

7-2-2020

Information Collaboration Model of Cloud Computing Supply Chain Based on Multi-Agent

Wuxue Jiang

1. Department of Computer Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China;;

Xuanzi Hu

1. Department of Computer Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China;;

Minxia Liu

2. School of Electronic Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China;

Yuqiang Chen

1. Department of Computer Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China;;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Information Collaboration Model of Cloud Computing Supply Chain Based on Multi-Agent

Abstract

Abstract: In order to improve the work efficiency of supply chain in cloud computing and avoid the risks of cloud computing, a *cloud-based supply chain information coordination model* was proposed. The model has two basic states which are *online status* and *offline status*, at *online state* the cloud computing center is responsible for coordination of the entire supply chain information, and at *offline state* each node continues to complete the transaction order through the history record and each node information in the cloud data center. Simulation based on Multi-agent shows that the order completion rate in offline status is slightly lower than that in online status, and can meet the users' regular requirements in cloud computing supply chain. Experimental results confirm that the model is feasible, and the offline status can effectively avoid the risk in the cloud computing environment.

Keywords

supply chain, collaboration model, cloud computing, risk avoidance, multi-agent system, online/offline status, order completion rate, negotiation strategy

Recommended Citation

Jiang Wuxue, Hu Xuanzi, Liu Minxia, Chen Yuqiang. Information Collaboration Model of Cloud Computing Supply Chain Based on Multi-Agent[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(1): 51-56.

一种基于多智能体云供应链信息协同模型

江务学¹, 胡选子¹, 刘敏霞², 陈俞强¹

(1. 东莞职业技术学院计算机工程系, 东莞 523808; 2. 东莞理工学院电子工程学院, 东莞 523808)

摘要: 为提高云计算供应链的工作效率并规避云计算带来的风险, 提出了一种基于云计算的供应链信息协同模型。该模型拥有在线和离线两种基本状态, 在线状态下, 云计算中心负责协同整个供应链信息, 而在离线状态下, 各节点通过交易历史纪录和云数据中心各节点信息继续完成订单交易。基于 Multi-agent 的仿真表明, 离线状态下的订单完成率稍低于在线状态下的订单完成率, 均满足云供应链用户的常规需求, 实验证实了该模式的可行性, 同时离线状态有效的规避了云计算环境中的风险。

关键词: 供应链; 协同模型; 云计算; 规避风险; Multi-Agent 系统; 离线/在线状态; 订单完成率; 协商策略

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2016) 01-0051-06

Information Collaboration Model of Cloud Computing Supply Chain Based on Multi-Agent

Jiang Wuxue¹, Hu Xuanzi¹, Liu Minxia², Chen Yuqiang¹

(1. Department of Computer Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China;

2. School of Electronic Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China)

Abstract: In order to improve the work efficiency of supply chain in cloud computing and avoid the risks of cloud computing, a cloud-based supply chain information coordination model was proposed. The model has two basic states which are online status and offline status, at online state the cloud computing center is responsible for coordination of the entire supply chain information, and at offline state each node continues to complete the transaction order through the history record and each node information in the cloud data center. Simulation based on Multi-agent shows that the order completion rate in offline status is slightly lower than that in online status, and can meet the users' regular requirements in cloud computing supply chain. Experimental results confirm that the model is feasible, and the offline status can effectively avoid the risk in the cloud computing environment.

Keywords: supply chain; collaboration model; cloud computing; risk avoidance; multi-agent system; online/offline status; order completion rate; negotiation strategy

引言

随着 21 世纪随着信息技术与网络技术的发展, 供应链也随之进入了信息化和网络化的时代。



收稿日期: 2014-06-28 修回日期: 2014-10-23;
基金项目: 国家自然科学基金(11047150); 广东省科技计划项目(2014A010103002); 广东省数控一代机械产品创新应用示范工程项目(2013B011301003);
作者简介: 江务学(1976-), 男, 湖北, 硕士, 副教授, 研究方向为服务计算和智能计算。

企业之间的竞争中, 供应链的优劣直接决定着企业的将来的命运。谁能快速掌握供应链中信息并作出迅速反应, 谁就更有可能在激烈的商业竞争中获得胜利。供应链中包含的对象有供应商、制造商、分销商、销售商以及客户, 每类对象都有成千上万个实体, 而每个实体又含有数不胜数的供应信息 and 需求信息。如何协同供应链中来自不同对象的海量信息, 使得供应链的整体效益最大化, 成为当前供应

链信息化进程中迫在眉睫的问题。

传统供应链面临的市场较为稳定,技术进步较慢,产品的生命周期长,过去供应链信息协同多采用链式信息流模式。针对链式信息流中的信息失真、传递周期长、利用率低下、难以共享等问题,学者们提出了一系列信息协同模型。文献[1]中, SUSANA AZEVEDO等提出了一种基于云计算的虚拟信息中心方案以解决供应链的协同问题,将云计算平台作为集成式信息流模式中的信息中心,可以解决信息管理的垄断和安全性问题,然而由于其信息管理同样为集中式的,当云计算平台受到攻击时,这套供应链信息流模式将受到毁灭性的打击。还有一些学者从信息协同的另一个角度开展了相关研究,文献[2]中, Guoyin等提出了一种移动服务的竞争和协同机制的模式,其核心思想是一个多智能体系统,该系统权衡访问服务提供者、产品服务提供者和移动服务提供商之间协同过程中利益的最优化。同时,提出了一个基于代理演化算法的集成系统框架,该系统为系统提供适当的策略以实现利润最大化。文献[3]针对供应链下游企向产业集群的多家供应商之间的实际情况,提出了统筹生产能力和生产负荷率的一个制造商对多个供应山的订单分配模型。文献[4]剖析了云计算环境下供应链信息协同进行了社会风险与技术风险。文献[5]提出集成式信息流运作模式,它将所有的信息都集中在一个信息中心进行集中处理,该模式具有信息准确、传递速度快和信息充分共享等优点,但是由于将所有信息放置在一个信息中心,信息管理易形成垄断继而导致供应链中各个节点获得信息不对称。文献[6]考虑了以2个单链合作为起点,基于不同的合作方式创建了多个子系统,该系统较好的抑制了生产中的波动和牛鞭效应,并再次基础上建立了不确定切换多供应链系统模型。

云计算是继网格计算后又一项 IT 技术,它的出现使供应链信息协同变得容易与可行,但是也带来了云计算环境下的风险。本文基于云计算技术,

综合考虑其应用在供应链信息协同的优点和缺点,提出了一种能够抵御云计算风险的供应链协同模式。

1 供应链协同

供应链中3种流分别为物流、资金流和信息流。随着信息技术发展,物流和资金流在某种程度上均可以转化体现在信息流之中,因而只通过对信息流进行协同和优化,就可以促进整个供应链的利益最大化。信息流反映的是供应链中各个节点信息相互传递的过程。由于各个节点分属不同实体,各自对自己的情况了解,但是对于对方的情况需要进行信息的沟通才能掌握。为了增进节点对其他节点及整个供应链信息的了解与掌握,各个节点将需要将各自的信息向其他节点传递或者向一个集中的决策层传递。供应链信息协同主要包括以下内涵。

界面协同。界面协同的目标是实现各节点界面与操作方式的协同,提高用户与供应链整体进行信息交互的效果。

数据协同。数据协同的目标在于保持供应链中各节点信息定义及格式的一致性,使得各节点对其他节点的信息可以进行无缝利用。

控制协同。控制协同的目标在于将整个供应链系统中的不同功能组合成一个有机的整体,共同完成一个相同的目标。控制协同程度包括:本节点提供服务的可用性程度,其他节点提供服务的可用性程度。

程序协同。程序协同程度包括以下2个层面:
(1) 用以同一程序的相关子系统组合是否顺畅;(2) 相关子系统协同合作的性能与效率。

2 云计算风险

云计算是基于分布式计算和虚拟化技术发展起来的一种新型商业化计算模型。云计算目前定义并不一致。文献[7]中,云计算专家刘鹏认为,“云计算将计算任务分布在大量计算机构成的资源池

上使各种应用系统能够根据需要获取计算力、存储空间和各种软件服务。”文献[8]提到,云计算风险来源于两个方面,一是云服务商提供服务过程中的安全风险,而是用户或企业在使用云服务时的风险。具体来讲,包含用户接入风险、服务性能风险、数据安全风险、人物因素客观风险和日志风险。

所有用户都是通过云计算中心来获取服务,一旦云计算中心受到攻击发生崩溃,就会造成供应链的瘫痪。如果用户将数据存储存储在云之中而未在本地备份,如果云平台崩溃,该用户遭受的损失是难以估量的。

本文中主要讨论在云计算数据中心不能发挥作用时,基于多agent的供应链系统的交易运作情况,涉及到的风险有用户接入风险、服务性能风险和日志风险,分别用 $u(t)$, $s(t)$ 和 $l(t)$ 表示,其中, t 为时间。

3 基于云计算的供应链协同模式

3.1 在线与离线协同状态

综合考虑应用云计算的优势和风险之后,本文提出一种能够抵御云计算风险的供应链信息协同模式,如图1~2所示。该信息协同模式拥有在线和离线两种基本状态。在线状态下,网络顺畅,云计算中心正常运行,此时供应链中各个节点都只与云计算中心进行信息交换,并从云计算中心获取所需服务。云计算中心则负责协同不同节点的信息,达到整个供应链的信息最优化整合和利益最大化。

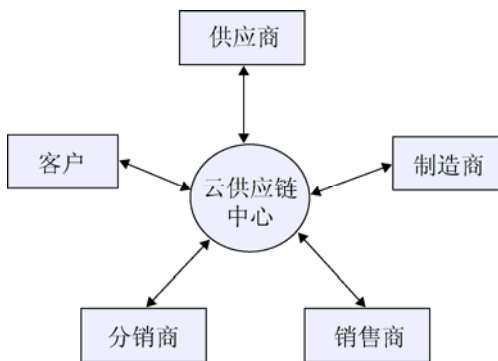


图 1 在线状态云供应链模型

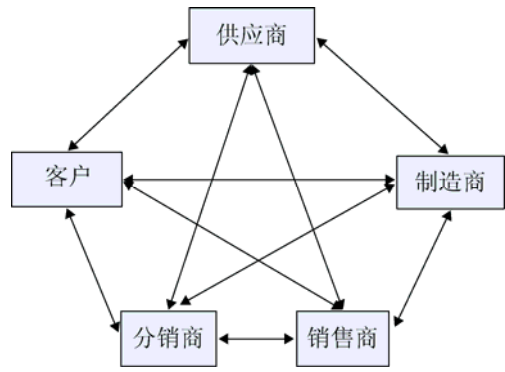


图 1 离线状态云供应链模型

同时,各个节点处于在线模式时会实时从云计算中心备份属于本节点权限拥有的整个供应链信息以及其他节点的网络地址,以供离线模式使用。一旦网络瘫痪或者云计算中心受到攻击不能正常运行,该模式将进入离线状态,在离线状态下,节点将利用之前在线状态下备份的供应链信息与其他节点地址,与其他节点进行信息交换,追求自身利益的最大化,该模式能够保障在网络瘫痪或者云计算中心崩溃的情况下供应链正常运行。

3.2 多 Agent 信息协同方法

参照文献[9],本文采用了多Agent信息协同方法解决这一问题。在线状态中,在云计算中心中存在供应商、制造商、分销商、销售商、客户共五个层次的在线Agent实体,各个层次的Agent共包括订单管理在线Agent、物料计划在线Agent、生产计划在线Agent、能力计划在线Agent、制造在线Agent、库存在线Agent、供应商管理在线Agent、销售在线Agent等。各个在线Agent功能不同,订单管理在线Agent根据各个节点实时传送的信息,负责客户订单的处理,包括接收订单、库存检查、派送服务等。物料计划在线Agent则根据各节点信息,负责对原材料的采购及管理,制定采购计划,提供物料可用量信息。其他Agent的功能篇幅所限,不一一描述。云计算中心通过建立从供应商到客户这五个层次的Agent实体,通过Agent之间的相互协作与沟通,为各个节点提供服务。在各个节点中,均存在一个与在线Agent对应的离线Agent,该离线Agent的功

能与在线功能几乎完全相同，在线时该离线Agent会与在线Agent进行同步，而两者不同之处在于该离线Agent只有当网络瘫痪或者云计算中心崩溃时才会发生作用，此时离线Agent与分布在网络之中的各Agent通信并获取其业务上下游Agent传递来的信息，根据此信息为其所属节点提供服务。

3.3 构建协同模式的关键步骤

供应链的云计算中心存储着所有供应链的节点信息，其负责收集、协同与发送节点信息，并以服务的形式满足各节点的业务需求，在线状态时处于整个供应链的核心。部署云计算中心需要注意以下几个关键步骤：

(1) 在线状态是协同模式的常态。为了维持此常态，云计算中心需要向各节点提供顺畅的网络连接。因此，云计算中心对外的网络带宽和服务器并发处理能力必须能够满足当前供应链规模所需。而各个节点也应保持企业与外部网络连接的通畅；

(2) 云计算中心需要做好对信息的协同，包括界面协同、数据协同、控制协同与程序协同。没有这四个层面的协同，很难想象云计算中心能够为用户提供满意的服务；

(3) 云计算中心的信息安全性同样备受用户关注。云计算中心必须做好对信息的分级和保密，建立对信息的权限管理。根据企业信息的保密层次不同，可以将信息分为三个基本的层次，最高层次只有本企业及核心合作企业能够查看，同时只保存于企业自身，中间层次对整个供应链开放，但是只有企业自身才能进行编辑，最低层次的信息对整个网络开放浏览权限。做好信息的分级制度，有利于整个供应链的信息安全，增强用户对云计算中心的安全信任；

(4) 在本协同模式的离线状态下，云计算中心不再发挥作用，此时则需要事先部署在各节点的离线应用发挥作用。部署该离线应用需要注意，一是该离线应用处于在线状态时需要实时地从云计算中心备份本节点权限可以浏览的信息，一旦网络发

生故障，节点企业不能与云计算中心进行通信，节点将利用之前实时备份的信息继续完成之前的工作，直到网络正常。二是如果网络正常，云计算中心崩溃，离线应用应利用之前备份的其他节点网络地址信息，与其他节点进行通讯获取所需信息，此时协同模式呈现网络流模式，各节点均能进行正常工作，只是信息协同的目标从整体供应链利益最大变成了局部节点的利益最大化。

3.4 离线云计算供应链模型

在离线模式下，文中提出一种基于交易历史的公平协商模型，相对与常规的供应链交易模型，该模型增加了交易历史集合，通过合适的学习方法根据历史记录进行学习，预测交易对手的提议策略并做出一定的让步调整，以便及时调整相应的交易策略。该模型描述如下：

$$M_{MAS} = \langle NA, NT, NV, NP, AC, NW \rangle$$

其中： $NA = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ ，表示 n 个参与交易的Agent集合； $NT = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$ ，且 $T_i = \langle t_i, z_i \rangle$ ，表示参与交易的议题， t_i 为议题的主题部分， $z_i = \langle x_1, x_2, \dots, x_j \rangle$ 为议题向量； $NV = \{V_{a_1}^{T_m}, V_{a_2}^{T_m}, V_{a_3}^{T_m}, \dots, V_{a_n}^{T_m}\}$ 为各个Agent对议题 T_m 所赋予的向量集，并且 NT 中的 $x_k = V_{a_i}^{T_m}$ ； $NP = \{F_{a_1}^{T_m}, V_{a_2}^{T_m}, V_{a_3}^{T_m}, \dots, V_{a_n}^{T_m}\}$ 是对对方议题 T_n 各向量保留值进行预测而产生的向量 z_i 部分； $AC = 1 - u(t) \cdot s(t) \cdot l(t)$ 为交易过程中的风险规避度。其中 $u(t)$ 为接入风险， $s(t)$ 为服务性能风险， $l(t)$ 为日志风险，计算函数参照文献[10]。 $NW = \{w_1^{T_m}, w_2^{T_m}, \dots, w_k^{T_m}\}$ 为某 a_i 赋予议题 T_m 的权重，且 $\sum_{k=1}^k w_k = 1$ 。

$U(V, S) = \sum_{i=1}^K U(v_i, s_i)$ 为效用函数，其中 v_i 为议题 T_m 中的 x_k ， t_i 为协商所需的时间。

议题交易满意度评估函数：

$$\Phi(V, S) = \sum_{i=1}^K \Phi(v_i, s_i) \quad (1)$$

$$\Phi(v_i, s_i) = (th + (v_i - v_{i0}) \times \frac{(1 - th_0)}{v_{i0} - v_i}) \times w_i \times (\delta_i)^{t_i} \quad (2)$$

th_0 为满意度的阈值， v_{i0} 为议题 T_m 向量 x_k 部分的初值。文中约定， v_{i0} 表示 a_i 对 T_m 的满意度为1。

4 试验仿真

采用面向多Agent的JACK仿真平台对本文提出的供应链信息协同模式进行仿真验证, 仿真的供应链由一个供应商、一个制造商、一个分销商、一个销售商以及一个客户组成。具体的仿真参数如所示表1所示。

表 1 仿真参数

参数	设定值
客户订单需求	200
供应提前期	4
生产提前期	3
移动时间跨度	1
成品库存目标	600
原材料库存目标	600
初始原材料库存	200
初始成品数目	100
初始缺货数	0
初始未满足订单	0
初始原材料数	100

4.1 文中在线模型与文献[10]模型比较仿真

随机进行 50 次仿真试验, 平均订单完成率的结果如图 3 所示。

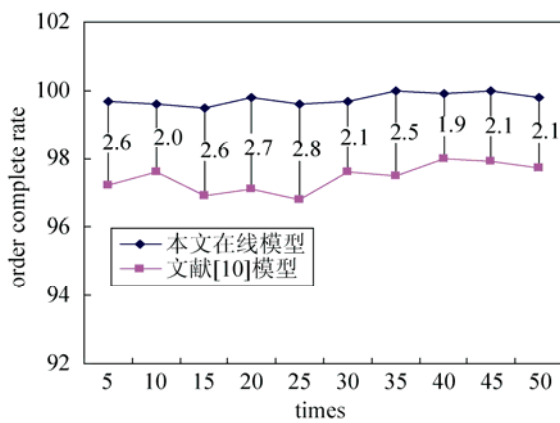


图 3 订单完成率比照图

图 3 列出了两个模型仿真的测试值以及差值, 不难看出, 文中提出的云供应链模型的订单完成率高且稳定, 平均值达到 99.76%, 并且均高于文献 [10]模型的订单完成率, 最高高出 2.8 个百分点, 平均高出 2.33 个百分点, 该数字说明该模型极大

的提高了供应链用户的满意度和供应链系统的核心效益, 具有明显的优越性。

4.2 在线模型与离线模型订单完成率比较仿真

仿真试验随机进行 50 次, 每次时长为 200, 初始状态为在线状态, 当 $t=100$ 时将供应链从在线状态切换到离线状态, 并对切换状态前后进行比照。

其中, 以用户接入风险 $u(t)$ 为例进行计算, 令:

$$u_t = \sum_{i=1}^n u_{ti} \tag{3}$$

$$u_{ti} = \sum_{j=1}^n u_{tij} w_{ij} \tag{4}$$

其中, (2)中的 w_{ij} 来源于文中提出的离线供应链模型 M_{MAS} 中的元组 $NW = \{w_1^{S_m}, w_2^{S_m}, \dots, w_k^{S_m}\}$ 。

将(4)代入(3)得:

$$u_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{tij} w_{ij} \tag{5}$$

将(3)按矩阵展开有:

$$u_t = u_{tij} w_{ij} = \begin{bmatrix} u_{t11} & u_{t12} & \dots & u_{t1n} \\ u_{t21} & u_{t22} & \dots & u_{t2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{tn1} & u_{tn2} & \dots & u_{tnn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{11} & w_{21} & \dots & w_{m1} \\ w_{12} & w_{22} & \dots & w_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{1n} & w_{2n} & \dots & w_{mn} \end{bmatrix}$$

$$u(t) = \int_{t=0}^T u_t \tag{6}$$

其中: $T = 200 / 2 = 100$ 。

同理, 计算服务性能风险 $s(t)$ 和日志风险 $l(t)$ 。

通过仿真, 订单完成率见图4, 在线和离线的风险规避能力和总的客户订单的平均完成率见表2。

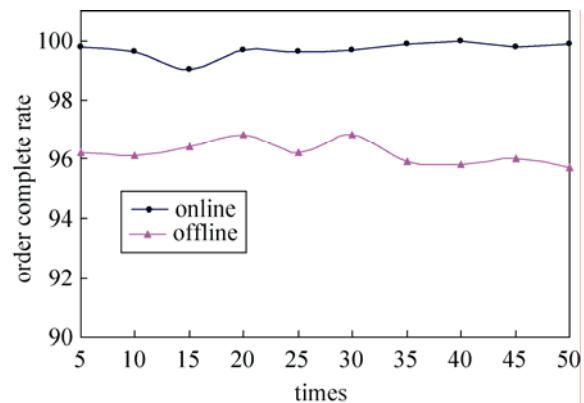


图 4 在线与离线的订单完成率

表 2 在线与离线时订单平均完成率

状态	平均风险规避度	平均完成率/%
在线	AConline=1.96	99.71
离线	ACoffline=1.87	96.16

从图3, 图4和表2可以看出:

(1) 在线状态时供应链运行状态非常好, 客户订单的完成率高, 而且非常稳定, 这是因为云计算中心集合了所有节点的信息, 集中全局地对供应链信息进行协同, 提高了供应链信息的协同传输能力;

(2) 当供应链切换至离线状态时, 每次的订单完成率均有所下降, 但是下降的幅度非常小, 随着离线时间的推移, 订单完成率以平滑的曲线下降, 这是因为离线时间越久, 交易历史信息 and 数据中心节点记录信息会逐渐失真而造成的;

(3) 从50次测试的平均订单完成率来看, 在线时为99.71%, 离线时为96.16%, 离线订单完成率稍低于在线订单完成率, 但还是能够满足云计算环境下供应链系统用户的常规需求率。图3中的文献[10]的平均订单完成率为97.43%, 仅高出本文中离线模型订单完成率1个多百分点;

(4) 模型的在线和离线两种状态的风险规避能力略有差距, 但差距不大, 并且均达到供应链系统中的常规满意值。

5 结论

(1) 为了能有效规避云计算环境中的“离线”风险问题, 并根据供应链系统的实际需要, 提出了一种能够在离线状态下能进行高效率信息协同的供应链模型。

(2) 该离线模型通过对在线时交易历史记录的学习, 同时利用云数据中心节点的记录信息, 能继续完成供应链订单服务。

(3) 通过算例仿真实验表明, 相对于在线状态下的订单交易完成率, 离线状态下的订单交易完成

率有所下降, 但下降幅度微弱, 仍然能达到客户的基本需求率, 属于优良的范围之内, 该离线供应链协同模型具有较高的现实使用价值。

参考文献:

- [1] Susana Azevedo, Paula Prata, Paulo Fazendeiro, et al. Assessment of Supply Chain Agility in a Cloud Computing-based Framework [J]. Scalable Computing: Practice and Experience (S1895-1767), 2012, 13(4): 295-301.
- [2] Guoyin Jiang, Bin Hu, Youtian Wang. Agent-based simulation of competitive and collaborative mechanisms for mobile service chains [J]. Information Sciences: an International Journal (S0020-0255), 2010, 180(2): 225-240.
- [3] 项薇, 宋法帅, 叶飞帆. 基于成产负荷率均衡的多供应山订单分配仿真 [J]. 系统仿真学报, 2013, 25(2): 209-215.
- [4] J Yan, K Ye, H Wang, et al. Ontology of collaborative manufacturing: Alignment of service-oriented framework with service-dominant logic [J]. Expert Systems with Applications (S0957-4174), 2010, 37(3): 2222-2231.
- [5] Xun Xu. From cloud computing to cloud manufacturing [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing (S0736-5845), 2012, 28(1): 75-86.
- [6] 刘春玲, 黎继子, 孙祥龙, 等. 基于Robust优化的多练库存系统动态切换模型及仿真 [J]. 系统仿真学报, 2012, 24(7): 1465-1473.
- [7] 刘鹏. 云计算 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [8] Burke T Ward, Janice C Sipior. The Internet Jurisdiction Risk of Cloud Computing [J]. Information Systems Management (S1058-0530), 2010, 27(4):334-339.
- [9] Mihalīs Giannakis, Michalis Louis. A multi-agent based framework for supply chain risk management [J]. Journal of Purchasing & Supply Management (S1478-4092), 2011, 17(1): 23-31.
- [10] Dominique Estampe, Samir Lamouri, Jean-Luc Paris. A framework for analysing supply chain performance evaluation models [J]. International Journal of Production Economics (S0925-5273), 2013, 142(2): 247-258.