

# 通讯类电子产品供应链建模及风险仿真<sup>①</sup>

田小意, 张慧妍

(北京工商大学 计算机与信息学院, 北京 100048)

**摘要:** 依据通讯类电子产品供应链的特征总结了系统运作过程中出现概率较高的六类风险因素。以供应链中某品牌运营商向供货商提出生产计划订单为核心驱动, 借助于 Petri 网这一具有良好可实现性的动态系统建模工具建立了通讯类电子产品供应链的 Petri 网主体简化模型。通过灵活设定所建模型的 Simulink 仿真运行参数, 模拟运行过程中多种状态变化, 对通讯类电子产品供应链进行了风险预测, 仿真分析结果可为后续决策策略的选择提供支撑依据。

**关键词:** 通讯类电子产品供应链; Petri 网; 风险预测; Stateflow 仿真

## Electronic Products of Communication Supply Chain Modeling and Risk Simulation

TIAN Xiao-Yi, ZHANG Hui-Yan

(College of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** According to the characteristics of the electronic products of communication supply chain, six risk factors which own high probability through the operation of supply chain system were put forward in this paper. For the core production plan order as driving force to the supplier of the brand operation business in the supply chain, establish a Petri net model of electronic products of communication supply chain with the well dynamic realizability. By setting simulation parameters flexibly, the states and changes during supply chain operation were obtained and risk predictions were made. The simulation results could provide support basis for the subsequent decision-making strategy.

**Key words:** electronic products of communication supply chain; Petri net; risk prediction; stateflow simulation

随着全球市场竞争严酷性的加剧, 为增强企业自身竞争力, 关联企业连接起来形成供应链, 已经成为企业在复杂、动态环境下实现优势战略竞争的重要手段之一。在享受供应链所带来的益处和优势时, 供应链风险管理这一问题日益为学术界及企业界所关注。文献[1]将粗糙集与灰色评价模型相结合的运用, 提供了一条对供应链企业进行知识共享风险预警定量分析的途径。文献[2]分析了节点企业的4方面特性, 构建了相应的风险预警指标体系, 运用BP神经网络对供应链知识共享风险进行预警、监测和分析。文献[3]采用时控Petri网建模并分析供应链网络运行所面对的各种风险, 表明Petri网用于对具有动态、随机特性的供

应链建模的有效性。文献[4]基于广义随机Petri网特性, 对再制造供应链进行建模分析, 通过马尔可夫链及相关数学方法, 不仅能分析整个再制造供应链的性能, 还能对各个环节的运作效率做定量计算。文献[5]从零售企业信息系统的角度出发, 研究基于Petri网的零售企业供应链信息共享平台建模问题。

考虑供应链的网络结构特性, 本文以通讯类电子产品的供应链为例进行分析, 利用Petri网的图形化特点, 建立了对应供应链的直观仿真模型。通过对通讯类电子产品的供应链进行计算机动态仿真研究, 以发现供应链的运营风险与瓶颈, 进而为决策层做出快速、有效、合理的应对方案提供依据。

<sup>①</sup> 基金项目:北京市教委科技发展计划(201210011005);北京市自然科学基金(9102005)

收稿时间:2011-10-17;收到修改稿时间:2011-11-19

## 1 通讯类电子产品供应链风险因素分析

### 1.1 独家供应商风险 (I)

对于通讯类电子产品来说,虽然需要的零配件很多,供应商更是数不胜数,但是一些关键的器件,往往是由一些大的企业所垄断的,可供选择的供应商仅有一个或几个,可选择性比较低。对品牌运营商而言,单一的供应商可以建立长期稳定的合作关系,降低价格成本,这种良好的合作又可以通过大量有规律的运输减少物流成本和风险。然而,独家供应商的风险是显而易见的,一旦发生自然灾害,恐怖袭击等不可预测的事件,不仅可能导致产品缺货,甚至供应链的运行还会立刻中断。

### 1.2 环境风险 (II)

环境风险可分为自然环境风险和社会环境风险两类,自然风险通常是指自然界发生的水灾、火灾、地震、台风等自然灾害而造成的供应链供货紧张或是迫使供应链运行中断的风险因素。社会风险因素包括政治法律风险、社会动荡及经济风险等因素,其将对工厂设备、人力资源等状况产生影响。考虑供应链所覆盖地区的政策偏好及调整可能给供应链的运行带来一些便捷,但是一旦这些政策发生变动,对于供应链的影响可能是致命的<sup>[6]</sup>。

### 1.3 消费市场风险 (III)

对于通讯电子产品来说,消费市场的变动常常是难以预测的,新的技术,产品的外形,乃至品牌的宣传都可能对消费者选择产生影响。一般,通讯电子产品供应链上的品牌厂商是最需要了解市场动态的,可是品牌厂商往往又不是同消费者直接连接的,通讯电子产品一般经由分销商和零售商才能到达消费者的手中,订单与最终市场需求往往产生一定的偏差。

### 1.4 信息共享风险 (IV)

在供应链的运行过程中,此类风险的重要性已有多篇文献可供参考<sup>[1,2,5]</sup>,不再赘述。

### 1.5 库存风险 (V)

通讯类电子产品的品牌厂商为了及时响应市场需求,同时也是为了预防一些突发风险,常常会保有一定的库存量,同时也要求它的上游供应商维持一定量的库存,但是由于牛鞭效应,会造成供应链上的库存堆积,这类库存浪费,会引发供应链上流动资金紧张,运营风险增大,进而影响供应链中各企业的最终收益<sup>[7]</sup>。

### 1.6 合作伙伴关系风险 (VI)

供应链想要良好地运行就需要各节点企业能够彼此协调,有序运作进而保障整个供应链的优化运行。但是供应链是一个利益相关的网络,缺少统一管理,存在的大企业对小企业的单向导向性,这些都会造成合作伙伴关系风险<sup>[6]</sup>。

## 2 通讯类电子产品供应链风险仿真模型

### 2.1 通讯类电子产品供应链运行流程

通讯类电子产品供应链一般以品牌运营商为核心企业,形成的包含了供应商,加工工厂、运输企业,配送分销商、零售商等相关企业在内的复杂功能网链结构。

一般来说,依据品牌运营商的销售计划向供应商提出需求器件的订单。器件供应商接到订单后,通过考察库存能否满足客户需求,进而进行原料采购,准备生产或是向其上游的供货商调货,并在一定的周期内将订单物品以第三方物流的形式送到品牌运营商指定的加工工厂。之后,品牌运营商负责调配将各个供应商提供的器件进行加工、组装等工序形成最终产品,再运往各个分销商、零售商,直到最终到达消费者的手中。

### 2.2 Petri 网的基本概念

Petri 网是 1962 年西德波恩大学的 C.A.Petri 在他的博士论文“用自动机进行通讯”中首次提出的一种可用图形化数学建模工具,非常适用于对复杂网络系统进行分层设计、建模与仿真研究<sup>[7,8]</sup>。

网络由位置(库所),转移(变迁)和有向弧组成,具有可视描述功能并通过标记(Token)的流动来模拟系统的动态行为。库所中可以包含 token,用以表示与该库所相关的条件是否成立或可用资源的类型与数量。库所与所含的 token 构成系统的一个标识,如果一个变迁的所有指向它的库所都有足够多的 token,那么该变迁是可以发生的。变迁发生后,token 从输入位置流到输出位置,系统进入一个新的标识<sup>[9]</sup>。一个使能变迁的激发,将引起其每个输入库所中标记减少,而每个输出库所(变迁到库所存在有向弧)中增加标记。

### 2.3 供应链主体简化模型的建立

实际运营中的通讯类电子产品供应链结构复杂,一个品牌厂商下会有多个可选择的供应商,加工工厂也分布广泛,存在着多个分销商,如图 1 所示。基于分

析的简化性及为了方便阐释供应链运作过程中的风险因素，本文将供应链中的具有类似功能的供应，加工与分销企业都抽象成了一个类节点，构建如图 2 所示的通讯类电子产品供应链 Petri 网风险仿真简图。并将图 2 中库所和变迁的含义在表 1 和表 2 中进行了说明。

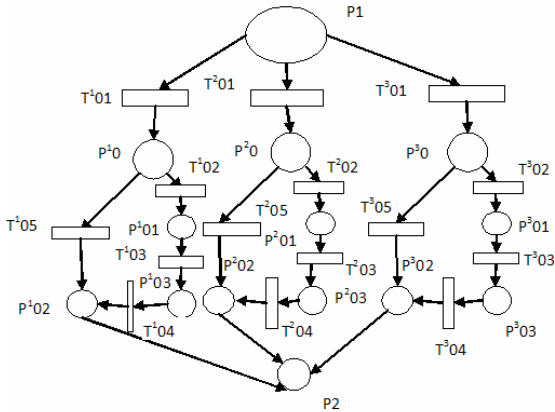


图 1 通讯类电子产品供应链 Petri 网模型

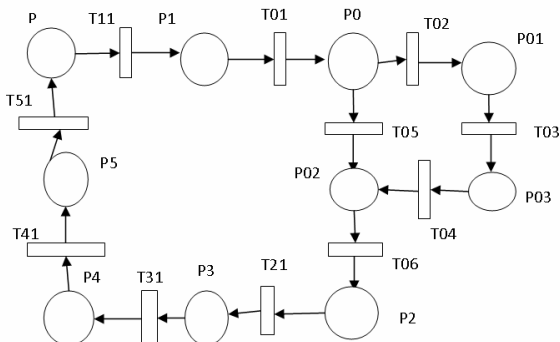


图 2 通讯类电子产品供应链 Petri 网主体简化模型

图 2 中，风险是否会发生由库所携带的 token 值决定，一定的 token 使得模型产生从一个库所到另一个库所的变迁。库所 P 代表品牌运营商，在 P 含有 token 值时表示品牌运营商将有生产计划，在此过程中，可能发生财务等经营类风险。生成订单 P1 后，则需要向供应商进行订货，此过程中存在信息传递风险。供应商在拿到订单后，首先要检查库存，库存满足订单需求，则直接交付第三方物流，委托其将货品送达品牌运营商的工厂，这里在配送过程中存在物流风险。若供应商库存不满足订单需求，则激发供应商要进行原料采购，生产加工。供应商进行原料采购的环节可能存在独家供应商风险。在生产了可使订单满足的产品数量后供应商再通过第三方物流将产品送到品牌运营

商的工厂。品牌运营商工厂将订购的配件进行组装，此时需考虑工厂的员工与设备情况这些经营风险发生的可能性。而后，最终的通讯类电子产品将经过分销商、零售商并最终到达消费者手中。

表 1 库所含义表

位置 (库所 P)	库所含义
P <sub>0</sub>	通讯电子产品品牌厂商/核心厂商
P0 <sub>1</sub>	供应商库存
P0 <sub>2</sub>	供应商采购
P0 <sub>3</sub>	第三方物流
P1	订货
P2	品牌厂商加工或 OEM
P3	分销商
P4	顾客
P5	信息中心

表 2 变迁含义表

变迁 (T)	变迁含义
T01	信息传递的风险--IV
T02	独家供应商风险--I
T03	库存风险--V
T04	合作伙伴风险--VI
T05	将库存转移--V'
T06	物流风险--VI
T11	财务风险--II
T12	安排加工--IV
T21	经营风险(工厂生产力情况, 能否安排加工)--II
T31	市场竞争风险--III
T41	市场需求风险--III
T51	将收集信息传递给品牌厂商--IV

2.4 仿真实验与分析

Matlab 仿真软件中的 Stateflow 是有限状态机 (finite state machine) 的图形工具，它可以用于解决复杂的逻辑问题，与 Simulink 紧密结合，允许用户建立有限个状态，设定状态转移的条件与事件，从而实现对有限状态机系统的分析、优化，非常适合用来对 Petri 网进行仿真分析<sup>[10]</sup>。

本文首先创建 Simulink 模型，在模型中插入一个 Stateflow 状态图。图中可设立状态、状态跃迁变化关系，状态用方框表示，每个状态可以包括 entry、during、exit 和 on event 四种行为(action)，分别实现进入该状态时，处于该状态期间、离开该状态和期间发生某事件时相应的动作；跃迁变化用有向弧表示，每个跃迁可以包括使跃迁使能的事件(event)、激发跃迁的条件及

跃迁时发生的行为。而后在 Simulink 仿真窗口中通过条件执行子系统功能的设定, 有选择性的激活或禁止子系统, 为后续实现扩展功能的供应链 Simulink 动态仿真提供便利。

依据上文分析, 图 3 为 Simulink 环境下的供应链的 Petri 网仿真界面。其中 Stateflow 中历史交汇工具的使用可实现仿真过程中不会因为风险的出现而中断仿真运行过程, 仅及时显示出风险值进行预警。通过设定不同的订货量和库存量等运行条件, 系统的运行路线不同, 对应存在的风险也有所不同。token 值则代表了风险是否会发生, token 值为 1, 不发生风险; token 值为 0, 则发生风险, 此外, 为了方便区分风险类别, 设定了风险类别对应的不同风险值, 详见图 3 右侧说明。文中所建立的模型通过设定矩形波的运行周期控制供应链运行的时间周期, 以灵活调整仿真时间, 提高仿真速度与效率。

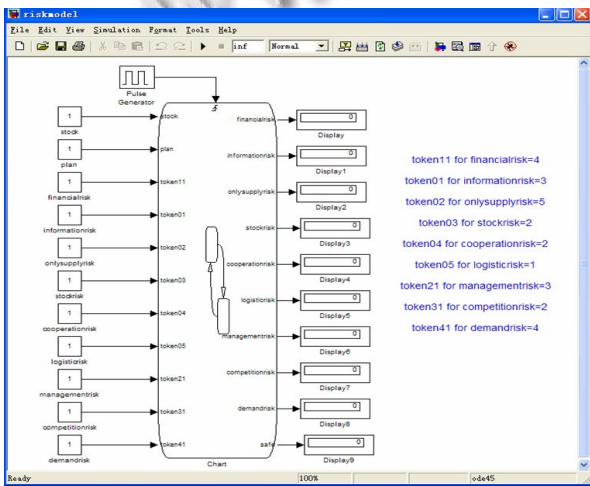
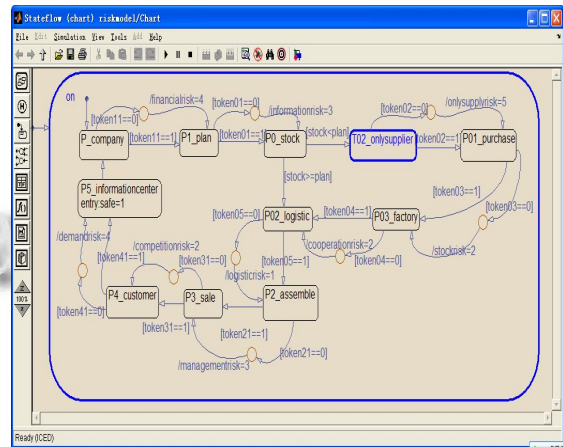


图 3 通讯类电子产品供应链的 Simulink 仿真界面

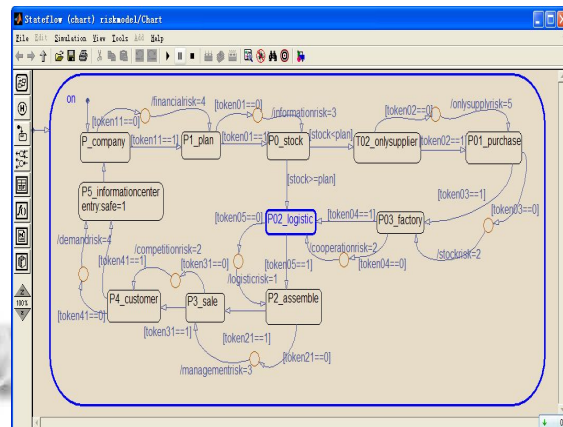
图 4 为通讯类电子产品供应链的 Petri 网仿真模型, 考虑到并不是每一次供应链风险的出现都会导致供应链运行中断, 并且为了便于仿真分析多个风险因素同时出现的情况, 编程时采用了历史交汇工具, 使得在模拟供应链运行时, 不会因为风险的出现而中断运行, 而是以给出风险值的方式进行风险预警仿真研究。

例如: 从 Simulink 中读入设定的 stock 值和 plan 值, 当状态迁移到 P0 时会进行比较。若供应商库存小于品牌运营商的订货量时 (即  $stock < plan$ ), 则激活供应商进行原料采购, 变迁 T02 状态框变粗, 如图 4 (a)

所示。若供应商库存大于等于品牌厂商的订货量时, (即  $stock \geq plan$ ), 所示则供应商将库存通过第三方物流运送给品牌运营商的工厂, 如图 4 (b), P02 状态框变粗。最终, 以通讯类电子产品配送至消费者后, 消费的回馈统计数据会传递到信息中心, 将设定的状态值 safe 置 1 为标志结束任务。



(a) 库存小于订货量时系统仿真分析图



(b) 库存大小于订货量时系统仿真分析图

图 4 通讯类电子产品供应链的 Petri 网状态仿真分析图

仿真实验表明, 依据系统运行机理所设计的通讯类电子产品供应链 Petri 网模型在针对不同运行条件进行仿真时, 系统的风险与类别警示与实际的逻辑分析相符。后续通过对类节点的扩展和仿真周期的调节, 输入实际运行时的相应模拟状态, 可实现对复杂通讯类电子产品供应链的风险仿真预警研究, 以帮助企业尽早识别供应链运行过程中的风险因素, 尽早采取相应的风险规避、转移及控制措施。

## 4 结语

在对通讯类电子产品供应链特点及流程分析的基础上,总结6类影响系统稳定运行的风险因素。利用Petri网的相关知识,建立了便于实现的通讯类电子产品供应链图形化直观主体机理模型。采用应用广泛的Matlab仿真软件,利用Simulink环境下的Stateflow工具设计实现了所建立的Petri网模型中的状态转化逻辑分析模块。通过仿真分析,表明所设计的仿真系统运行结果与实际系统运行对风险因素的分析具有良好的 consistency。这样,通过输入系统运行状态信息,合理设置仿真时间周期,可实现对通讯类电子产品供应链的风险仿真分析。

基于本文的研究基础,探索通讯类电子产品供应链Petri网模型的定量风险预测及风险评估是后续进一步的研究方向。本文所提及的设计方法,也为其他类型供应链的仿真研究提供了可供借鉴的研究思路。

### 参考文献

- 1 史成东,边敦新,苏菊宁.基于粗糙集和灰色的供应链知识共享风险预警.计算机工程与应用,2008,44(1):19-22.

- 2 李长坤,王秀海.基于BP神经网络的供应链知识共享风险预警体系研究.科技管理研究,2009,4:191-193.
- 3 Tuncel G, Alpan G. Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. Computers in Industry. 2010,61(3):250-259.
- 4 王文宾,达庆利.基于广义随机Petri网的再制造供应链建模与性能分析.系统工程理论与实践,2007,12:56-62.
- 5 薛伟莲,王蕾.基于Petri网的零售企业与供应商信息共享平台建模与分析.计算机系统应用,2011,20(5):154-157.
- 6 晚春冬,王雅林,齐二石.供应链系统风险识别与评估研究综述.哈尔滨工业大学学报,2007,(6):93-98.
- 7 杨志华.供应链中的“牛鞭效应”的分析.中国集体经济. 2010,(1):88-89.
- 8 朱伟,尧飘海,鲍陈,张云华.基于Petri网的自动售货机销售系统建模及验证.计算机系统应用,2008,(12):2-5.
- 9 袁崇义.Petri网原理与应用.北京:电子工业出版社,2005.
- 10 贾秋玲,袁冬莉,栾云凤.基于MATLAB7.x/Simulink/Stateflow系统仿真、分析及设计.西安:西北工业大学出版社,2006.

(上接第154页)



图7 孔庙祀典乐舞场景

## 5 结语

本文通过研究孔庙祭祀保护的现状以及孔庙祀典乐舞舞蹈的特点,利用数字化的文物保护方法,提出了在动作捕捉系统平台上对孔庙祀典进行数字化再现;不仅对动作捕捉技术进行了详细的技术分析,同时还介绍了三维动画制作的步骤,基本实现了祭孔祀典的数字化。希望通过这些技术的应用,能实现对更多传统文化的数字化保护,将传统文化完整的保存和传承下去。

### 参考文献

- 1 李申.孔庙祭祀的历史沿革.《与孔子对话——新世纪全球

文明中的儒学》——上海文庙第二届儒学研讨会论文集. 2004,10:276-294.

- 2 吕德生.孔庙祭祀的数字化再现研究.科技创新导报, 2008,11(33):193.
- 3 王赛时.古代孔庙的祭祀乐舞.文史杂志,1987,6:47-48.
- 4 孙茜.祭孔乐舞舞蹈动作特点分析.南京艺术学院学报,2010,3:167-170.
- 5 李长山.虚拟现实技术及其应用.北京:石油工业出版社,2006. 66.
- 6 香港特新科技有限公司.光学动作捕捉系统—Motion Capture.电视字幕.特技与动画,2001,(11):56-57.
- 7 吴健康,肖锦玉.计算机视觉基本理论和方法.合肥:中国科学技术出版社,1993.16-17.
- 8 谭同德,张关锋,赵新灿,赵硕.基于骨骼蒙皮的虚拟人运动仿真.微计算机信息,2009,25(11):30-32.
- 9 李连东,樊养余,雷涛,吕国云.一种可编辑的三维人体蒙皮网格动画合成方法.计算机应用研究,2010,27(3):1176-1179.
- 10 王洪福,陈雷霆,李东魁.三维图形引擎中骨骼蒙皮动画的一种实现方法.计算机应用研究,2006,(12):349-350.