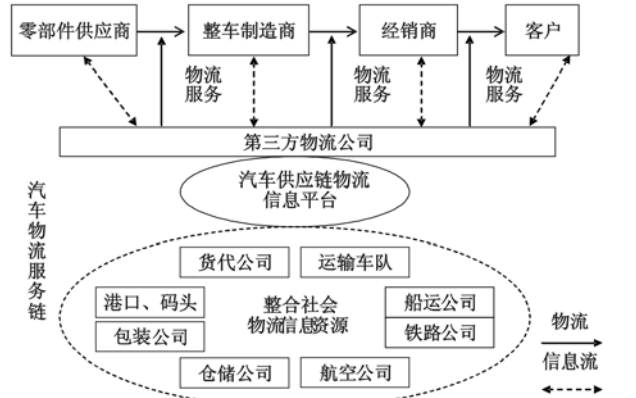


图3 汽车供应链物流服务示意图

重庆是我国汽车工业发展的重要生产基地之一、全国八大汽车出口基地之一,已形成重、轻、微、轿车型齐全的汽车产业基地格局,汽车工业是重庆第一大支柱产业。截止到 2009 年底,全市国家公告内汽车生产企业有 27 家,现有 200 万辆汽车生产能力,其中包括长安汽车、长安福特、长安铃木、力帆、庆铃、渝安等知名品牌在内的整车生产企业 12 家,改装类企业 15 家;规模以上汽摩车零部件企业共计 1 178 家;同时拥有长安民生物流、民生物流、中集汽车物流等多家大型汽车物流企业,民生轮船、嘉川、太平、特锐等汽车滚装运输、公路运输公司 60 余家,寸滩、佛耳岩、九龙港、唐家沱、果园港、东港、黄礁港等港口码头。目前存在的主要问题有:a)对整车及零部件制造企业,如何方便、快捷、按需从众多的物流服务提供者中获取最佳的物流服务;b)对众多物流服务提供者,如何快速地获取汽车供应链企业的需求信息并按需提供便捷的物流服务。经过对重庆市多家大型汽车制造企业和物流服务企业的长期调研,笔者认为物流云服务模式可以解决上述问题,并提升供需双方在汽车物流中的价值实现程度。

4.2 汽车物流云服务模式设计

图 4 为汽车物流云服务模式的示意图,图中汽车物流云服

务需求方指的是汽车供应链上的所有企业,包括零部件供应商、整车制造商、经销商、顾客等,他们通过移动终端、PC 终端、设备终端等进入物流云服务平台,根据需求智能获取所需的物流云服务;而汽车物流云服务提供方则通过 RFID、条形码、电子标签、GPS 等技术对物流资源进行感知,并将其虚拟接入物流云服务平台,形成虚拟资源池。汽车物流云服务平台则负责物流云服务的正常运作和协调供需双方,它根据用户的需求,通过动态组合各种物流云、智能调度和监控物流云,为用户提供优质价廉的个性化物流服务。作为服务运作主体,它将虚拟资源中的虚拟资源封装成各类云服务(运输云、配送云、包装云、物流服务链云等),并通过注册、发布向外提供;技术支撑主体则是实现云服务运作的核心,它通过一系列的基础服务(调度管理、监控管理、QoS 管理、动态组合、安全管理等)等为各类云服务提供技术支持。

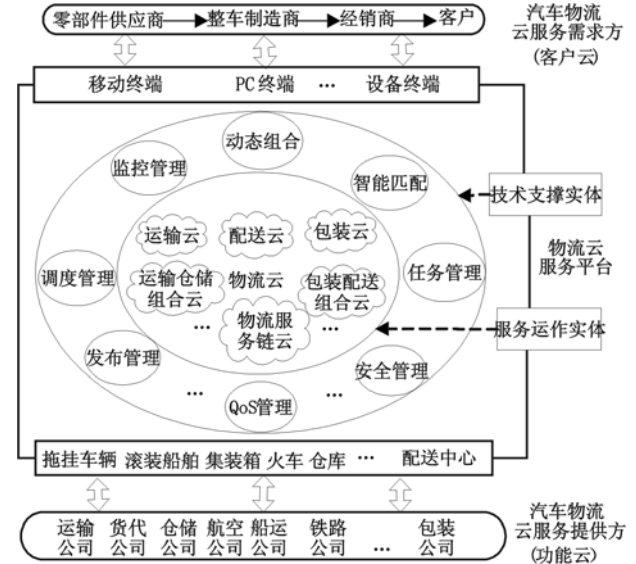


图4 汽车物流云服务模式示意图

4.3 汽车物流云服务模式的构建与运行

汽车物流云服务模式围绕以汽车主机厂为核心的制造供应链形成的客户资源(客户云),开展全程一体化物流服务。a)服务涉及“零部件供应商—主机厂—销售商—客户”的供应链全过程;b)对单一主体要提供“入厂—生产—销售—逆向”全流程的物流服务。通过与制造供应链核心企业建立股权、契约关系等方式实现客户云的聚集,如上海通用与安吉天地、长安汽车与长安民生物流等大型汽车物流企业均采用这种合作方式来打造自己的核心客户云,操作上要求实现以客户需求为中心、拉动式、低成本、高质量的精益物流模式;打造以汽车物流服务集成商为核心的面向汽车供应链的物流云服务平台,实现汽车入厂物流、生产物流、销售物流、逆向物流等信息的高度共享及对物流过程的智能支撑。开发建设专业的汽车物流功能服务云,对于核心物流能力以及部分关键物流能力,考虑其重要性以及稀缺性,汽车物流服务集成商一般是通过自建和与其他合作伙伴取得战略合作两种方式获得,而对于一些关键能力和一般能力的获取大部分通过整合社会相关汽车物流资源来实现。

具体运行过程为:汽车供应链或单个企业通过汽车物流云服务平台发布物流需求,自行选择或由云服务平台(或物流服务集成商)向其推荐运输公司、船公司、火车场站、堆场、仓储公司等服务提供者,平台(或物流服务集成商)则根据客户需

求将符合条件的物流资源动态整合到一起,启动物流服务执行,并通过智能技术实现对物流过程的智能调度、全程监控和运行协调;同时平台对物流功能提供者执行过程中进行信息收集和记录,并进行质量评价和信用数据生成,为日后的物流服务提供支撑。

通过汽车物流云服务平台,汽车供应链的成员可以快速、便捷、优质价廉、按需获取满意甚至超值的个性化物流服务;对于物流服务提供商而言,他们能够更便捷地获取客户需求,快速建立服务,低代价地为客户提供个性化的物流服务。显然这是一个供需双方双赢的过程。

5 结束语

针对目前物流服务方式在推广和应用方面存在的瓶颈问题,尤其是客户无法获取快速、便捷、满意的物流服务的问题,本文提出了一种面向供应链的物流服务新模式——物流云服务,该模式将现有的物流服务模式、云计算、云安全、服务工程、物联网、RFID 等技术融合于一体,为物流业中诸多需求提供了新的思路和解决方案。本文围绕物流云服务的背景、概念、特征、业务架构、技术架构以及实施的关键技术等问题进行了初步的研究和探讨,同时针对物流云服务的应用和推广问题,本文初步设计了面向汽车产业的物流云服务模式,以验证该模式的可行性,同时为其他产业的物流服务模式提供参考和借鉴。

物流云服务具有美好的应用前景和推广价值,但是目前关于物流云服务的研究尚处于起步阶段,物流云服务技术的实现还有大量的工作要做,如云服务模式、云端化技术、云服务平台的开发、云服务标准等。下一步将重点结合我国物流业的实际需求对物流云服务相关技术和问题展开更深入的研究,以尽快推动物流云服务的“落地”,提升我国物流业服务水平和信息化水平。

参考文献:

[1] 龙跃,易树平. 两阶段决策下物流任务联盟协同管理优化[J]. 计

算机集成制造系统,2010,16(4):802-809.

- [2] 王若钢,冯英波. 虚拟物流企业联盟的利益分配策略研究[J]. 控制与决策,2008,23(10):1087-1090.
- [3] 桂云苗,龔本刚,程幼明. 需求不确定下物流服务供应链协调[J]. 计算机集成制造系统,2009,15(12):2412-2416.
- [4] 刘伟华,季建华,周乐. 两级物流服务供应链任务分配模型[J]. 上海交通大学学报,2008,42(9):1524-1528.
- [5] BIAN Wen-liang, JU Song-dong. Grid and logistic networks[J]. Dynamics of Continuous Discrete and Impulsive Systems, Series B: Applications and Algorithms, 2005(7):641-645.
- [6] 宁方华,陈子辰,熊励,等. 协同物流网络的任务协调决策模型及其求解算法[J]. 控制与决策,2007,22(1):109-112.
- [7] 鞠颂东,徐杰. 物流网络理论及其研究意义和方法[J]. 中国流通经济,2007(8):10-13.
- [8] LIN Zi-kui, CHEN Lei. Multi-target optimization model of logistics resources allocation[C]//Proc of the 8th International Conference on Machine Learning and Cybernetics. 2009:2587-2592.
- [9] SIMS K. IBM introduces ready-to-use cloud computing collaboration services get clients started with cloud computing[EB/OL]. 2007. http://www-03.ibm.com/press/us/en/press_release/22613.wss.
- [10] Amazon. Amazon elastic compute cloud (amazon EC2) [EB/OL]. [2009-05-20]. <http://aws.amazon.com/ec2/>.
- [11] 陆康,郑纬民. 云计算:系统实例与研究现状[J]. 软件学报,2009,20(5):1337-1348.
- [12] ROSENTHAL A, MORK P, LI M H. Cloud computing: a new business paradigm for biomedical information sharing [J]. Journal of Biomedical Informatics, 2010,43(2):342-353.
- [13] 胡新平. 基于云模式的文献资源服务研究[J]. 情报理论与实践, 2010,33(9):73-76.
- [14] 南凯,董科军,谢建军. 面向云服务的科研协同平台研究[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2010,38(N):14-19.
- [15] 李伯虎,张霖,王时龙,等. 云制造——面向服务的网络化制造模式[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(1):1-8.
- [16] 张霖,罗永亮,陶飞,等. 制造云构建关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(11):2510-2520.
- [17] 王忠杰,徐晓飞. 面向双边资源整合的服务创新模式[J]. 计算机集成制造系统,2009,15(11):2216-2225.

(上接第 213 页)

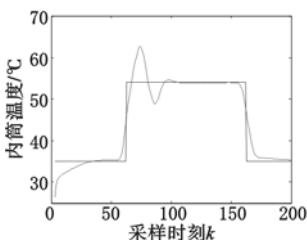


图4 初始水温为20°C时内筒水温控制结果

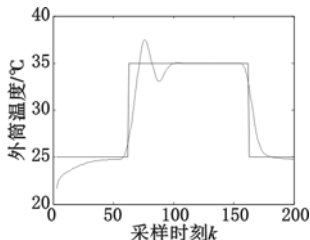


图5 初始水温为20°C时外筒水温控制结果

3 结束语

本文提出了神经网络非线性预测逆系统控制方法,该控制方法不仅可以克服一般非线性逆控制方法需要对象精确数学模型的问题,同时根据多步预测的结果直接训练控制器的权值,避免了复杂的非线性求解,比一般的神经网络预测控制方法简单,更易于实现。此外,为了进一步减少模型失配、干扰和不确定性带来的不利影响,在控制过程中采用神经网络对每一步的输出预测误差进行了校正。对锅炉对象进行控制的结果表明,本文提出的基于预测控制思想的非线性逆系统控制方法

可以实现大滞后非线性对象的解耦控制,且能克服模型不精确的影响,实现良好的动态跟踪性能。

参考文献:

- [1] CHEN L, NARENDRA K S. Identification and control of a nonlinear discrete-time system based on its linearization: a unified framework [J]. IEEE Trans on Neural Networks, 2004, 15(3):663-673.
- [2] CHEN L, NARENDRA K S. Intelligent control using neural networks and multiple models [C]//Proc of the 41st IEEE Conference on Decision and Control. [S.l.]: IEEE Control Systems Society, 2002:1357-1362.
- [3] CABRERA J B D. Nonlinear ARMA models and the general tracking problem for discrete-time dynamical systems [D]. New Haven, Connecticut: Yale University, 1997.
- [4] 戴先中. 多变量非线性系统的神经网络逆控制方法[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [5] 李生权,裴进浩,季宏丽,等. 一类非线性非最小相位系统的神经网络逆控制[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(4):962-964.
- [6] 魏东. 基于预测策略的神经网络非线性控制及应用[D]. 北京:北京航空航天大学, 2006.
- [7] 李成栋,易建强,余意,等. 柔索驱动并联机构的二型模糊神经逆控制[J]. 自动化学报, 2010, 36(3):459-464.