



同濟大學 1907-2017
Tongji University



同濟博士論叢
TONGJI Dissertation Series

總主編 伍江 副總主編 雷星暉

蔣昌俊 審 杜玉越 著

电子商务系统的Petri网建模理论与 分析技术研究

Modeling and Analyzing Electronic Commerce
System Using Petri Nets



同濟大學出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



总主编 伍江 副总主编 雷星晖

蒋昌俊 审 杜玉越 著

电子商务系统的Petri网建模理论与分析技术研究

Modeling and Analyzing Electronic Commerce System Using Petri Nets



 同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书依据电子商务系统的具体特点,综合应用 Petri 网、时序逻辑、工作流等分析技术,提出并研究了用于电子商务系统时序性质分析的时序高级 Petri 网方法、批处理功能及传值不确定分析的逻辑工作流网方法等分析方法,从理论上研究了这些方法的主要性质。通过对案例分析,例证了它们在电子商务系统分析中的应用价值。

本书可供电子商务、计算机等相关专业人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

电子商务系统的 Petri 网建模理论与分析技术研究 /
杜玉越著. —上海: 同济大学出版社, 2018. 8
(同济博士论丛 / 伍江总主编)
ISBN 978 - 7 - 5608 - 8017 - 4

I. ①电… II. ①杜… III. ①电子商务—Petri 网—
系统建模—研究 IV. ①F713.361.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 158269 号

电子商务系统的 Petri 网建模理论与分析技术研究

蒋昌俊 审 杜玉越 著

出品人 华春荣 责任编辑 刘睿 胡晗欣

责任校对 谢卫奋 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

排版制作 南京展望文化发展有限公司

印 刷 浙江广育爱多印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 14.75

字 数 295 000

版 次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5608 - 8017 - 4

定 价 70.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

“同济博士论丛”编写领导小组

组 长：杨贤金 钟志华

副 组 长：伍 江 江 波

成 员：方守恩 蔡达峰 马锦明 姜富明 吴志强
徐建平 吕培明 顾祥林 雷星晖

办公室成员：李 兰 华春荣 段存广 姚建中

“同济博士论丛”编辑委员会

总 主 编：伍 江

副 总 主 编：雷星晖

编委会委员：（按姓氏笔画顺序排列）

丁晓强	万 钢	马卫民	马在田	马秋武	马建新
王 磊	王占山	王华忠	王国建	王洪伟	王雪峰
尤建新	甘礼华	左曙光	石来德	卢永毅	田 阳
白云霞	冯 俊	吕西林	朱合华	朱经浩	任 杰
任 浩	刘 春	刘玉擎	刘滨谊	闫 冰	关侗红
江景波	孙立军	孙继涛	严国泰	严海东	苏 强
李 杰	李 斌	李风亭	李光耀	李宏强	李国正
李国强	李前裕	李振宇	李爱平	李理光	李新贵
李德华	杨 敏	杨东援	杨守业	杨晓光	肖汝诚
吴广明	吴长福	吴庆生	吴志强	吴承照	何晶晶
何敏娟	何清华	汪世龙	汪光焘	沈明荣	宋小冬
张 旭	张亚雷	张庆贺	陈 鸿	陈小鸿	陈义汉
陈飞翔	陈以一	陈世鸣	陈艾荣	陈伟忠	陈志华
邵嘉裕	苗夺谦	林建平	周 苏	周 琪	郑军华
郑时龄	赵 民	赵由才	荆志成	钟再敏	施 骞
施卫星	施建刚	施惠生	祝 建	姚 熹	姚连璧

袁万城 莫天伟 夏四清 顾 明 顾祥林 钱梦騷
徐 政 徐 鉴 徐立鸿 徐亚伟 凌建明 高乃云
郭忠印 唐子来 闾耀保 黄一如 黄宏伟 黄茂松
戚正武 彭正龙 葛耀君 董德存 蒋昌俊 韩传峰
童小华 曾国荪 楼梦麟 路秉杰 蔡永洁 蔡克峰
薛 雷 霍佳震

秘书组成员：谢永生 赵泽毓 熊磊丽 胡晗欣 卢元姍 蒋卓文

总序

在同济大学 110 周年华诞之际，喜闻“同济博士论丛”将正式出版发行，倍感欣慰。记得在 100 周年校庆时，我曾以《百年同济，大学对社会的承诺》为题作了演讲，如今看到付梓的“同济博士论丛”，我想这就是大学对社会承诺的一种体现。这 110 部学术著作不仅包含了同济大学近 10 年 100 多位优秀博士研究生的学术科研成果，也展现了同济大学围绕国家战略开展学科建设、发展自我特色，向建设世界一流大学的目标迈出的坚实步伐。

坐落于东海之滨的同济大学，历经 110 年历史风云，承古续今、汇聚东西，秉持“与祖国同行、以科教济世”的理念，发扬自强不息、追求卓越的精神，在复兴中华的征程中同舟共济、砥砺前行，谱写了一幅幅辉煌壮美的篇章。创校至今，同济大学培养了数十万工作在祖国各条战线上的人才，包括人们常提到的贝时璋、李国豪、裘法祖、吴孟超等一批著名教授。正是这些专家学者培养了一代又一代的博士研究生，薪火相传，将同济大学的科学研究和学科建设一步步推向高峰。

大学有其社会责任，她的社会责任就是融入国家的创新体系之中，成为国家创新战略的实践者。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视科技创新，对实施创新驱动发展战略作出一系列重大决策部署。党的十八届五中全会把创新发展作为五大发展理念之首，强调创新是引领发展的第一动力，要求充分发挥科技创新在全面创新中的引领作用。要把创新驱动发展作为国家的优先战略，以科技创新为核心带动全面创新，以体制机制改

革激发创新活力,以高效率的创新体系支撑高水平的创新型国家建设。作为人才培养和科技创新的重要平台,大学是国家创新体系的重要组成部分。同济大学理当围绕国家战略目标的实现,作出更大的贡献。

大学的根本任务是培养人才,同济大学走出了一条特色鲜明的道路。无论是本科教育、研究生教育,还是这些年摸索总结出的导师制、人才培养特区,“卓越人才培养”的做法取得了很好的成绩。聚焦创新驱动转型发展战略,同济大学推进科研管理体系改革和重大科研基地平台建设。以贯穿人才培养全过程的一流创新创业教育助力创新驱动发展战略,实现创新创业教育的全覆盖,培养具有一流创新力、组织力和行动力的卓越人才。“同济博士论丛”的出版不仅是对同济大学人才培养成果的集中展示,更将进一步推动同济大学围绕国家战略开展学科建设、发展自我特色、明确大学定位、培养创新人才。

面对新形势、新任务、新挑战,我们必须增强忧患意识,扎根中国大地,朝着建设世界一流大学的目标,深化改革,勠力前行!

万 钢

2017年5月

论丛前言

承古续今,汇聚东西,百年同济秉持“与祖国同行、以科教济世”的理念,注重人才培养、科学研究、社会服务、文化传承创新和国际合作交流,自强不息,追求卓越。特别是近20年来,同济大学坚持把论文写在祖国的大地上,各学科都培养了一大批博士优秀人才,发表了数以千计的学术研究论文。这些论文不但反映了同济大学培养人才能力和学术研究的水平,而且也促进了学科的发展和国家的建设。多年来,我一直希望能有机会将我们同济大学的优秀博士论文集中整理,分类出版,让更多的读者获得分享。值此同济大学110周年校庆之际,在学校的支持下,“同济博士论丛”得以顺利出版。

“同济博士论丛”的出版组织工作启动于2016年9月,计划在同济大学110周年校庆之际出版110部同济大学的优秀博士论文。我们在数千篇博士论文中,聚焦于2005—2016年十多年间的优秀博士学位论文430余篇,经各院系征询,导师和博士积极响应并同意,遴选出近170篇,涵盖了同济的大部分学科:土木工程、城乡规划学(含建筑、风景园林)、海洋科学、交通运输工程、车辆工程、环境科学与工程、数学、材料工程、测绘科学与工程、机械工程、计算机科学与技术、医学、工程管理、哲学等。作为“同济博士论丛”出版工程的开端,在校庆之际首批集中出版110余部,其余也将陆续出版。

博士学位论文是反映博士研究生培养质量的重要方面。同济大学一直将立德树人作为根本任务,把培养高素质人才摆在首位,认真探索全面提高博士研究生质量的有效途径和机制。因此,“同济博士论丛”的出版集中展示同济大

学博士研究生培养与科研成果,体现对同济大学学术文化的传承。

“同济博士论丛”作为重要的科研文献资源,系统、全面、具体地反映了同济大学各学科专业前沿领域的科研成果和发展状况。它的出版是扩大传播同济科研成果和学术影响力的重要途径。博士论文的研究对象中不少是“国家自然科学基金”等科研基金资助的项目,具有明确的创新性和学术性,具有极高的学术价值,对我国的经济、文化、社会发展具有一定的理论和实践指导意义。

“同济博士论丛”的出版,将会调动同济广大科研人员的积极性,促进多学科学术交流、加速人才的发掘和人才的成长,有助于提高同济在国内外的竞争力,为实现同济大学扎根中国大地,建设世界一流大学的目标愿景做好基础性工作。

虽然同济已经发展成为一所特色鲜明、具有国际影响力的综合性、研究型大学,但与世界一流大学之间仍然存在着一定差距。“同济博士论丛”所反映的学术水平需要不断提高,同时在很短的时间内编辑出版 110 余部著作,必然存在一些不足之处,恳请广大学者,特别是有关专家提出批评,为提高同济人才培养质量和同济的学科建设提供宝贵意见。

最后感谢研究生院、出版社以及各院系的协作与支持。希望“同济博士论丛”能持续出版,并借助新媒体以电子书、知识库等多种方式呈现,以期成为展现同济学术成果、服务社会的一个可持续的出版品牌。为继续扎根中国大地,培育卓越英才,建设世界一流大学服务。

伍 江

2017 年 5 月

前言

现如今,电子商务已成为因特网的重要应用之一。然而,随着用户数量的增加和服务类型的多样化,电子商务系统愈来愈庞大、愈来愈复杂,这使得它的设计和分析更加困难。一般情况下,电子商务系统的需求规范采用非形式化方式描述,且这种描述具有二义性。本书应用形式化方法对电子商务系统进行模拟与验证,能够为系统设计者提供一种既明确又便于理解和掌握的系统整体架构,帮助设计者查找系统设计中的漏洞或缺陷,验证系统的活性、安全性、公平性和正确性等动态行为性质,使其更加规范、有效、合理。因此,本书的研究工作具有重要的理论价值和实际意义。

本书在对大量现有电子商务系统形式化方法分析的基础上,根据电子商务系统的具体特点,综合应用 Petri 网、时序逻辑、工作流等分析技术,提出并研究了用于电子商务系统时序性质分析的时序(高级)Petri 网方法、批处理功能及传值不确定性分析的逻辑工作流网方法、实时性质分析的逻辑时间工作流网方法和主体责任与证据分析的标注工作流网方法。同时,从理论上研究了这些方法的主要性质,得到一系列重要结论。通过对案例分析,例证了它们在电子商务系统分析中的应用

价值。

目前,国内外可应用于电子商务系统形式描述与验证的方法主要分为四大类:一般形式化方法、基于逻辑的形式化方法、基于 Petri 网的形式化方法和基于工作流网的形式化方法。它们为电子商务的发展和應用起到了重要的促进作用。本书综合分析了它们的特点和缺陷,并在它们的启发下,提出并研究了几种用于电子商务系统不同性质形式化分析的有效方法。与现有电子商务系统形式化方法相比较,本书的主要贡献表现在以下几个方面:

(1) 首次将时序 Petri 网应用于电子商务系统的时序性质分析,且提出并研究了时序高级(有色、谓词/变迁)Petri 网分析技术。以网上证券交易系统为例,具体例证了时序 Petri 网和时序高级 Petri 网模拟与验证技术在电子商务系统中的应用价值,并基于它的 Petri 网模型,分析了证券交易系统的时序性质和功能正确性。

(2) 电子商务系统中的批处理功能,涉及传值不确定性。在电子商务系统批处理功能及传值不确定性形式化分析技术研究方面,本书的工作具有重大突破。本书提出的逻辑工作流网分析技术,既能描述与分析电子商务系统的一般性质,又能够极好地模拟与验证电子商务系统的批处理功能和传值不确定性。

(3) 传统的实时协同系统分析方法,不能明确描述与验证系统的批处理功能和传值不确定性。本书提出的逻辑时间工作流网,既能分析电子商务系统的实时性质,又能描述与验证系统的批处理功能及传值不确定性。

(4) 在电子商务系统主体责任、不可否认性及证据的形式化表达与分析方面,本书克服了形式语言方法过于抽象、不便于设计者理解等缺点,提出并研究了标注工作流网分析技术。它能够充分利用 Petri 网的

动态可视特性和工作流网的完善分析技术,明确描述和分析电子商务系统中的主体责任、不可否认性与证据。同时,我们将无阻塞理论引入标注工作流网中,使工作流网的模拟与分析能力进一步增强,其健壮性分析技术更加完善。

目 录

总序

论丛前言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 电子商务	1
1.1.1 电子商务定义	1
1.1.2 电子商务系统体系	3
1.2 电子商务系统的特点	6
1.3 workflow 管理系统	9
1.3.1 基本概念	9
1.3.2 体系结构	11
1.3.3 电子商务中的 workflow	13
1.4 电子商务系统形式化技术综述	15
1.4.1 一般形式化方法	16
1.4.2 基于逻辑的方法	18
1.4.3 基于 Petri 网的方法	20

1.4.4	基于工作流网的方法	22
1.4.5	四类形式化方法比较及本书工作的重要性	24
1.5	约定和假设	29
1.6	本书的研究动机和贡献	30
1.6.1	研究动机	30
1.6.2	主要研究内容	33
1.6.3	主要贡献	35
第 2 章	基本知识	36
2.1	Petri 网(PN)	36
2.1.1	Petri 网概念	37
2.1.2	Petri 网性质	41
2.1.3	谓词/变迁(Pr/T)网	42
2.1.4	有色 Petri 网(CPN)	44
2.1.5	时间 Petri 网(TPN)	47
2.2	时序逻辑	49
2.2.1	基本概念	49
2.2.2	时序逻辑系统	51
2.3	工作流网	52
2.3.1	形式定义	52
2.3.2	工作流网性质	53
第 3 章	电子商务系统时序性质分析与验证	57
3.1	时序性质	57
3.1.1	公平性	57
3.1.2	最终性	59
3.2	时序 Petri 网	59

3.2.1	形式定义	60
3.2.2	性质分析	62
3.3	时序高级 Petri 网	63
3.3.1	时序有色 Petri 网	64
3.3.2	时序谓词/变迁网	66
3.4	案例分析	69
3.4.1	一个网上证券交易系统	69
3.4.2	证券交易系统的时序 Petri 网模拟与分析	74
3.4.3	证券交易系统的时序有色 Petri 网模拟与分析	86
3.4.4	证券交易系统的时序谓词/变迁网模拟与分析	101
第 4 章	批处理功能及传值不确定性分析	106
4.1	批处理功能	107
4.2	传值不确定性	108
4.3	逻辑 Petri 网(LPN)	109
4.3.1	形式定义	110
4.3.2	逻辑 Petri 网与 PN 和 HLPN 之间的关系	114
4.4	逻辑工作流网	115
4.4.1	形式定义	115
4.4.2	构造算法	116
4.4.3	逻辑工作流网的性质	117
4.5	组织间逻辑工作流网及其性质	122
第 5 章	实时性质模拟与验证技术	127
5.1	电子商务系统的实时性质	127
5.2	逻辑时间 Petri 网	129
5.2.1	时间 Petri 网的时序公式语义	129

5.2.2	形式定义	130
5.2.3	LTPN 与 TPN 和有色 TPN 的比较	134
5.3	逻辑时间 workflow 网	136
5.3.1	形式定义	137
5.3.2	性质分析	139
5.4	组织间逻辑时间 workflow 网	142
5.4.1	形式定义	143
5.4.2	ILTWfN 的健壮性分析	145
第 6 章	主体责任及证据模拟分析	153
6.1	主体责任	154
6.2	不可否认与证据	155
6.3	标注 Petri 网	156
6.3.1	一个简单的电子采购系统	156
6.3.2	形式定义	158
6.4	标注 workflow 网	163
6.4.1	形式定义	163
6.4.2	健壮性和无阻塞性	165
6.5	组织间标注 workflow 网	167
6.5.1	形式定义	168
6.5.2	性质分析	170
6.6	责任与证据的形式分析	177
6.6.1	责任分析	177
6.6.2	证据	180
6.7	应用实例	182
6.7.1	IOTP 购买交易	183
6.7.2	购买交易的标注 workflow 网模型	185