

摘 要

随着经济和科技的飞速发展，企业对信息管理提出了更高的要求，以满足企业之间竞争的需要。作为计算机支持的协同工作（CSCW, Computer Supported Cooperative Work）研究的一个重要方向， workflow 技术是实现企业业务过程建模，业务过程仿真，业务过程优化，业务过程管理与集成，从而最终实现业务过程的自动化的核心技术。随着软硬件技术的发展，特别是网络技术的迅速普及， workflow 技术已经从传统部门办公环境，扩展到多个部门之间协作的办公环境中，为业务活动的运行和部门应用的集成提供支持，如办公自动化系统、电子政务系统等，从而实现企业的经营过程重组，政府的政务公开。电子政务建设的一个突出点就是不但要实现信息共享，更强调各方面的协作，这种协作可以通过 workflow 技术来实现。

论文首先对电子政务和 CSCW 以及 workflow 技术的研究现状和发展趋势进行了深入分析，研究了 workflow 的基本理论和相关技术： workflow 的概念、 workflow 的体系结构、 workflow 参考模型等；然后论文详细研究了一种建立 workflow 模型的方法，即基于 Petri 网的 workflow 系统模型设计，并对其基本的模型进行了性能等价分析。根据 workflow 参考模型，结合实际的科研项目，提炼出了一种关键业务流程基于 Petri 网的分布式 workflow 模型，从而把基于 Petri 网的 workflow 模型设计和分布式 workflow 技术结合起来。最后把这一研究结果应用在了一个具体的项目中，证明其完全可以满足电子政务系统在信息处理方面的要求。

论文以荆州市解放房管所公房管理系统为对象，在微软 .NET 平台上，采用了 workflow 技术设计了此应用程序。 workflow 技术使原来分布在不同地域的不同系统中的信息处理很好的集成起来，满足了业务需要和发展要求。系统还使用 ADO.NET 技术实现程序与数据库之间的连接，可以大大提高 workflow 引擎的互操作性，可伸缩性和可维护性。

关键词：电子政务， CSCW， workflow， Petri 网

Abstract

With the rapid development of economy and technology, higher requirements of Enterprises of information management come up, in order to cope with the intensive competition. As an important direction of the research of Computer Supported Cooperative Work(CSCW), Workflow is a core technology which implements enterprise business process modeling, simulation, optimization, management, integration, and consequent automation. Workflow technology, with the development of software and hardware especially the spread of network technology, expands from traditional office work to multi- department cooperation working, and provides supporting of business running and department application integration, such as office automation e-government affairs system, and so on. Workflow can improve the efficiency of government work and realize business process reengineering of enterprises. The main point of building the e-government affairs system is not only focusing on the share of information, but also emphasizing the collaborations of each other, while the implementation of the collaborations is depended on the workflow technology.

Firstly, the thesis deeply analyzes the current study actuality and development direction of e-government affairs system, workflow technology and CSCW, and researches the basic theory and correlative technology, which includes the conception of workflow, workflow infrastructure, workflow reference model, and so on. Secondly, the thesis particular researches a solution the designing of workflow model, which is the designing of workflow management system model based on Petri nets, and analyzes the performance and scalability of the basic model. The thesis presents a distributed workflow model, which is to the reference model and practical research project, and the key operation flow based on Petri nets. So, it combines the workflow model designing basic on Petri nets and distributed workflow technology. At last, the result is applied to a typical project and is proved that it can meet the needs of e-government affairs system in information processing.

The project example in this thesis is the management information system of Jingzhou Jiefang housing office. Its developing platform is Microsoft's .Net and designing with workflow technology. The system based on workflow technology can integrate information processing of the different region and different system so as to meet the needs of special work and developing. ADO.NET is used in the system to realize the connection between programs and database, which can improve the cooperative, flexibility and maintenance of the workflow engine.

Keywords: E-government Affairs System, CSCW, Workflow, Petri Nets

独创性声明

本人声明，所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得武汉理工大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：石树龙 日期 2018.5.20

关于论文使用授权的说明

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

研究生签名：石树龙 导师签名：李 日期 2018.5.20

第 1 章 绪论

电子政务是信息技术领域的一个重要方面，发展以政府为主导的电子政务将给政府管理方式带来深刻变革，同时带动和促进中国信息技术及相关产业的发展。电子政务的目的正是以网络技术为基本手段，面向政府机构的业务模式、管理模式和服务方式的优化和扩展，将信息技术在政府机构的应用从简单的取代手工劳动提高到工作方式优化的新层次。它在将政府管理和服务职能转移到网络上的同时，实现了政府组织结构和工作流程的重组和优化，使政府机构可以超越时间、空间和部门分隔的制约，向全社会提供高效优质、规范透明和全方位的管理与服务。

workflow 技术起源于 20 世纪 70 年代中期办公自动化领域的研究，由于当时计算机尚未普及，网络技术水平还很低，这项新技术并未取得很大的发展和实际的应用。进入九十年代以后，随着个人计算机的普及和计算机网络技术的发展，特别是随着业务流程重组对组织机构和运行机制重组的需要， workflow 技术迅速发展起来并广泛运用于过程建模、模型分析和过程管理等领域。 workflow 就是工作任务在多个人或者多个单位之间的流转。它所要解决的主要问题是使在多个参与者之间按照某种预定义的规则传递文档、信息或任务的过程自动进行，从而实现某个预期的业务目标，或者是促进此目标的实现。 workflow 管理系统是计算机支持的协同工作（Computer Supported Cooperative Work, CSCW）中的一类典型的协同应用系统，按照传统的时空分类法， workflow 管理系统属于支持多个人进行异地、异步协作的系统，它是协同应用系统从支持同步、非结构化协作向着支持异步、结构化的进一步发展。

随着社会的发展，政府在社会公共管理上所面临的事务越来越多、越来越繁琐，各级政府内部都存在着复杂的工作流程，比如公文的处理，各种文件的汇报、请示、审批等，但是这些基本都是流程化的工作。根据 workflow 所要解决的问题，如果在政府部门的电子政务中采用 workflow 技术，实现工作流程的自动化，将大大提高政府协同办公的效率。所以，构建基于 workflow 技术的电子政务系统具有很强的实际应用价值。

1.1 课题研究的背景

1.1.1 workflow 技术的起源与发展

workflow 的概念起源于 20 世纪 70 年代的生产组织和办公自动化领域。早期的“无纸化办公”的努力已经蕴含着 workflow 管理的思想。只不过受当时客观条件（如计算机应用的广泛程度、应用系统的丰富程度、计算机网络的普及程度等）的限制，workflow 技术并未得到长足的发展。

80 年代初期，计算机尚未作为信息处理的工具，计算机软件不能提供主业务支持，纸张是各行各业中进行日常业务活动所不可代替的载体。各类与企业密切相关的文档，比如：信函、文件、传真等等都是以纸张的形式在各业务部门、业务人员之间传递。而这种古老的载体在信息的处理、组织、存储及查询检索上效率很低，同时这种方式也降低了对客求的响应速度，给企业的生产经营带来不利的影响，因此人们希望出现一种无纸化办公的计算机工作环境。于是一些公司建立了自己专用的或者可商品化的表单传递应用系统，通常运行在大型机或小型机上，用于日常表单的自动化处理，这种系统可以看成是现代 workflow 管理系统的一个雏形。

80 年代中期，FileNet 和 ViewStar 等公司率先开拓了 workflow 产品市场，成为最早的一批 workflow 产品供应商。他们把图像扫描、复合文档、实例跟踪、关键字索引、结构化路由（structured routing）以及光盘存储等功能结合在一起，形成了一种全面支持某些业务流程的集成化的软件包，这便是早起的工作流管理系统。这期间，比较典型的产品有 FileNet 于 1984 年推出的 WorkFlow 商用系统；ViewStar 于 1988 年推出的 ViewStar；IBM 于 1988 年推出的 ImagePlus。它们的出现使很多企业很快认识到只要把可能出现在流程起始处的纸张扫描成电子文档，则以后的信息处理过程都将实现电子化，整个流程处理中传递的都是存储在计算机中的数据。很显然这种增值性质的集成化软件为企业简化与重组自己的关键业务流程提供了一种非常科学合理的方案。所以我们可以看出 workflow 从诞生之日起，就是作为一种面向过程的系统集成技术而出现的，只不过受限于当时的计算机发展水平，其集成的功能有限而已。

进入 90 年代以后随着计算机的普及和网络技术的迅速发展，尤其是 Internet 的日益普及的情况下，现代企业的信息系统的分布性、异构性和自治性的特征

越来越显著，相应的企业信息资源也分部在异构的计算机环境中，信息源之间的连接表现出松散耦合的特点，这样的信息系统环境简称 HAD（异构、自治、分布）环境。企业物理位置的分散性和决策制定的过程的分散性特征日益明显，对日常业务活动详细信息的需求日益提高，Client/Server 体系结构和分布式处理技术（CORBA、WWW、OLE、JAVA）的日益成熟和广泛应用都说明了这样一个事实：集中式信息处理的时代已经过去，实现大规模的异构分布式执行环境使得相互关联的任务高效运转并接受密切监督已经成为一种发展趋势。在这种不可抗拒的技术背景下 workflow 管理技术也由当初的无纸化办公环境转而成为同化企业复杂信息环境、实现业务流程自动执行的必要工具。这样的一个转变把 workflow 技术带入了一个崭新的发展阶段。

为了更好的规范和促进 workflow 技术的研究和发展，1993 年 workflow 技术的标准化组织—workflow 管理联盟（Workflow Management Coalition, WfMC）成立，这是一个由研究机构和企业界共同组织的开放式、非盈利性组织，其目标是通过开发公共技术和标准来促进 workflow 技术的发展和应用，使 workflow 产品的提供商和用户都受益。WfMC 的成立标志着 workflow 技术成为了计算机技术研究领域中的一个独立分支，它的研制标准、规范、概念和术语等也得到了普遍承认^{[1][2]}。

纵观 workflow 管理系统的研究和软件产品，由 80 年代的萌芽到 90 年代的繁荣，我们可以把它总结为 3 个阶段：第 1 阶段主要为运用于某些特定领域的相对独立的应用系统，比如图像文档管理系统；第 2 阶段主要表现为具有底层的通信基础结构能够实现任务协作的应用系统，比如具有消息传递功能的 workflow 管理系统；第 3 阶段主要为具有图形用户界面的过程定义工具的，用户定义与任务执行完全分离的 workflow 管理系统，其体系结构基本上符合 workflow 管理联盟所提出的标准结构。经历了这 3 个阶段的发展，workflow 技术已成为了计算机技术研究领域中的一个重要分支，workflow 产品也基本上确定了它在计算机应用软件市场上的独立位置。

1.1.2 CSCW 的起源与发展

早在 20 世纪 60 年代，美国的 D.英格巴特发表了一篇题为“A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect”的文章，不仅对于超文本的研究起了重要作用，而且对于 CSCW 的研究开发也起了开创性的作用。到 20 世纪 70 年代，德国斯图加特大学物理学家赫尔曼·哈肯（Hermann Haken）教授就提

出了“协同学”研究的概念；1984年MIT的艾琳·格雷夫（Irene Grief）和DEC的保罗·卡什曼（Paul Cashman）两位研究员正式提出了CSCW的概念。这是他们为正在组织安排有关如何用计算机支持交叉学科的人们共同工作的课题时提出来的。

此后随着互联网技术的迅猛发展和广泛普及，特别是以万维网WWW为代表的信息发布和资源访问方式的广泛流行，为信息资源的发布和访问提供了前所未有的方便手段，人们之间通信的距离渐渐被拉近，因此也使基于互联网在全球范围内开展各种类型的协同工作成为可能。CSCW系统主要有 workflow 管理系统、多媒体计算机会议系统和计算机协同编著和协同写作系统等，它们利用互联网方便的人机界面以实现系统方便性、灵活性和更强的包容性。

进入21世纪，CSCW将构成我们人类工作和生活的一种基本环境和方式。今天业已流行的互联网Internet技术及其发生着的事件，也日益显示出这种强劲趋势。Internet技术的采用不仅大大加强了人们的通信协作能力，而且将对人类社会产生深刻的影响，而CSCW在Internet环境下将发挥更有效的作用^[3]。

1.1.3 电子政务概念

电子政务（E-government affairs）就是政府部门办公事务的网络化和电子化，是构建在“三网一库”（机关局域网、机关纵向网、机关互联网及共享信息资源数据库）上的应用系统。

在电子政务发展的过程中，很多政府首先提出了“电子政府”的理念。所谓“电子政府”，就是政府职能上网，即政府为了在工作和管理方式上适应网络信息时代，在对政府传统的组织结构进行重组和流程再造的基础上，利用现代计算机和通信网络技术，将政府部门内、外部的管理和服务的职能放到网络上去完成。而所谓“电子政务”是电子信息技术与政务活动相结合的产物。政府机构应用现代信息和通信技术，将管理和服务通过网络技术进行集成，在互联网上实现政府组织结构和 workflows 的优化重组，超越时间和空间及部门之间的分隔限制，向社会提供优质和全方位的、规范而透明的、符合国际水准的管理和服务。

因此，电子政务是一个综合的信息系统，它不是简单地等同于政府上网，以为把政府一些政策、法规、条例搬上网络就万事大吉。电子政务系统需要首先实现机关内部办公自动化，能够按照一定的业务流程处理机关内部的工作流程；并在此基础上将服务的对象从机关内部扩展到其他机关和社会公众。

1.2 国内外研究概况

1.2.1 workflow 技术的研究现状

目前 workflow 系统的推出得到了越来越广泛的应用，并取得了相当的成果。同时， workflow 系统不断地采用越来越多的新技术，使得 workflow 系统更加的稳定、强大和更好的适用于复杂的商业逻辑。国内、外的软件开发商纷纷推出了自己的工作流产品，例如，金蝶、用友、北京点击科技、IBM、Microson 和 BEA 等。这些软件都很好的完成了 workflow 管理联盟(WfMC)提出的 workflow 规范，其中有很多产品都已经被应用和实施到了企业的信息化系统当中。随着 workflow 技术日益得到重视， workflow 技术的研究正在向更深的层次进行。

当前国内外的研究热点主要表现在：

(1) workflow 技术的 process 建模理论与建模方法：研究如何清晰、准确地表示实际应用中的 process，特别是研究如何以形式化的方法表示 process 模型。

(2) workflow 模型验证和模型仿真方法：研究从理论上如何验证所建立的 process 模型不存在死锁问题，研究如何评价所建立的模型的性能和优化模型的方法。

(3) 分布式环境下的资源协调和任务优化调度策略：研究大范围的分布式环境下，在资源和任务完成时间约束情况下，如何优化系统中任务执行的顺序和资源的分配方法。

(4) process 模型和其它模型的集成方法：在办公自动化核心研究领域，主要是对 workflow 过程进行模型研究，仅有 process 模型是不够的，还需要有功能模型、信息模型、资源模型、组织模型甚至是经济模型和决策模型的配合。它们的集成是对办公自动化的一个应用领域的全面描述，但是如何集成这些模型还没有良好的解决方法。

可见 workflow 技术作为一个新兴的研究领域，广泛应用于电子政务、办公自动化、生产制造、并行工程等领域，是实现业务 process 建模、优化、过程管理与集成，最终实现业务过程的自动化的核心技术。其对于推动技术进步和信息产业的发展起到举足轻重的作用。

另一方面，随着 Internet 和 Web 技术的发展与普及，Internet 逐渐和 workflow 技术结合起来，使传统 workflow 系统的面貌焕然一新。如何在更先进的技术平台下完善 workflow 的建模理论和建模方法，如何科学完善各种 process 模型的集成，已

经成为今天工作流产品的发展方向。

1.2.2 国内外电子政务的发展现状

纵观我国各级政府电子政务建设的现状，不难发现电子政务建设的内容非常广泛，从简单的 OA 到大型业务应用的“十二金工程”；从简单的政务发布网站到综合服务性的大型政府门户。从服务对象来看，与电子政务相关的行为主体主要有三大类别：政府部门及其工作人员、企事业单位、其他社会组织与社会公众。因此，电子政务建设也应该围绕这三大行为主体展开，即包括政府与政府之间的互动；政府与企事业单位及其他社会组织、尤其是与企业的互动；以及政府与社会公众的互动。这样就在电子政务建设中就形成了两类电子政务应用模式：面向企事业单位、公众用户服务类的互联网式的应用和政府内部及部门间协作的内网业务应用系统。

此外，世界各国政府和区域组织都正在积极地进行电子政务的推广，并提出了相应的建设目标和计划。美国制定了《政府纸张消除法案》，计划于 2006 年 10 月之前实现政府办公的无纸化作业，使美国公民与政府之间的互动关系电子化；日本政府于 2000 年 3 月向国会提出了《电子签名与认证法案》，提出在 2006 年实现电子政务，完全采用电子化手段处理各种行政事务，日本将信息化的成败、IT 产业的兴衰与经济竞争力的强弱紧密联系，订下了信息化立国的目标，力争在五年内发展成为世界上最先进的 IT 国家；东盟提出了“电子东盟”计划，其四大目标是：强化东盟地区 IT 领域的竞争能力，缩小东盟各国与先进国家在 IT 技术方面的差距，政府和企业合作，推动“电子东盟”事业，促进 IT 设备贸易、服务和投资的自由化；欧盟委员会早在 1999 年制订“电子欧洲”计划时指出：欧盟亟待解决的问题很多，最主要的是要使教育适应数字时代的要求，降低上网费用，建立电子政务规范，提供高速网络服务。

纵观世界上电子政务的发展，尽管我国电子政务建设取得了很大的成绩，但从整体上看还处于起步阶段，与世界发达国家还存在着一定的差距；保障电子政务发展的法律、法规还不完善；电子政务的发展缺乏统一规划，领导机构不健全，缺乏统一的建设依据和安全标准，难以统一规划，使网络的互连互通困难。

1.3 项目背景

电子政务的发展需要 workflow 技术的更深入的研究和应用。本文是以湖北省荆州市解放房管所公房管理系统为对象进行了具体的应用，荆州市解放房管所隶属于荆州市房产管理局，是具有独立法人资格的事业单位，代表政府管理辖区(沙市区新沙路及其延长线以西)内的国有直管公房，负责国有直管公房的产权产籍管理、租赁经营、维修养护及安全管理，参与旧城区的危房改造。它的办公自动化进程起步较晚，一方面目前的办公还停留在计算器和 MS Office 系统应用软件来提高个人办公效率上，没有从根本上改变以前复杂、低效的办公方式；另一方面，由于荆州市解放房管所是一个历史悠久的管理机构，管理政策在这个时期经过了很长时期的变动，而且居民收入水平的限制，很多出租户有不同情况的转租过户和历史欠租等遗留问题，所以办公方式远没有实现规范化和制度化。因此，本文在结合实际的基础上研究和开发了房管所的电子政务系统，其目的就是要使办公方式规范化和制度化。即机构办公基于 workflow，完全采用计算机技术处理办公业务，使房管所内部人员能够方便快捷地共享、交流信息，高效地协同工作，既兼顾个人办公效率的提高，又可以实现群体协同工作；同时又能实现迅速、全方位的信息采集、信息处理，为房管所的管理和政策执行提供有效的保障；从而提高效率，增强机构的执行力，使房管所的业务能够圆满顺利的完成。

1.4 论文的组织结构和内容安排

本文深入地分析和研究了 CSCW 及其一个重要的应用——workflow 技术，介绍了 CSCW 的定义、发展历史、特点和关键技术等，在此基础上重点研究了 workflow 技术，提出了基于 Petri 网的工作流模型，并且对这个模型进行了数学量化的性能分析，最后提炼了一个结合 Petri 网和分布式工作流的系统模型。本文的房产管理系统是荆州市房产局电子政务系统的重要组成部分，是基于 CSCW 和 workflow 技术下的一个联系实际的具体项目，是建立在基于 Petri 网的分布式工作流模型上的具体应用。

全文共分六章，安排如下：

第 1 章 绪论。从整体上论述了课题的来源、背景，并介绍了与课题相关的

技术的发展状况以及本课题所要做的工作。

第 2 章 计算机支持的协同工作。介绍了计算机支持的协同工作即 CSCW 的概念、基本特征、系统模型、体系结构、CSCW 的分类、特点及其关键技术等。

第 3 章 workflow 技术概述。介绍了 workflow 技术中的概念和术语，展示了通用的 workflow 管理系统及其参考模型，论述了 workflow 管理系统和 CSCW 之间的关系。

第 4 章 基于 Petri 网的 workflow 模型建模。介绍了 Petri 网的相关技术以及 workflow 原语向 Petri 网的转换，结合具体的项目要求提出了基于 Petri 网的业务流程模型并且对模型进行了数学量化的性能等价分析，然后分析了目前系统 workflow 建模的主流技术和分布式 workflow 技术的优点以及存在的问题，最后提出了一个基于 Petri 网的分布式 workflow 模型。

第 5 章 基于 workflow 技术的房管管理系统的实现。本章是在前面四章基础上的一个具体应用，对具体的项目进行了基于软件工程的项目需求分析，总体设计包括系统模型结构设计、功能模块设计和数据库设计，最后实现了本系统的各项功能需求。

第 6 章 结束语。本章是对全文的总结和相关技术的展望。

第 2 章 计算机支持的协同工作

随着信息化过程的深入，通信技术与计算机及其网络技术相互融合，产生了一个新的研究领域—计算机支持的协同工作（Computer Supported Cooperative Work, CSCW），简称计算机协同工作。 workflow 管理系统是 CSCW 的一个典型应用，具体来说它是 CSCW 中的异地的，分布式的协作系统。

计算机支持的协同工作的研究目标是利用计算机克服小组工作的时间和空间的限制，以取得更高的工作效率。它研究的内容包括两个方面：一方面是协同工作的本质，主要涉及到群体中人们的工作习惯，这是人的因素；另一方面是支持协同工作的信息技术，这是技术的因素。其中从第二方面的技术因素来看，计算机支持的协同工作是在分布计算机环境中，支持群体成员在各种条件下，包括时间上的异步、空间上的分布等条件下以协作的方式完成任务的信息技术。

2.1 CSCW 的基本概念和基本特征

2.1.1 CSCW 的基本概念

CSCW 这一概念最早是由美国 MIT 的艾琳·格雷夫（Irene Grief）和 DEC 的保罗·卡什曼（Paul Cashman）两位研究员在 1984 年正式提出的，它主要用于如何用计算机支持交叉学科的人们共同工作的课题。

而对于 CSCW 的定义、研究范围等议题先后有过不同的观点。Greif 曾经在介绍 CSCW 的一个重要文集中把 CSCW 定义为“一个关于计算机的群体工作（Group Work）中的角色的独特的研究领域”，很明显他把“群体”作为分析和研究 CSCW 的核心。而 Bannon 和 Schmidt 在 1989 年提出“CSCW 应致力于研究协同工作的本质和特征，并以此为基础来设计出具有足够的计算机技术支持的协同工作的信息系统”。我国 CSCW 领域的著名专家史美林教授在综合了国内外专家学者研究成果的基础上，定义了计算机支持的协同工作为：地域分散的一个群体借助计算机及其网络技术，共同协调与协作来完成一项任务。它包括协同

工作系统的建设、群体工作方式研究、支持群体工作的相关技术研究和应用系统的开发等部分^[4]。

综合以上各种看法，我们可以从 CS 和 CW 两个方面来认识 CSCW 这个概念：在计算机支持的环境下（即 CS），特别是在计算机网络和多媒体环境下，一个群体协同工作完成一项共同的任务（即 CW），它的目标是要设计支持各种各样的协同工作的应用系统。通过建立协同工作的环境，改善人们进行信息交流的方式，消除或减少人们在时间和空间上的相互分隔的障碍，节省工作人员的时间和精力，提高群体工作质量和效率。

2.1.2 CSCW 的基本特征

CSCW 的目的就是在计算机环境下提供对人们群体工作的支持，因此 CSCW 的三个重要任务就是信息共享、用户之间通信和群体活动。

信息共享：这是协同工作的基本任务，只有提供方便可靠的信息存取、访问、删除和修改机制，才能使各成员之间的协同工作成为可能。

用户之间通信：CSCW 系统要求运行环境为不同的工作模式提供相应类型的通信服务；支持多媒体通信，允许进行视频、音频、图像和文字等数据的传送；支持不同媒体信息之间的转换。

群体活动：CSCW 系统的目的是支持多个用户参与同一工作，所以必须提供相应的机制支持群体活动，包括：可以安排群体活动的时刻表，群体活动中各成员间任务和责任的划分，协作控制机制等。

为实现 CSCW 的三大任务，通信、合作和协同就成为 CSCW 的三要素，它们是实现三大任务的关键^{[3][5]}。

CSCW 的基础是通信，自然的组通信发生在地理上是分布的用户之间(本地通信可以认为是分布系统的特例)，因此网络通信是至关重要的，并且在合作环境中处理多媒体文件传输和数据控制是很复杂的。而基于计算机的或者以计算机为媒体的通信，并没有完全和其他的通信形式相结合。异步的基于文本的电子邮件和公告板与同步的电话和面对面的交谈是不同的：人们不能在任意的两个电话号码之间传送文件。把计算机处理技术和通信技术结合起来可以帮助解决这个问题。

CSCW 的形式是合作，与通信相似，合作是小组活动的重要内容。在群体活动中，任意一项活动都必须多人合作完成。有效的合作要求人们必须共享

信息。但是当前的信息系统尤其是数据库系统在很多情况下把人们互相隔离开。比如，当两个设计人员使用同一个 CAD 数据库进行操作时，他们不可能同时修改同一个设计物体的不同部分并且知道他的合作者所做的修改；他们必须通过互相检查才能知道对方所做的工作。许多任务都需要良好的共享环境，可以在适当的时候友好的通知群组的活动信息以及各个用户的活动。

CSCW 的关键是协调。如果一个组的活动是协调的，那么它的通信和合作将会大大得到加强。一个不能很好的进行协调的工作小组，它的成员之间势必会经常发生冲突和重复劳动。当几个部分共同组成一个任务时，协调本身被看作是一个必不可少的活动。当前的数据库应用提供了对共享对象的访问，然而大多数软件工具只提供对单用户的支持，对支持小组的协调这一重要功能所做的却很少^[6]。

2.2 CSCW 系统的分类

群体协作方式的多样性，为 CSCW 的研究提供了丰富的内容。在 CSCW 系统中，人们围绕共同的任务需要进行交互通信(Interactive/Communication)、协调(Coordination)、协作(Collaboration)、协同(Cooperation)等基本活动。我们可以根据 CSCW 系统中的基本活动方式，群体各成员地理分布位置，使用的基本工具和工作环境，应用等对 CSCW 系统进行分类。

按交互协作方式，群体成员之间的协同工作按时间划分可有同步方式和异步方式两种。在同步方式时，群体各成员在同一时间进行同一任务的协作；在异步方式时，群体各成员在不同时间进行同一任务的协作。按群体成员的地理分布，协作又分成同地协作(Co-located)和异地远程协作(Remote)两种。按群体规模，分为两人协同系统和多人协同系统。按使用的基本工具和工作环境来分，在 CSCW 系统中所使用的基本支撑环境和工具有信报系统(Message Systems)(即电子邮件系统)、电子布告栏、会议系统、协同写作和讨论(编著)系统、工作流系统和群件等。按 CSCW 应用系统来分，CSCW 有着广阔的应用领域，我们可按应用情况加以分类，如协同科研系统、协同设计系统、远程医疗系统、远程教育系统、协同决策系统、军事协同系统和协同办公系统等等^[7]。

按照上述的分类观点，我们可以把各种 CSCW 系统构成如图 2-1 所示的一种立体模型。

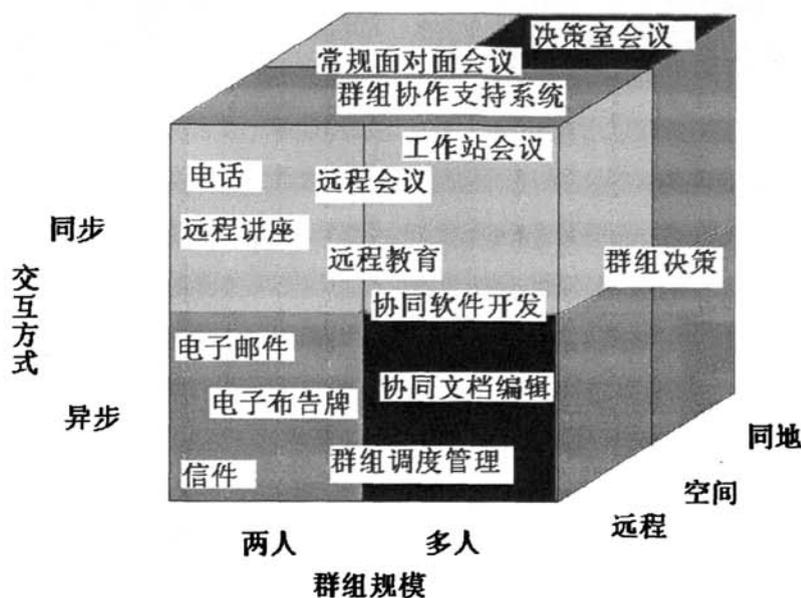


图 2-1 CSCW 系统的基本分类

2.3 CSCW 系统的特点和关键技术

CSCW 系统作为一种新型的计算机系统，根据它的工作目标，应该具有以下的基本特点^[8]：

(1) 分布性。CSCW 系统支持地理位置上分散的多用户的工作，CSCW 本质上是一个分布式系统，并且支持与协同无关的透明性。分布在全球范围内的企业成员进行协同工作时，除了有通讯技术问题外，还存在着社会、文化与政治背景差别的问题。为消除群体成员的分布性，分布式工作环境需要另外增加传输通道来传递包括语言和身体动作在内的交互信息，使他们在同一虚拟空间中工作。对分布的计算机软、硬件系统，需要在异构环境下进行互连和互操作，并在此基础上支持用户的协作。

(2) 高性能和可靠性。CSCW 使一项任务由多个用户协同完成，无疑比单用户系统提高了工作的效率，但信息在网络上的传输开销可能导致性能的降低。CSCW 系统应该具有很高的可靠性，能对一些故障进行恢复，用户操作错误也不会引起整个系统的崩溃。

(3) 信息共享。信息共享是协同工作的前提条件，在协同工作中采用不同

种类的共享对促进协同工作的效率是至关重要的。然而以往大多数的 CSCW 系统是基于异步的消息传递来协调多用户的协作的,限制了用户对信息的共享。协作环境中必须提供支持信息共享的服务,其包括: i.提供不同用户在不同平台上运行的不同应用之间的信息访问和交换服务; ii.维护关于用户、资源和进行的协作活动的知识; iii.提供在进行协作的组织环境建模的机制,并提供合适的访问控制机制; iv.在共享信息空间中提供感知服务,提供给用户协作中的信息,使用户及时了解当前的协作状态。

(4) 协作控制需求。人们在合作时针对不同的问题采用不同的协作方式来解决。协作问题的范围可以从非结构化方式到完全预先规定方式,非结构化方式时只需要多个用户的创造性活动,他们的行为是不能事先预料和描述的,如协同软件设计等;完全预先规定方式反映了那些例行过程性的协同机制,用户的活动按照事先规定好的过程和方式进行协作。实际上大部分的协同问题是介于这两者之间,预先规定的任务很好地反映了对协作的细化控制,而对于非结构化问题,则需要协同系统提供很大程度上的自由来解决它。CSCW 系统本质上支持人与人之间丰富的协同形式,CSCW 系统中协调控制要求尽量反映这种丰富性,提供用户多种灵活的协同工作的方式,尽量使用户的工作方式更自然、更灵活。

(5) 系统的开放性。CSCW 应用提供了不同的模型和机制,或支持某一特定的协作活动,或支持某一类的协作。每一类 CSCW 应用代表了不同的协作模型,从各个方面支持了群体间的协作,协作任务往往需要一定范围内的 CSCW 应用联合使用。因此,CSCW 系统往往需要具有综合性和通用型的协作支持环境,以容纳这些协同应用。CSCW 协作支持环境是未来大范围的 CSCW 应用获得成功的重要因素,它的中心任务是提供较大范围内的 CSCW 应用的互操作和集成,从而保证不同的 CSCW 应用的和谐工作,CSCW 支持环境是实现更加开放的协作系统的有效途径。

CSCW 系统的主要技术基础是计算机和计算机网络技术,它的关键技术包括以下几个方面^[9]:

(1) 群体协作模式: CSCW 研究的目的是提高群体成员之间的协调配合水平,为此必须深入了解群体内成员之间的协作模式,以指导协同工作技术和方法研究。

(2) 协作控制机制: CSCW 应用系统要考虑到群体成员在协作时的行为习

惯和心理状态，向各成员提供协作所需的信息，人们在协作过程中需要遵循一定的规则，否则就会引起协作的困难。

(3) 群组通信支持：CSCW 系统要通过计算机及其网络来协调人类群体的行为，就必须在已有的计算机网络开放系统互连参考模型中实现点到多点的群组通信。

(4) 同步机制：群体成员协作的一个基本要求是向各成员提供一致的工作环境。各类协作事件的产生也需要遵守一定的时间关系。这些时间关系维持是通过同步机制实现的。

(5) 多媒体技术：音频和视频信息交流是人类在协作过程中使用最多和最自然的方式。为了通过 CSCW 应用系统支持人与人之间的协同工作，必须在 CSCW 系统中支持音频和视频信息交流。

(6) 应用共享技术：应用共享是指由一个群体的各成员通过各自的机器共同控制在一台机器执行的应用程序。应用共享的目的是扩展已有的大量单用户应用程序，使之可由多个用户共同控制，实现协作。这是保护开发单用户应用所进行的大量已有投资，并开展协同工作的一条便捷途径。目前已有一些研究工作实现基于 X Windows 或 Windows 的应用共享，如 X/TeleScreen 和 NetMeeting。

(7) 并发控制和一致性问题：CSCW 系统需要解决多用户同时操作时存在的并发问题，尤其在数据方面，CSCW 系统中可能引起数据不一致的原因有两点：一是对数据的并发存取造成的，另一点是有节点发生了故障。第一种情况引起的一致性问题通常也称为准确性问题，而后一种情况是由于节点与外界失去联系而导致自身拥有的信息过时。所以，在网络环境下，当有节点出现故障时，需要解决相关问题，从故障中快速恢复正常，从而保证 CSCW 系统中的数据一致性^[10]。

2.4 本章小结

计算机技术特别是网络技术的发展促使了 CSCW 的产生，也直接促进了 CSCW 的发展，各种诸如 workflow 管理系统等 CSCW 系统应运而生。本章从 CSCW 的起源及发展介绍了 CSCW 的概念和基本特征，提出从 CS 和 CW 两个方面来理解 CSCW，从而得到 CSCW 的目标和所要完成的三个重要任务。据此着重介

绍了 CSCW 的三大要素，CSCW 系统的特点、各种 CSCW 系统的分类和实现 CSCW 的关键技术。本文研究的主题 workflow 技术是 CSCW 的一个典型应用，在下一章中将具体阐述 workflow 技术的相关内容。

第3章 workflow 技术概述

3.1 workflow 的基本概念和定义

workflow 技术从其思想的提出到发展壮大到相对成熟是随着计算机技术和网络技术的发展而发展的。1993 年 workflow 管理联盟(Workflow Management Coalition, WfMC)的成立标志着 workflow 技术开始进入相对成熟的阶段。为了实现不同 workflow 产品之间的互相操作, WfMC 在 workflow 管理系统的相关术语、体系结构以及 workflow 应用编程接口(WAPI)等方面制定了一系列标准。以下是对本文所用到的一些基本概念的定义^{[11][12]}:

(1) workflow (Workflow): workflow 是一类能够完全或者部分自动执行的经营过程,它是根据一系列过程规则,文档、任务或者信息能够在不同的执行者之间进行传递和执行。

(2) workflow 管理系统 WfMS(Workflow Management System): 是通过按照计算机表示的 workflow 逻辑的顺序来执行软件,以便定义、管理及执行 workflow 的系统。简单地讲 workflow 管理系统是支持企业经营过程高效执行并监控其执行过程的计算机软件系统。由于它支撑的范围比较大、环境比较复杂,所以也有人称 workflow 管理系统是业务操作系统。

必须指出 workflow 管理系统和企业的业务系统是有区别的: workflow 管理系统为企业的业务系统运行提供了软件支撑环境,在 workflow 管理系统的支撑下,通过集成具体的业务软件和操作人员的界面操作,才能良好的完成对企业经营过程运行的支持。所以,严格来说 workflow 管理系统在一个企业或部门的经营过程中的应用过程是一个业务应用软件系统的集成与实施过程。

(3) 业务过程(Business Process): 业务过程是指为了实现某个目标,在部分或者全部组织机构和人员的参与下,在参与者和组织机构之间进行文档、信息、任务的传递或处理而进行的一系列相互关联的活动。业务过程定义了工作在业务过程中是如何完成的规则,表现为由人或者结合应用执行的一系列任务。在企业的日常活动中,包含了许多业务过程,例如:收文处理过程,发文处理过程,文件的审批过程及项目开发过程等。每个业务过程都是为了完成日常工

作中的某项具体工作，其中还包含了为了完成这项工作所必须经过的处理步骤，以及这些处理步骤的先后次序关系。

(4) 过程定义(Define Process): 业务流程的形式化描述，用来支持系统建模和运行过程的自动化。过程可分解为一系列的子过程和活动，其定义包括描述过程起始、终止的活动关系网络以及一些关于个体行为的信息，具体而言，即构成过程的各活动以及各活动的关系、组织成员的角色、应用中的数据结构等。

(5) 活动(Activity): 业务过程的一个执行阶段，由执行者完成。执行者可以是人、软件系统或二者的集合。活动是过程执行中可被工作机调度的最小工作单元，要求有人或机器的参与。

(6) 实例(Instance): 过程的一次运行被称作一个过程实例；活动的一次运行被称作一个活动实例。

(7) 工作流引擎(Workflow Engine): 根据过程定义工具所生成的配置信息，以此来管理过程、活动实例的生成、运行与结束。一个活动实例结束后，引擎根据配置信息将控制权及其所引用的过程实例数据自动地向后传递，并且当某个后继活动启动所需的必要信息就绪后，将生成后继活动的实例。在活动实例运行期间，如果需要人的参与，引擎应将该实例信息加入相应人的工作列表中，并且在人选择开始该活动实例的运行时，激活预定义的应用程序模块；如果不需要人的参与，引擎应直接激活预定义的软件模块。在过程与活动实例运行的同时，引擎将随时记录运行信息。

(8) 工作项 (Work Item) 和工作项列表 (Work List): 在一个工作流过程中，用户需要在他所涉及的活动中完成一些处理工作，工作项就是这些处理工作的表现形式。通常，一个活动的实例就表现为一个工作项。某个用户的所有工作项构成该用户的工作项列表^{[13][14][15]}。

以上有关工作流的主要概念之间的关系如图 3-1 所示^[16]。

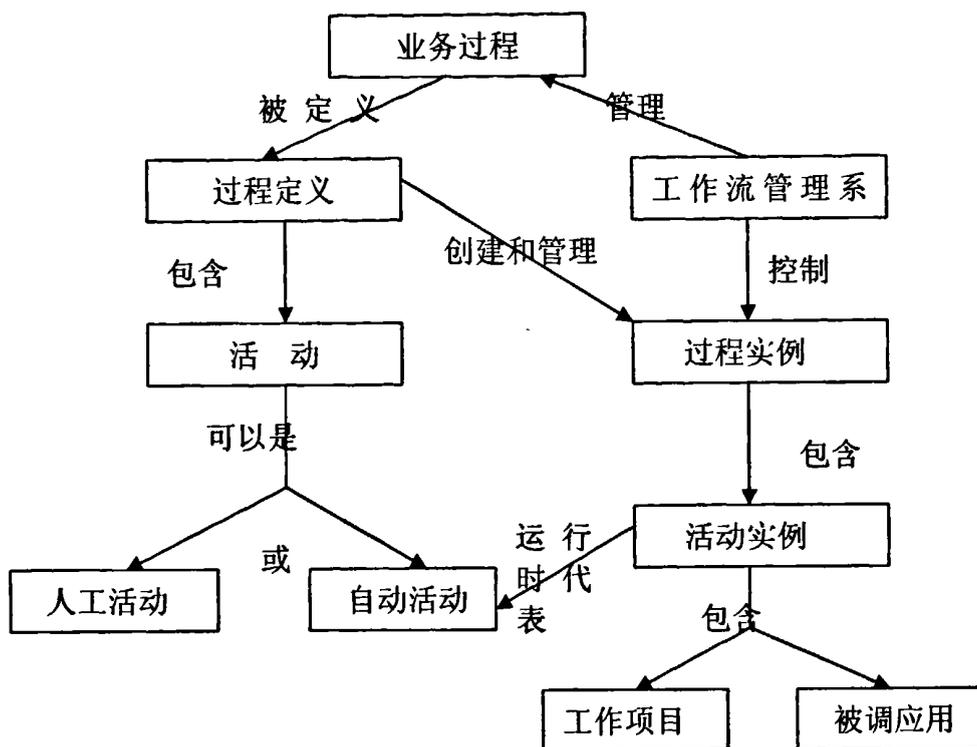


图 3-1 有关工作流的主要概念之间的关系图

3.2 workflow 管理系统

3.2.1 workflow 管理系统概述

workflow 管理系统(WfMS, Workflow Management System)是以计算机支持的分布式、协同工作业务流程的自动或半自动化为研究目标的软件系统^{[17][18]}。WfMC 给出的关于 workflow 管理系统的定义是：workflow 管理系统是一个软件系统，它完成 workflow 的定义和管理，并按照在计算机中预先定义好的 workflow 逻辑推进 workflow 实例的执行。

可见，workflow 管理系统是一个真正的各种 TI 资源与人之间工作的系统。参与者是系统的基本角色，是直接的任务分派对象。每个参与者可以直接看到系统针对自己列出的“任务清单”，跟踪每一项任务的状态或继续一项任务的执行。这样，参与者的任务分派和任务的完成状态可以被最大程度的电脑化和受到控制。

workflow 管理系统可以根据不同的分类方法进行分类^[19]。

1) 根据其用途和技术的不同可分为以下四种:

(1) 管理工作流: 用于执行简单协同规则的、可重复和可预测的流程, 它具有事先定义的执行步骤和规则, 不要求控制复杂流程和访问多个信息系统。例如: 申请学位等。

(2) 特殊工作流: 主要特征就是交流没有固定模式、通常由人工完成工作任务的协调和控制, 多用于执行办公流程或处理异常情况。

(3) 协作工作流: 主要描述参与者的交流活动, 它具有任务的循环和反向的过程, 而不象其它类型的工作流总是向前流转。

(4) 产品工作流: 工作流的高级形式, 它包括预定和重复的过程。不同于其它的工作流应用, 产品工作流包括复杂的信息处理, 并可能涉及到访问多个信息系统, 从而实现任务的自动管理和协调。这种 workflow 管理系统首先要提供业务处理过程到 workflow 定义、再到 workflow 执行的映射; 还要提供描述任务间复杂依赖关系的能力; 异构分布系统的互操作能力; 还要保证 workflow 在各种情况下的正确执行。

2) 按照 workflow 系统采用的实现技术分类:

(1) 基于邮件传递的工作流: 依赖于电子邮件机制完成不同用户间的流转, 适合于协作 workflow 和特殊 workflow。

(2) 基于共享文档库的工作流: 以共享文件的方式来完成任务, 依赖于文档流转的思想, 与外部应用的交互受限, 适用于管理工作流。

(3) 基于数据库的工作流: 对应于产品工作流, 它实现自己的通讯机制, 借助于基于 CORBA、COM 等规范的组件, 在底层数据库的基础上提供了大量应用程序接口, 它是 workflow 的高级形式, 它适应当今企业的需求, 但有一些尚需在理论上解决的问题^{[20][21]}。

3.2.2 workflow 管理系统体系结构

尽管市场上的 workflow 管理系统产品是多种多样, 但是为了更好的支持企业经营过程建模、分析和实施, 适应世界市场的多元化趋势, 需要建立 workflow 管理系统的相关标准, 从系统结构、术语使用、接口实施方面提供标准化与规范化的定义, 并以此为基础实现不同 workflow 产品之间的互操作, 方便与其它应用系统的集成。workflow 管理联盟(WfMC)提出了有关 workflow 管理系统的一些规范,

定义了 workflow 管理系统的结构及其应用、管理工具和其它 workflow 管理系统之间的应用编程接口。图 3-2 所示为 workflow 管理联盟提出的 workflow 管理系统的体系结构图^[22]。

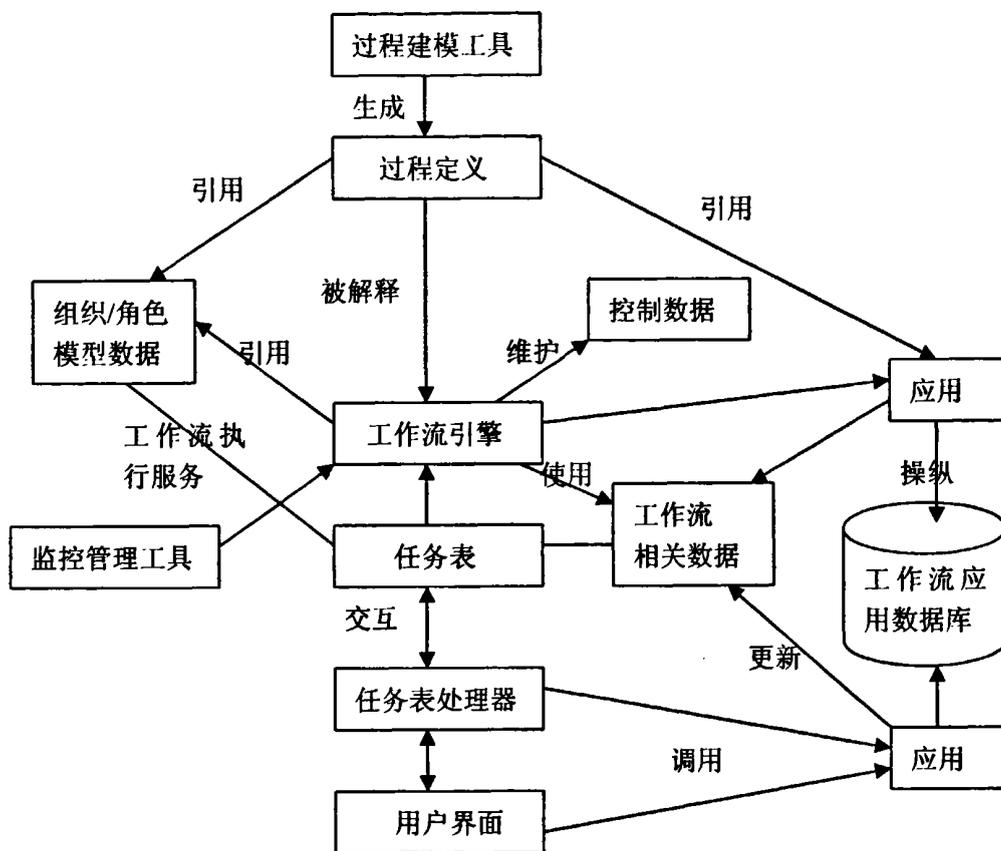


图 3-2 工作流管理系统体系结构图

这个模型的体系结构给出了抽象的工作流管理系统的功能组成部件和接口，它能够满足工作流管理系统和产品所应该具有的主要功能特征，可为实现工作流产品之间的互操作提供公共的基础。组成工作流管理系统的每个功能部件可以在不同的软硬件平台上采用不同的方法实现，同样接口也可以在不同的软硬件平台上采用不同的设计技术和编程语言进行编程。

从图 3-2 可以看出，工作流管理系统主要由三部分组成：

(1) 软件构件：工作流管理系统的软件构件是实现工作流管理的基本构件，负责整个工流管理的基本功能实现。它包括：工作流模型建立，工作流执行服

务，客户应用管理。

workflow模型建立： workflow模型描述了能够由 workflow 执行服务、执行的过程所需要的所有信息，它是 workflow 管理系统的基础。它可以利用第三方的建模工具，形象化建立流程模型，并通过接口关系，建立系统所需要的控制数据；也可以通过系统本身的流程定义，直接生成控制数据。在流程定义中，要包括流程、活动、转换条件、相关数据、角色和需要的应用等实体。

workflow执行服务： workflow 执行服务是 workflow 管理系统的核心，是企业经营过程的任务调度器。在过程建立完毕后，将由 workflow 执行服务进行全面管理、监控和调度具体的实例执行。包括：过程的实例化和执行、为过程和活动进行调度、与外部资源交互以及处理相关数据等。

客户应用管理： 是客户操作具体任务和活动的管理模块，负责 workflow 任务表中任务的分发管理。可以将一个 workflow 管理系统中的任务管理器提供给客户；同时，也可以针对多个 workflow 产品或者是多个应用系统产品，编写通用的任务管理器，进行系统的集成。

(2) **系统控制数据：** workflow 管理系统中存储的数据可以分成 workflow 控制数据、相关数据和应用数据。 workflow 控制数据是 workflow 执行服务对其进行控制，用于处理过程或活动实例；相关数据控制过程实例状态转换的条件，并决定相关的逻辑走向，可以被应用所修改；应用数据是指由应用程序操作的数据，反映的是具体业务的实际内容信息，它在整个流程中进行流动。实际上，前两个数据是 workflow 管理系统中本身需要的数据，第三类数据是其他系统中的业务数据。比如，ERP 系统结构化的数据。

(3) **其它应用的调用：** workflow 管理系统在设计和实施中，都必须提供足够的柔性，来满足不同应用的需要。在与不同的应用系统进行交互时，要提供足够的灵活性。可以建立应用接口规范和提供标准的 API 函数在不同的系统间进行交互；也可以建立灵活的调用通道，直接调用 ERP 系统中的应用进行事务处理，这种调用可以在分布和异构的系统间进行^[22]。

3.2.3 workflow 管理系统参考模型

1993 年 workflow 管理联盟 WfMC 在欧洲成立，以推进 workflow 管理的标准化。WfMC 提出了一个 workflow 参考模型，定义了 workflow 系统的体系结构及其与应用、管理工具和其它 workflow 管理系统之间的应用编程接口。如图 3-3 所示描述了该

模型的基本部件和基本接口^{[23][24]}。

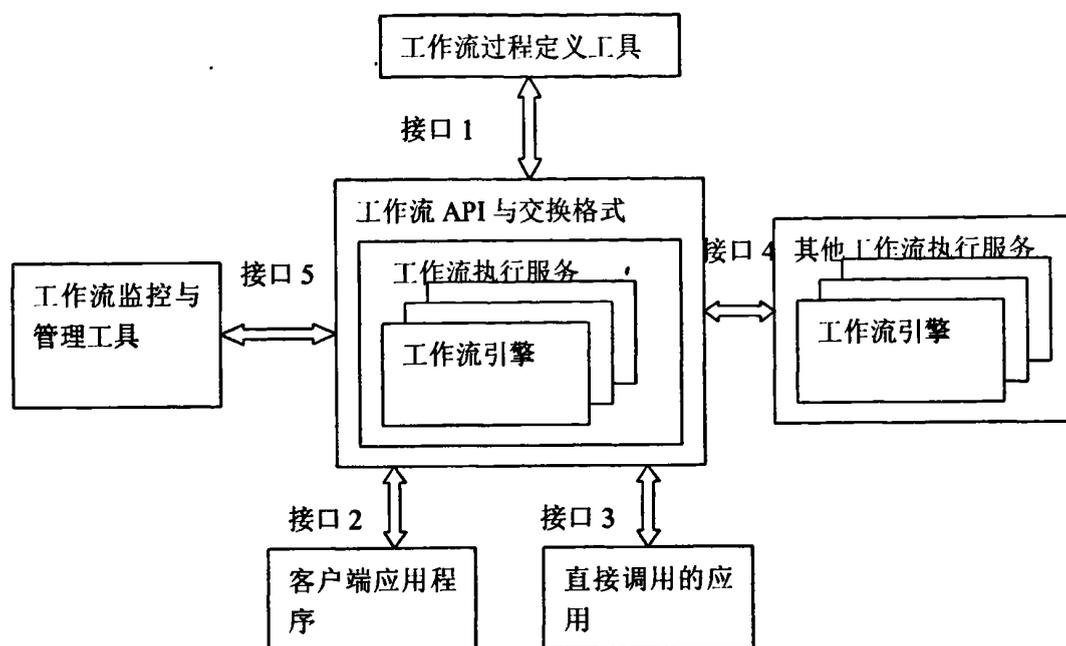


图 3-3 说明了在工作流体系结构范畴内主要的构件和接口。该参考模型包括五个基本部件和五个基本接口。这五个基本接口分别是：

接口 1：工作流执行服务和工作流过程定义工具之间的接口，包括工作流模型的解释和读写访问；

接口 2：工作流执行服务和客户应用之间的接口，这是最重要的接口规范；它约定所有客户方应用和工作流服务之间的功能访问方式；

接口 3：工作流引擎和应用间的直接接口；

接口 4：工作流管理系统之间的互操作接口；

接口 5：工作流执行服务与工作流管理工具之间的接口。

上述五个接口被通称为 Workflow API(WAPI)。这些标准的制定，对于实现不同的厂家的产品之间的互操作（如用一个厂家的管理与监控工具去管理另外一厂家的工作流执行服务）及基于工作流执行服务开发新的应用，具有重要意义。

workflow 管理系统参考模型中五个基本部件分别是：

(1) 过程定义工具

过程定义工具的主要功能是给用户提供一种对实际业务过程进行分析、建模的手段，并生成成业务过程的可被计算机处理的形式化描述(过程定义)。这也就是 3.2.4 中所述建立时功能的主要内容。过程定义工具与 workflow 执行服务之间的交互是通过“接口 1”完成的，它为 workflow 过程定义信息的交换提供了标准的互换格式及 API 调用。

(2) workflow 执行服务

它借助于一个或者多个 workflow 引擎，激活并解释过程定义的全部或部分，并同外部的应用程序进行交互，完成 workflow 过程实例的创建、执行和管理，如过程定义的解释、过程实例的控制（创建、激活、暂停、终止等），在过程各活动之间的游历（控制条件的计算与数据的传递等），并生成有关的工作项通知用户进行处理等等，为 workflow 的进行提供一个运行时环境。

workflow 执行服务一般是由一个 workflow 引擎提供的。在大型 wfms 中，workflow 的运行时控制可能需要多个 workflow 引擎共同完成。例如，某个大的 workflow 过程中可能包含多个子流程，这些子流程就可以由另外的工作流引擎来提供运行时控制环境，甚至这些子流程可能需要其他的工作流执行服务来完成，这一点涉及 wfms 系统之间的互联。为实现有效的互联，需要定义互联模型、互联一致性级别及操作元素集。这些将构成“接口 4”的内容。

(3) 客户应用程序

它的作用是给用户提供一种手段，以处理过程实例运行过程中需要人工干预的任务。每一个这样的任务就被称作一个工作项，它包括处理上的一些要求（如处理时间的限制）及待处理的数据对象等。wfms 将为每一个用户维护一个工作项列表，它表示当前需要该用户处理的所有任务。

客户与 workflow 执行服务之间的接口为“接口 2”。wfms 的各种服务，如会话连接、过程控制、活动控制、过程状态、活动状态、工作项列表的处理以及过程实例的管理等，都可以通过此接口而得到。

(4) 被调应用程序

被调应用程序是指 workflow 执行服务在过程实例的运行过程中调用的、用以对应用数据进行处理的应用程序。在过程定义中包含这种应用程序的详细信息，如类型、地址等。目前已有的几种方式包括应用代理（它通过一个标准的接口

同执行服务进行交互)、某种标准的互换机制(如 OSI-TP 协议或 X.400 等)、本地过程调用、远程执行调用、ORB 等。“接口 3”的目标就是提供一些标准的服务,供应用代理使用。基于这些服务也可以开发一些专门的应用,直接同工作流执行服务交互。关于这些服务的语义及语法细节还有待更深入的研究。目前初步确定的服务大致分成会话建立、活动管理(双向的)以及数据处理等几类。

(5) 管理及监控工具

管理及监控工具的主要功能是对 WfMS 中过程实例的状态进行监控与管理,如用户管理、角色管理、审计管理、资源控制(包括过程管理及过程状态控制等)。它与工作流执行服务之间的交互是通过“接口 5”完成的。该接口规范详细描述需要从过程执行过程所发生的各种事件上,捕获和记录的各种信息,如过程实例信息、活动实例信息、工作项信息及远程操作信息等。

3.2.4 工作流管理系统的功能

虽然不同的工作流管理系统具有不同的应用范围和不同的实施方式。但从最高层次上抽象的考察工作流管理系统,其主要提供以下 3 方面的功能支持 [25][26]。

(1) 建立阶段功能

定义建模工作流过程及其组成活动。通过利用工作流建模工具,完成过程模型的建立,将企业的实际经营过程转化为计算机可处理的工作流模型,即过程定义,或称为工作流模型、工作流模板定义。有些工作流管理系统允许在运行环境中动态地修改过程定义。

(2) 运行阶段的功能

在动态环境中管理工作流过程及运行过程中的各个活动。工作流引擎解释工作流过程定义,创建和控制工作流实例,调度过程执行中的相应活动,分配适当的人员与应用程序资源。工作流引擎充当现实世界中的工作过程和描述工作过程的流程定义间的连接工作,并将控制结果反映到与人和应用系统的交互上。工作流引擎是工作流管理系统的核心部件,根据实际的需要,可以分布在不同的地点和平台上。

(3) 运行时与用户及应用工具交互功能

用户通过客户端部件和工作流引擎进行交互,工作流引擎维护系统中各个用户工作项列表,表示该用户当前阶段需要处理的所有工作项。用户通过客户

端部件查询并处理工作项，并向 workflow 引擎汇报处理结果与状态。

整个 workflow 管理系统中，workflow 执行服务是核心功能，它包括面向参与者和 workflow 领域的各种应用的接口。workflow 管理系统的基本特征及主要功能之间的关系如图 3-4 所示。

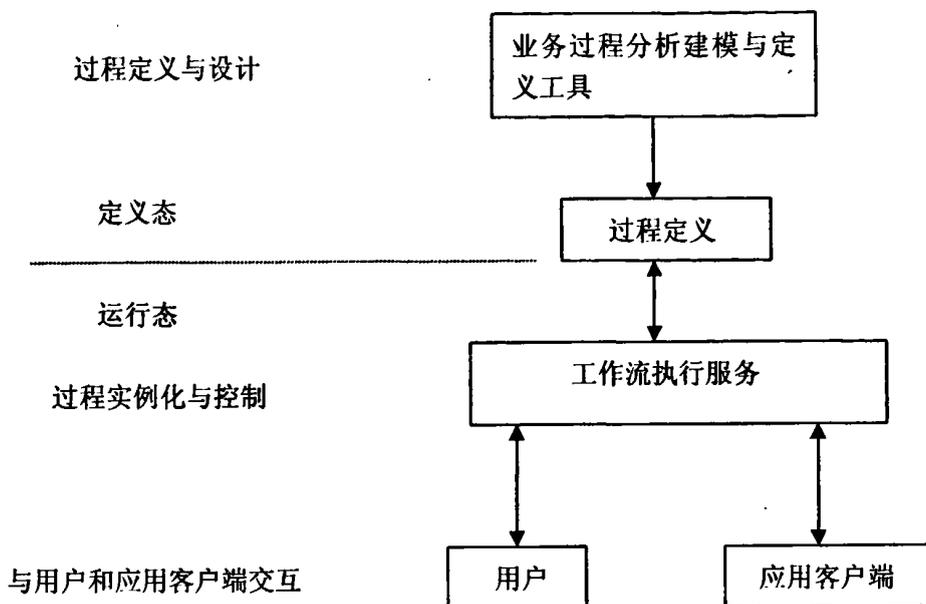


图 3-4 workflow 管理系统的基本特征及主要功能之间的关系

3.3 workflow 管理系统与 CSCW 的关系

CSCW 技术能够为参与协同工作群体通讯和工作过程的人们提供技术支持。CSCW 以群体工作的协同性为背景，是融计算机，通信和多媒体技术为一体的交叉学科研究领域，其目的是为了构造实际 CSCW 系统以对群件协作进行支持。

对于 workflow 管理系统和 CSCW 的关系，目前还是一个很有争议的问题。workflow 是为了实现业务目标而进行的自动过程，这些过程中文件、信息或者任务根据一组已经定义的规则在参加者之间进行传递。大多数 workflow 都是由计算机化的信息系统来支持过程的自动执行的。workflow 管理系统是定义、管理、执行 workflow 的软件集合。这个软件集合的执行顺序由计算机描述的 workflow 逻辑来驱动，workflow 本身有一系列相互协作的任务注册，但是任务的开始、执行、持续

和结束需要遵循一定的顺序关系和逻辑关系，有些任务是由计算机自动执行，有些任务由人完成。在实际应用中，虽然 workflow 管理系统被应用于许多不同的场合，但主要的还是跟业务过程相关联的。在 workflow 的发展过程中，WfMS 被看作是一个计算机支持的协同工作的一个重要研究方向。从 CSCW 的角度来说，WfMS 是一种支持人们之间异地、异步协作的一种群件系统。workflow 的管理的一个基本特点就是能够预先定义 workflow 流程，总的来说就是它注重的是完成一项工作的过程。

由此我们认为，workflow 管理系统 WfMS 是 CSCW 研究的一种典型应用。WfMS 是一种在分布式环境下，进行工作任务进程间的协调及协作处理的计算机技术，其目的是实现人与计算机交互事件结合过程的自动化。按照 CSCW 传统的时空分类法，workflow 管理系统属于支持多人进行异地、异步协作的系统，它是 CSCW 系统从支持同步、非结构化协作向着支持异步、结构化的进一步发展 [27]。

3.4 本章小结

在 workflow 技术应用日益得到重视的今天，对 workflow 技术的研究也正在向着更深层次进行。workflow 技术研究的主要目的有两个：一是为 workflow 技术的发展解决理论上存在的问题，探讨 workflow 模型和语义的形式化表示方法等；二是从 workflow 实现技术的角度探讨利用先进的技术提高 workflow 管理系统的性能和可靠性。本章参考 workflow 管理联盟的相关资料，介绍了 workflow 的基本概念和定义，详细探讨了 workflow 管理系统相关的基本概念，体系结构、参考模型、workflow 执行服务和 workflow 引擎等理论知识，并且介绍了 workflow 管理系统与 CSCW 的关系。在下一章将详细介绍基于 Petri 网的 workflow 建模方法。

第 4 章 基于 Petri 网的工作流模型建模

实现 workflow 技术的关键环节之一就是 workflow 的模型建模。当前主流的 workflow 建模方法主要包括基于活动网络的 workflow 模型、基于事件过程链的 workflow 模型、基于语言行为理论的 workflow 模型和基于 Petri 网的 workflow 模型等四种。本章首先介绍了 Petri 网的基本概念和定义，并且利用 Petri 网 workflow 建模理论对具体的业务过程进行过程建模和模型进行性能分析，最后把基于 Petri 网的建模和分布式 workflow 技术结合起来提出了具体的系统结构模型。

4.1 Petri 网的基本概念和定义

4.1.1 Petri 网的基本概念

Petri 网是由德国学者 Carl Adam Petri 于 60 年代提出来的一种图形化描述过程的强有力的工具，经过三十多年的发展，由于 Petri 网概念深刻地、简洁地刻画了控制系统动态特性的本质，它的重要性逐渐为人们所认识^[28]。有关 Petri 网的理论已经非常广泛地应用到各个领域，不仅计算机科学、系统分析，而且几乎所有需要对动态系统建立可靠数学模型的领域，都可以用 Petri 网作为分析和设计的工具。

Petri 网是一种适用于多种系统的图形化、数学化建模工具，为描述和研究具有并行性、异步性、分布式和随机性等特征的复杂系统提供了强有力的手段。作为一种图形化工具，可以把 Petri 网看作与数据流图和网络相似的方法来描述系统模型；作为一种数学化工具，它可以用来建立各种状态方程、代数方程和其他描述系统行为的数学模型。

Petri 网的基本术语包括^{[29][30]}：

(1) 资源（托肯）：系统中发生变化所涉及的与系统状态有关的因素，包括原材料、产品、人员、工具、设备和数据等

(2) 库所：资源按其在系统中的作用分类，每一类存放一处，则该处抽象为一个库所，又称 P 元素，库所不仅是一个场所，而且表示该场所的资源。

(3) 变迁：资源的消耗、使用和产生对应于库所的变化，又称 T 元素。

传统的 Petri 网的形式化定义如下：

定义 3.1 Petri 网：元组 $PN=(P, T; F)$ ：

- 1) $P \cap T = \emptyset$
- 2) $P \cup T \neq \emptyset$
- 3) $F \subseteq P \times T \cup T \times P \neq \emptyset$

其中 P 为库所的有限集合； T 为变迁的有限集合； $F \subseteq P \times T \cup T \times P \neq \emptyset$ 为库所和变迁间的弧的集合^[31]。

在标准的 Petri 网的模型表示中，用圆圈表示库所，用细长方框表示变迁，用有向弧表示从库所到变迁的输入和从变迁到库所的输出。在建模过程中，如果使用条件和事件的概念，那么位置就代表条件，转移则代表时间。一个转移（事件）有一定数量的输入和输出位置，分别代表事件的前提条件和后继条件。位置中的符号（也称为托肯）代表可以使用的资源或数据。

一个简单的 Petri 网模型如图 4-1 所示。

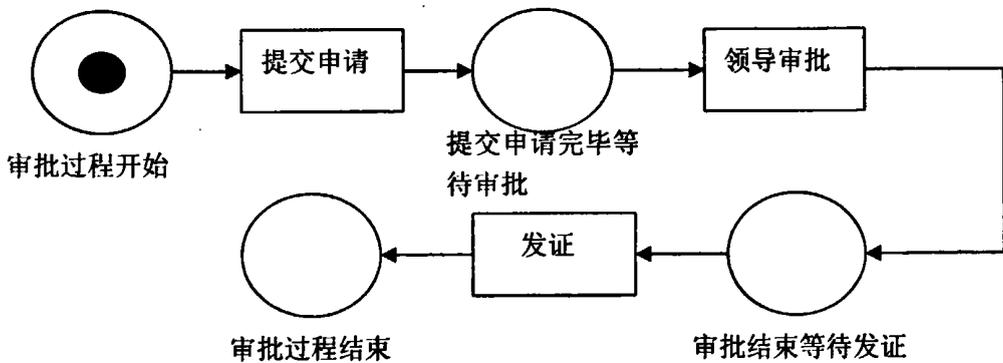


图 4-1 一个简单 Petri 网模型图

如图 4-1 所示的是公房入住的申请审批业务过程的 Petri 网模型，是一个条件/事件系统，其中的条件分别是“审批过程开始”、“提交申请完毕等待审批”、“审批结束等待发证”、“审批过程结束”，用圆圈（库所）表示，其中的小黑点（托肯）表示该条件成立。该条件/事件系统中的事件有“提交申请”、“领导审批”、“发证”，用细长方框（变迁）表示。当某个事件的前置条件成立时，该事件发生，结束时其前置条件被置为不成立状态，而后置条件被置为成立的状态，在图上的操作就是将小黑点从一个圆圈（库所）移动到下一个圆圈（库所）。由此，在每一个时刻，小黑点的分布状态就表示了系统在此时刻的状态，系统的演进过程就可以在模型图上很清晰的表示出来。图 4-1 所在的状态表示公房入住的申

请审批业务过程开始。

4.1.2 Petri 网的重要性质

(1) Petri 网兼有严格语义和图形化表示的特点。

一方面, Petri 网的所有元素都经过严格定义, 具有规范的模型定义, 因此基于 Petri 网表示的工作流过程也具有十分清晰与严格的定义。Petri 网具有足够丰富的表达能力, 可以完全支持 workflow 管理联盟(WfMC)定义的六种工作流原语(如图 4-2 所示), 可以无歧义地表示规范的业务流程。另一方面, Petri 网是一种图形化语言, 具有直观易懂的特点, 使得建模人员能够比较方便地针对模型的含义去和用户进行交流, 以便描述用户环境及改进模型。

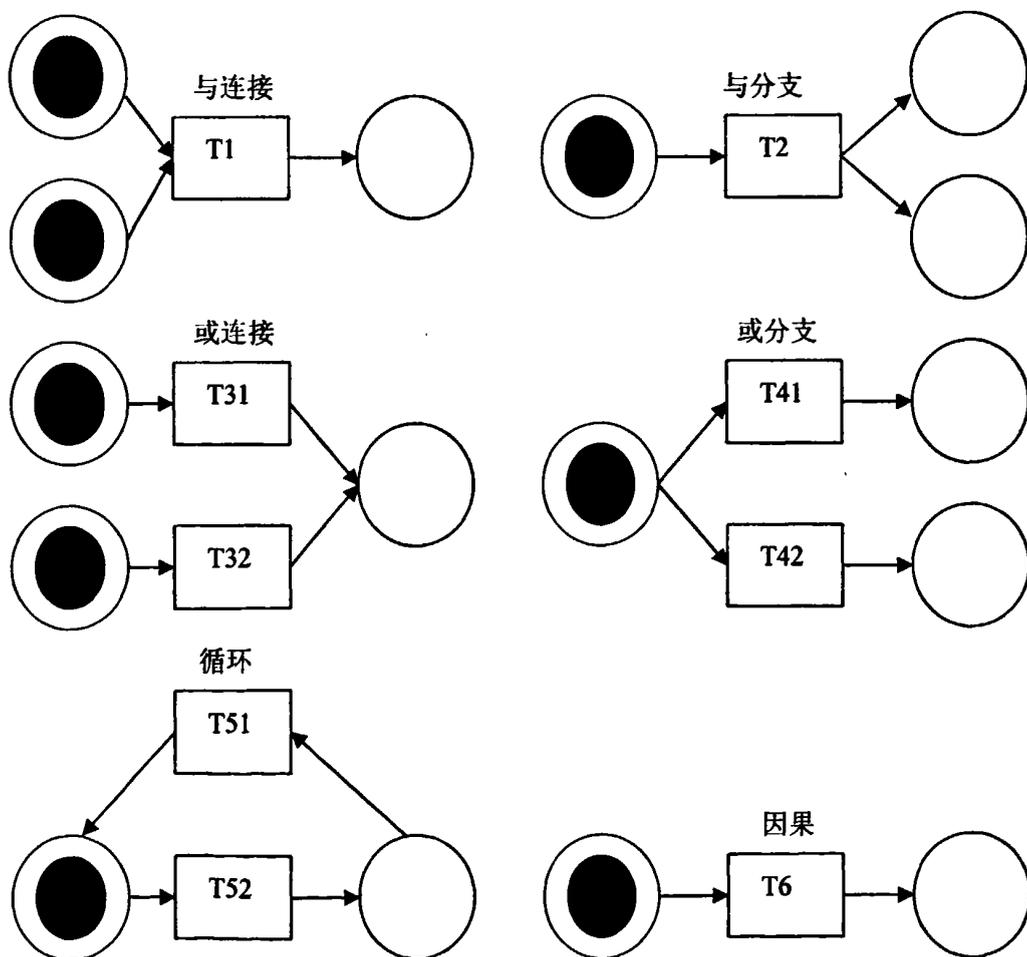


图 4-2 工作流原语向 Petri 网转换图

(2) Petri 网是一种基于状态的建模方法。

现有许多 workflow 管理系统所采用的过程建模方法都是基于事件驱动的，这类方法把活动与活动之间的转移定义得十分清楚，而对于活动的状态并没有明确体现。相比之下，Petri 网则是一种基于状态的建模方法。它明确定义了模型元素的状态，而且它的演进过程也是受状态驱动的，和基于事件驱动的方式相比，基于状态的建模方法具有更丰富的表达能力以及更多的柔性特征，因此，更加适合于 workflows 的定义。

(3) Petri 网具有强有力分析技术与手段

经过三十多年的发展，Petri 网拥有了多种可以利用的分析技术，可以用来分析 workflow 模型的各种特征，如有界性(安全性)、活性(无死锁)、不变量等；也可以用来计算模型的各种性能指标，如响应时间、等待时间等^[32]。

综上所述，Petri 网是一种具有较好基础的，适合于描述 workflow 过程的建模方法。

4.2 公房管理系统中的关键流程建模

在我们当前所涉及的具体项目中，荆州市解放房管所公房管理系统的电子政务平台下，有各种具体的业务流程，如房屋资料录入过程、房屋资料变更过程、申请入住过程、住户申请过户过程、缴费过程和维修过程等等。在此，我们仅对关键的业务流程（申请入住过程、住户申请过户过程、住户缴费过程）按照基于 Petri 网的工作流网的定义那样来对它们进行过程建模，从而可以方便的把具体业务流程进行过程定义。

4.2.1 住户申请入住过程建模（串联/因果）

在荆州市解放房管所公房管理系统的电子政务平台的住户申请入住的业务流程中，需要用户提供相关的资料、提出入住申请，得到批准后发给入住卡和缴费卡。具体过程可以描述为：住户向房管所的房管科提出入住申请填写申请表并提交个人和家庭资料，房管科将申请人的资料提交给房管所所长，所长对申请表进行审批，申请表经过审批得到批准后，由房管科给申请人发入住证和缴费卡，自此整个住户申请入住过程结束。

基于上述的流程描述，我们可以设计基于 Petri 网的住户申请入住过程模型如图 4-3 所示。

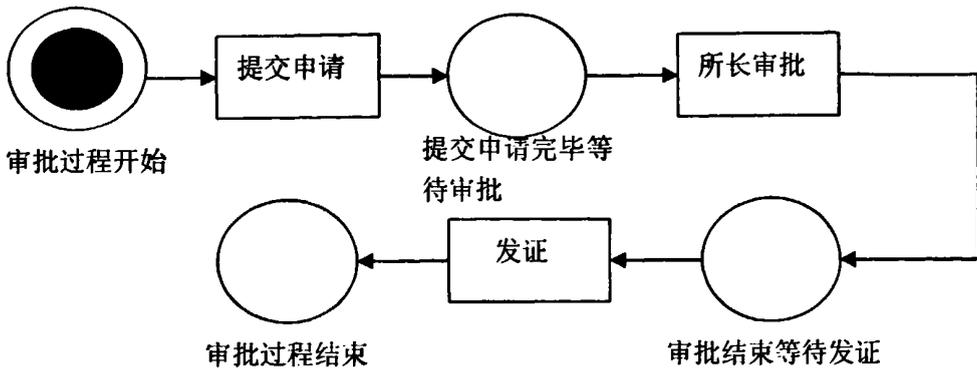


图 4-3 住户申请入住过程模型图

4.2.2 住户申请过户过程建模（随机/或）

在荆州市解放房管所公房管理系统的电子政务平台的住户申请过户的业务流程中，需要过户人和接受者双方提供相关资料到房管所的房管科或稽查科提出过户申请，由于相关业务的交叉性，房管科或稽查科的相关领导都可以对过户人和接受者的资料进行审批，如果审批通过批准则过户人的资料在系统平台下给予注销，对接受者发放入住证和缴费卡，自此整个住户申请过户过程结束。

基于上述的流程描述，我们可以设计出基于 Petri 网的住户申请过户过程模型如图 4-4 所示。

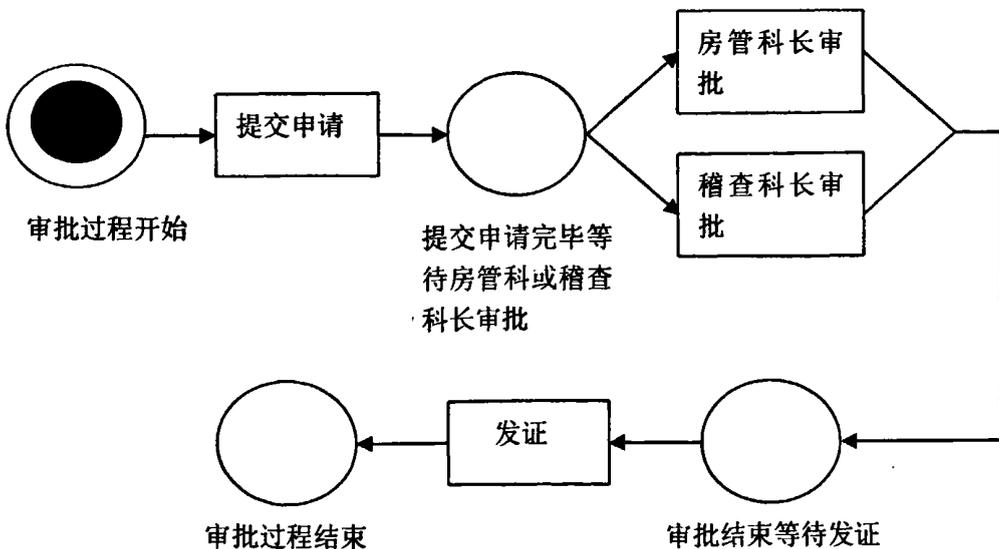


图 4-4 住户申请过户过程模型图

4.2.3 住户缴费过程建模（并联/与）

在荆州市解放房管所公房管理系统的电子政务平台的住户缴费业务流程中，入住人到相应的房管员处缴纳租金，此时房管员分别把此信息发给房管科和财务科并且等待他们的审批。房管科收到信息通过审批后反馈给房管员对应的发票，财务科收到信息进行销帐和统计审批后反馈给房管员缴费成功的信息。房管员得到房管科和财务科的审批后发给缴费人发票，自此整个缴费流程结束。

基于上述的流程描述，我们可以设计出基于 Petri 网的住户缴费过程模型如图 4-5 所示。

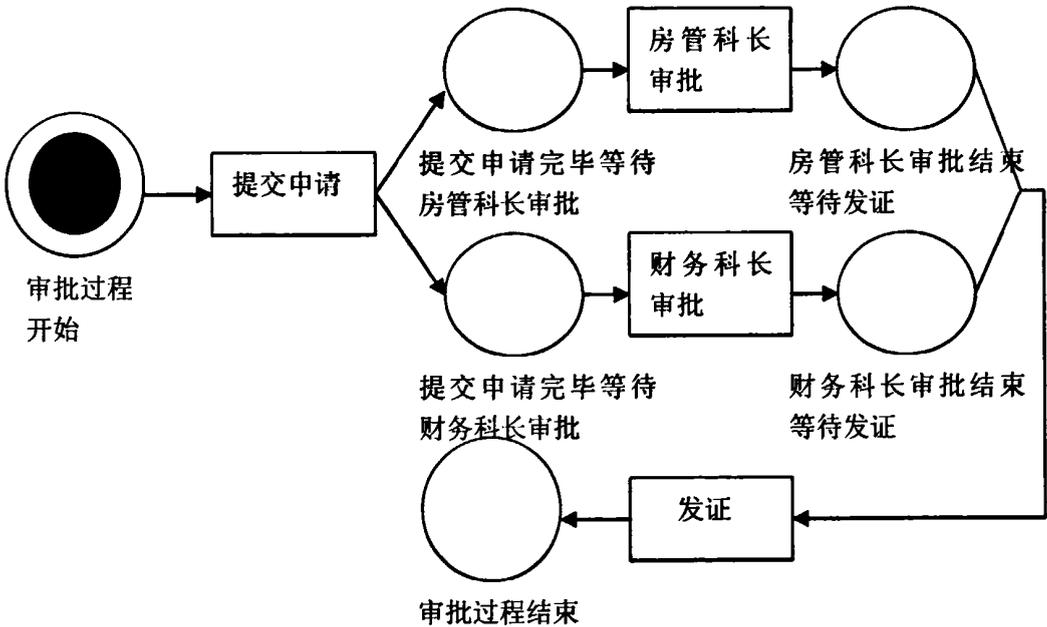


图 4-5 住户缴费过程模型图

4.3 关键流程模型的性能等价分析

业务流程建模是工作流描述的重要内容,模型的性能评价是工作流系统研究和应用的主要理论基础和支撑技术,因此对模型的性能分析是工作流建模中的一个重要内容。在上一节中针对具体的研究项目提出了三个主要的工作流模型,下面就分别对提出的每一个工作流模型进行性能等价分析^[33]。

4.3.1 住户申请入住过程模型分析

住户申请入住过程模型是一个基于 Petri 网的工作流串联模型，也称为因果连接模型。可以很清楚的看到串联模型是由 n 个变迁串联组成的一个系统。假设这 n 个串联变迁的延时时间为 n 个互相独立的随机变量，且分别服从参数为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 的指数分布函数，即 n 个变迁的平均延时时间分别为 $1/\lambda_1, 1/\lambda_2, \dots, 1/\lambda_n$ ，则可以推导出这 n 个变迁总的延时时间来对此模型进行性能分析。

首先推导出两个变迁 t_1, t_2 组成的串联子系统的性能等价公式。如图 4-6 所示此两个变迁串联在一起组成一个活的、标记守恒的分析系统。

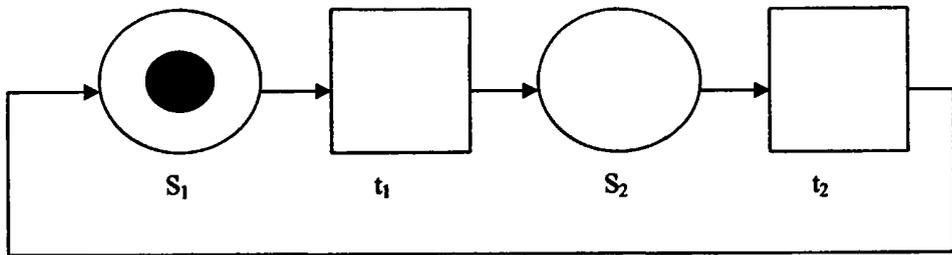


图 4-6 两个变迁串联组成的系统

假设在这个活的、标记守恒的分析系统中每一个变迁的稳定状态概率分别是 p_1, p_2 ，由此系统的稳定性可以得到系统稳定状态方程：

$$\begin{aligned} \lambda_1 p_1 &= \lambda_2 p_2 \\ p_1 + p_2 &= 1 \end{aligned}$$

由以上两个方程可以求得两个变迁串联组成的系统的标记的平均输入速率： $\lambda = \lambda_1 p_1 = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2)$ 。再由 Little 式^[34]可知， λ 就是此变迁串联系统的平均实施速率，所以它的平均延时时间为：

$$1/\lambda = 1/\lambda_1 + 1/\lambda_2$$

由数学归纳法，整个变迁串联的工作流模型可以看做是由 n 个两个变迁的子系统组成的系统，所以可以得到评价串联的工作流模型的性能的平均延时时间为：

$$1/\lambda = \sum_{i=1}^n 1/\lambda_i$$

4.3.2 住户申请过户过程模型分析

住户申请过户过程模型一个基于 Petri 网的工作流随机选择模型，也称为或连接模型。这种模型是用来定义彼此之间互相制约与排斥关系的分支活动,这类分支活动往往根据具体的执行情况从多个分支选择一个分支执行。其简化图如图 4-7 所示。假设 n 个选择变迁 t_1, t_2, \dots, t_n 的延时时间为 n 个互相独立的随机变量且分别服从参数为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 的指数分布函数，并假设执行变迁 t_i 的概率为 α_i ($\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$)，则可以推导出这 n 个变迁总的延时间来对此模型进行性能分析。

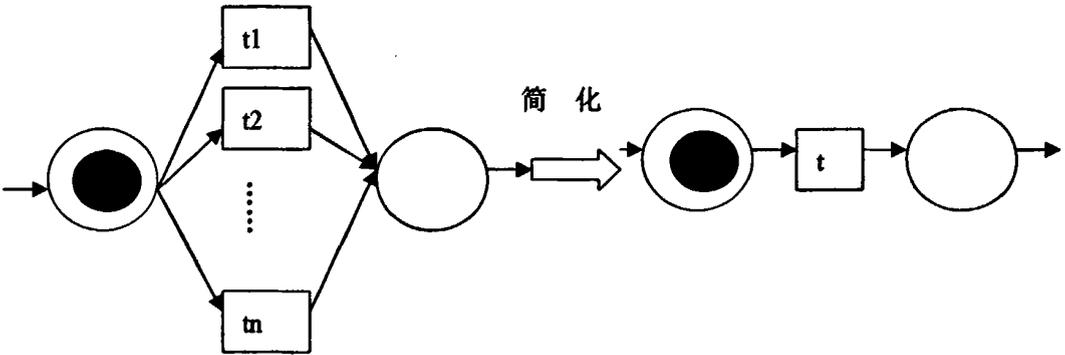


图 4-7 随机选择模型简化图

假设 n 个选择变迁组成的子系统 B 的性能等价延时为 y , y 是 n 个变迁中的任意一个变迁的延时时间，现引入一个随机变量 I , 用它来决定执行哪个变迁，当 $I=t_i$ 时，其概率为 α_i ，记为 $P(I=t_i) = \alpha_i$ 。

又因为 t_1, t_2, \dots, t_n 是 n 个独立的随机变量，所以该子系统 B 的总的延时的概率密度函数为：

$$f_B(y) = \sum_{i=1}^n P(I=t_i) f_{t_i}(t_i=y) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_i e^{-\lambda_i y}$$

则系统的性能等价延迟的期望值为：

$$E(y) = \int_0^{\infty} y \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_i e^{-\lambda_i y} dy = \sum_{i=1}^n \alpha_i / \lambda_i$$

4.3.3 住户缴费过程模型分析

住户缴费过程模型一个基于 Petri 网的工作流并联模型,也称为与连接模型。并联 Petri 网模型用来定义工作流中没有严格执行顺序、可同时进行的分支活动。它表示 n 个变迁 t_1, t_2, \dots, t_n 从瞬时变迁 t_{start} 处开始并行执行,到瞬时变迁 t_{end} 同步后结束。其简化图如图 4-8 所示。假设有 n 个并联变迁的延时时间为 n 个相互独立的顺序统计量 X_1, X_2, \dots, X_n , 且分别服从参数为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 的指数分布函数,则可以推导出这 n 个变迁总的延时时间来对此模型进行性能分析。

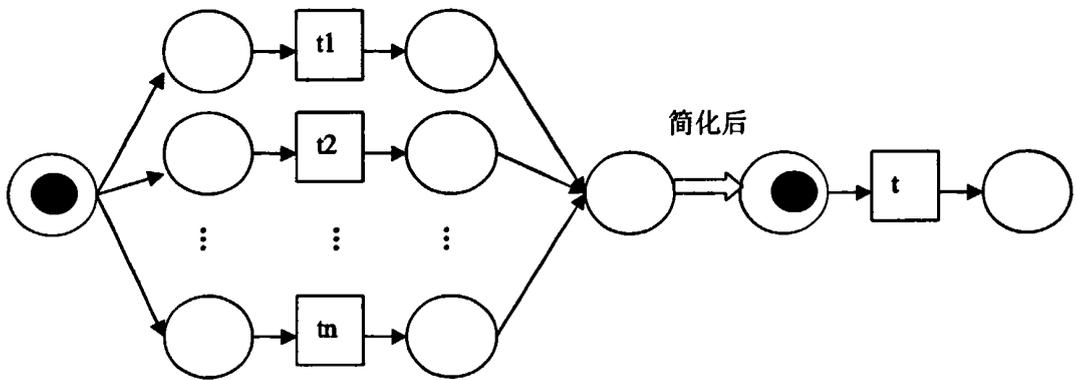


图 4-8 并联模型简化图

首先设 X_1, X_2, \dots, X_n 是 n 个独立的顺序统计量,其分布函数分别设为 $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$, 用 $F_r(t) (r=1, 2, \dots, n)$ 表示第 r 次统计量 $X(r)$ 的分布函数,则最大次的统计量的分布函数为 $P_1(t) P_2(t) \dots P_n(t)$ 。证明如下:

因为所求的是最大次的统计量的分布函数, 所以有

$$F_n(t) = \Pr \{X(n) \leq t\} = \Pr \{\text{所有的 } X_i \leq t\}$$

又因为 X_1, X_2, \dots, X_n 是 n 个独立的随机变量, 所以上式为 $P_1(t) P_2(t) \dots P_n(t)$ 。

然后因为 n 个相互独立的顺序统计量 X_1, X_2, \dots, X_n 分别服从参数为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 的指数分布函数, 即其分布函数分别为 $P_1(t) = 1 - e^{-\lambda_1 t}$, $P_2(t) = 1 - e^{-\lambda_2 t}$, $\dots, P_n(t) = 1 - e^{-\lambda_n t}$ 。设 n 个并联变迁组成的子系统

B 的性能等价延时为 y ，由 n 个变迁并联组成的系统总的延时的物理意义和最大次的统计量分布函数可知，该子系统 B 的分布函数为：

$$F_B(y) = F_X(n)(y) = \Pr(X(n) \leq y) = \Pr\{\text{所有的 } X_i \leq y\} = (1 - e^{-\lambda_1 y})(1 - e^{-\lambda_2 y}) \dots (1 - e^{-\lambda_n y})$$

其概率密度为：

$$f_B(y) = F'_B(y) = \sum_{i=1}^n \lambda_i e^{-\lambda_i y} - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (\lambda_i + \lambda_j) e^{-(\lambda_i + \lambda_j)y} + \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=i+1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^n (\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k) e^{-(\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k)y} + \dots + (-1)^{n-1} \sum_{i=1}^n (\lambda_i) e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i y}$$

则性能等价延迟的期望值为：

$$E(y) = \int_0^{\infty} y f_B(y) dy = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{1}{\lambda_i + \lambda_j} + \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=i+1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^n \frac{1}{\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k} + \dots + (-1)^{n-1} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

4.4 系统 workflow 模型的设计

在上面的两节中主要对公房管理系统中主要业务流程进行了关键的基于 Petri 网的工作流建模，解决了系统最主要的业务流程的建模设计，并且从数学量化的角度去分析评价关键模型的性能。不仅如此，在这个具体的系统中，我们还要建立整体的工作流模型来实现系统的业务流程。

4.4.1 分布式工作流简述

在前面第 3 章的工作流管理系统的分类中讲到协作工作流，也就是下面系统设计中所要用到的分布式工作流系统^[35]。从工作流技术所要解决的问题来看，它必然要以分布的形式出现。因为无论是从企业的信息环境、组织环境，还是与外界的协作环境来看，都具有明显的分布式特点：网络的延伸、系统的异构、人员的分散、供求关系的全球化等。在这样的环境下要完成不同应用系统的集

成、不同组织人员的协作并最终达到实现经营过程运作自动化与高效率，所采用的 workflow 系统必然要具有分布式的特点。

另一方面，就 CSCW 的技术层面来说，它也是应用于分布式计算机环境下面。workflow 技术的研究和应用是 CSCW 的重要的一个方面，也是基于分布式网络的扩展和企业业务流程重组技术。因此，可以得出这样结论：协同 workflow 系统实质上是分布式 workflow 系统。

同时为了支持分布式的复杂应用，需要进一步研究开发支持分布式复杂应用的工作流管理技术，这主要涉及以下几项关键技术^[36]：

(1) 支持分布式复杂应用的工作流的建模技术，包括 workflow 模型和定义语言。将针对复杂应用如 CMIS，采用弹性事物模型和工程模型相结合的方法，设计一种适合于分布式复杂应用 CMIS 工程应用的工作流模型。

(2) 支持分布式复杂应用的工作流管理系统体系结构。基于先进的分布式对象技术，如 CORBA、.NET 等良好的平台透明性和分布式透明性以及分布式对象操作能力研究适合于分布式复杂应用的工作流管理系统体系结构，实现一个高效的工作流管理系统。

(3) 基于分布式对象技术的工作流管理和执行技术。包括调度系统的实现、任务实现、相关数据传递的实现、workflow 执行状态监控等技术，最新分布对象技术提供了对象引用、启动和绑定机制。workflow 管理与执行机制需在此基础上完成作为对象任务的创建、调度、执行、提交或者取消，以此来保证 workflow 的正确性和可靠性。

(4) 分布式复杂应用中 workflow 并发执行技术。针对分布式复杂应用中多 workflow 并发执行特征，如，一个 workflow 可能运行数天、甚至数月，只有部分子流具有事务特性等，研究适合的并发控制技术，包括并发执行需求的确定技术和并发需求的保证技术。

从现在存在的工作流系统来看，可以对人们日常工作提供一定的帮助，但是又具有很大的局限性，主要是：它们目前仅仅可以对简单的，静态的流程进行建模，而对复杂、动态的流程却很难适应。详细地说，它们有以下不足之处^{[37][38]}。

(1) 模型内容有限，不能够满足流程多样性的要求。业务流程是一个复杂的离散系统，它可能是自动的，也可能是半自动的；既可能是事务型的，也可能是非事务型的。流程涉及的内容多样，包括人员、资源、数据和各种应用系

统等等。当前的 workflow 系统很难处理这样的复杂情况。

(2) 柔性差, 目前的工作流系统模型很难被扩展, 这表现在两个方面:

第一, 流程的定义缺乏可变性。许多模型都是通过穷举法来规定活动间的控制依赖 (Control Dependency) 类型和数据依赖 (Data Dependency) 类型, 而现实中, 模型的实现是千变万化的, 很难穷举所有的依赖类型, 且多数模型缺乏扩展依赖类型的机制, 因而柔性较差。

第二, 流程的执行缺乏柔性, 因为流程定义和执行两个阶段是相互分离的, 工作流系统模型往往要求用户在流程执行前指定所有的流程信息, 然后在流程实例化后就一成不变的执行流程, 所以模型往往缺乏适应动态变化的能力, 如依赖关系的变化、活动的增、删、改等等。

(3) 模型缺乏对分布式环境的支持。分布式应用环境是随着网络的发展被提高到了一个新的高度, 不能适应分布式技术的要求的技术, 必将遭到市场的淘汰。企业级的业务流程包括许多在地理上分布的离散执行单元, 它是一个大小可变的分布式系统, 而现在的工作流模型恰恰缺乏对流程分布这一特点的支持。

针对以上 workflow 技术研究存在的问题, 结合具体的系统设计的要求, 我们采用了分布式 workflow 技术来进行系统整体的 workflow 建模。

4.4.2 系统的工作流模型设计

(1) 模型总体的结构设计

从前面我们可以知道, 现在大多数 workflow 系统都采用的是基于 Petri 网和分布式结构。基于 Petri 网的工作流建模实现了关键业务流程; 在分布式结构中, 任务的具体执行是由分布的节点完成的。各个组成节点地位平等, 能自主进行本节点上的任务执行调度。整个流程的完成, 是由各个节点间通过数据和控制联络共同完成的。这种结构比较好的适应了 workflow 建模的要求, 因此构建整体的 workflow 模型采用分布式结构。

(2) 模型整体设计和简述

整个系统的模型结构分为定义部分和运行部分。其中定义部分完成对具体业务流程的描述, 而运行部分则负责实际的流程执行过程。系统的整体模型如图 4-9 所示。

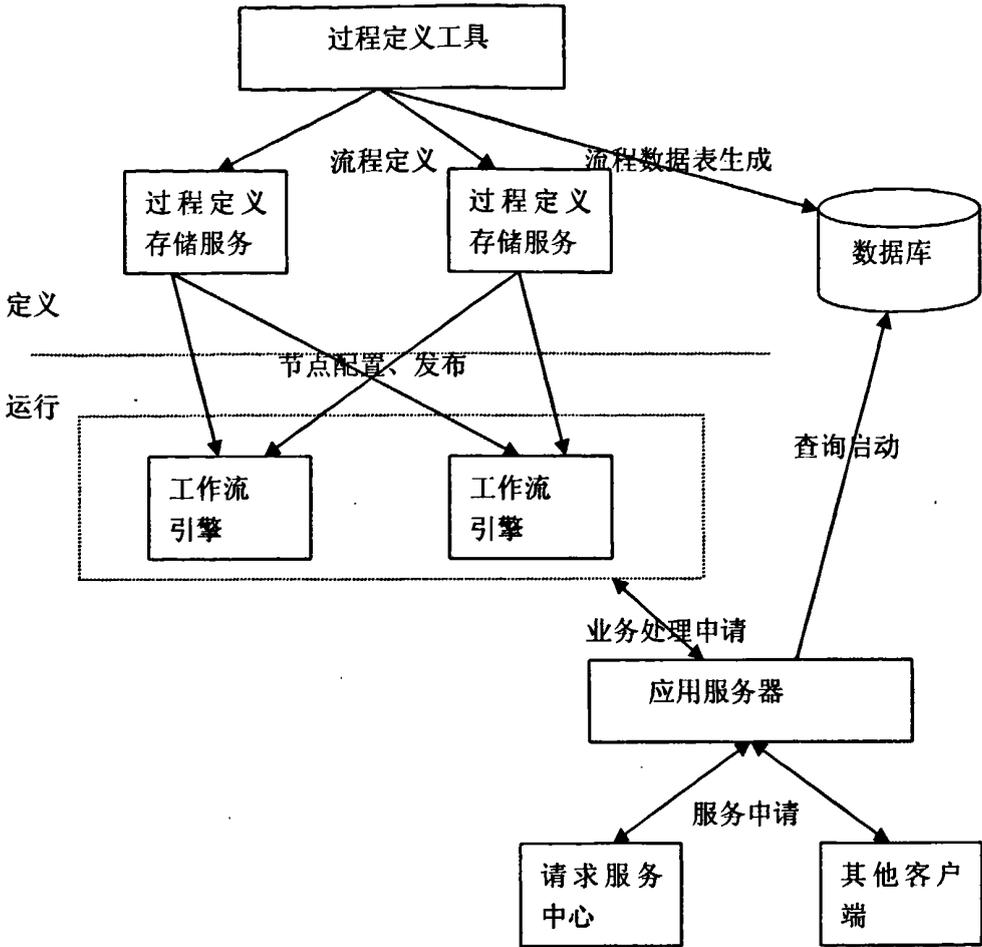


图 4-9 系统整体的模型结构图

在定义部分中，一个业务流程是由被定义成一系列被称为活动的逻辑步骤组成，每个活动表示业务流程的一个执行阶段。活动之间依据他们对整个业务流程的实现的作用而有机的联系在一起。这里的活动主要指工作人员参与的各部门的业务处理过程，我们把每个部门的每个独立业务系统的业务处理看成一个活动。运行部分则主要负责解释定义的流程，按照流程定义的活动执行顺序和执行路径分别完成各个流程步骤的执行。工作流引擎负责在活动之间传递控制，来确定过程的执行状态，传递适当的数据，调用相应的应用服务完成业务流程的处理。

系统主要面向三种类型的用户：应用程序员、系统管理员和服务对象。应用程序员主要负责对业务流程建模(即使用过程定义工具将实际的业务流程描述

为计算机可识别的过程定义), 并根据需要生成所需调用的服务的目标描述, 以便查找并调用相应服务来完成当前活动, 同时生成该业务流程办理所需的资料表和任务表。系统管理员负责共享数据库的维护和监控整个业务流程系统的运行, 在出现故障时给予相应的人工干预。服务对象, 即服务请求者, 主要是面向的企业和个人, 他们负责创建并启动业务流程实例, 是业务流程的最终服务对象和应用系统的使用者。

从用户的角度可以这样描述系统: 在定义部分中, 应用程序员使用过程定义工具对业务流程进行建模, 得到计算机可识别的过程定义和相关数据库表, 再将过程定义提交到过程定义存储服务中。在运行部分中, 服务请求对象可以启动一个流程实例的运行。启动引擎(可以是相应的应用服务器)会从流程定义存储服务中得到流程定义, 并将定义发布到所有参与引擎上, 由各个引擎共同完成流程的执行, 并将流程的最终处理结果以所需要的方式返回给用户。管理员可以利用管理监控工具对工作流的运行状态进行调整。 workflow 执行服务不光可以作为一个独立模块, 也可以作为一个流程服务组件, 提供相应服务形式的对外接口。

(3) 模型的定义部分

定义部分包含 workflow 模型、 workflow 定义工具、过程定义存储服务和数据库表生成四个部分。

workflow 模型包括两类: 元模型和具体模型。元模型提供了 workflow 语言的基础, 它负责提供一个供具体建模所参考的框架, 并给出各种建模要素并阐明其间的关系。具体模型则是根据元模型定义的框架, 刻画出具体的业务流程。可见一个 workflow 系统只能有一个元模型, 可以有若干根据元模型生成的具体模型, 元模型和具体模型的关系类似于程序设计语言与程序的关系。

workflow 定义工具则主要包含一系列的工具, 用来根据具体的业务过程, 创建一个计算机可以处理的形式描述。它可以细分为: workflow 定义工具、任务定义工具等。 workflow 定义工具主要用来刻画独立于具体活动细节的 workflow, 包括 workflow 的任务依赖关系和控制任务执行过程。而任务定义工具则涉及跟具体活动调用相关的细节。 workflow 设计工具可以作为 workflow 产品的一部分, 也可以由第三方提供。

过程定义存储服务则是为具体模型提供存储空间。出于对流程易变性、系统管理性等方面的考虑, workflow 模型的流程定义并不直接发布到具体的执行节

点，而是由过程定义存储服务统一进行存储管理。具体的 workflow 执行节点只跟涉及流程定义所在的过程定义存储服务交互，系统完全可以根据规模和负载情况，灵活分配 workflow 存储服务的个数。

数据库表主要定义了实现该流程时都需要的那些资料数据，和定义了用户申请 workflow 的信息表示，主要用来和请求服务用户之间的交互使用。

(4) 模型的运行部分

运行部分主要负责解释过程定义、控制 workflow 的实例化、调度过程中的各个活动步骤、调用适当的服务资源等，它的核心组件是基本的工作流管理控制软件(工作流引擎)，负责过程控制、删除、活动调度以及和各种应用系统的交互，它通常分布在地理上分散的一些服务器上。

由于各个部门业务系统的地域限制和网络办公的需要，运行部分采用分布式结构。在此系统中，所有节点地位平等，结构完全相同。每个节点在运行时都维护与本节点有关的过程配置信息。在运行时，每个节点负责根据节点上的存储的流程定义信息，完成活动实例的创建、执行工作，并同其它执行节点交换过程实例的数据和控制信息，共同完成整个流程的执行。每个节点的结构如图 4-10 所示。

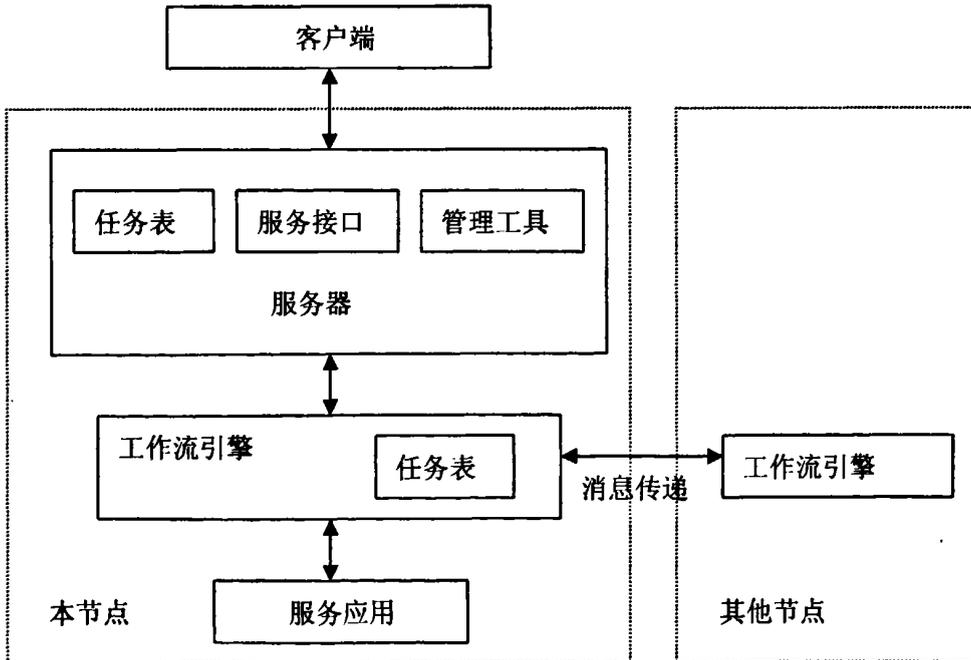


图 4-10 结点结构图

由图可知每个节点主要由 workflow 引擎和引擎对外提供的一系列接口组成。

引擎是节点的核心，主要负责完成流程实例管理和控制，活动调度，以及提供管理监控服务等功能。

引擎对外提供一系列接口与外界进行交互。系统管理员通过基于服务器的管理工具，对引擎提供管理监控功能。如流程不能继续，则通过调用方式通知应用服务器，给出事故原因，同时修改数据库中流程实例任务的状态，并挂起该流程。异构的工作流客户应用，则可通过引擎提供的应用服务接口，调用 workflow 引擎的各类功能，将 workflow 系统功能集成到其它应用中^[27]。

(5) 整体模型的运行流程

整体 workflow 系统流程，需要经历以下三个步骤：定义、发布和运行。

① 定义

在定义部分中，应用程序员对业务进行分析，开发设计出业务过程各个步骤对应的活动。活动被定义为一个服务，这个服务可以通过新开发得到，也可以通过原有应用进行相应的服务包装得到。随后，应用程序员需要使用过程定义工具对业务流程进行建模，得到计算机可识别的过程定义。

② 发布

定义完成的工作流程，需要发布到过程定义存储服务中。过程定义存储服务负责维护流程版本、并在引擎请求时将流程定义传送给 workflow 引擎。

③ 运行

i. 过程配置准备

当引擎收到客户发出的流程启动请求后，会检查本地是否存在所请求的流程的定义。如果存在，则会向过程定义存储服务发出请求，得到过程定义。得到过程定义以后，启动引擎会根据流程定义中的配置信息，将该过程定义分解成为一个个节点的配置信息，并将这些节点配置信息通过消息平台发布到参与的工作流引擎中。参与的工作流引擎得到过程配置信息后，将其存放于本地的局部过程定义存储表中。

ii. 过程实例初始化

启动引擎在发布完配置信息后，会根据过程定义，向第一个活动所在引擎发送数据信息(当前过程的启动参数)和控制消息(过程实例启动命令)，启动整个流程。当引擎收到过程实例控制信息后，会检查本地实例信息表中该活动实例是否已被创建，如果没有，则创建该实例，等待被调度执行。

iii.过程实例运行

当引擎接收到某过程实例传递过来的控制消息后，得到该控制信息指向的目标活动。判断该目标活动的启动条件是否满足。如果启动条件满足，则会生成活动实例并将该活动实例状态标记为就绪状态，加入当前引擎的等待服务任务列表末尾，等候运行；否则继续等待活动实例消息。

iv.活动实例运行

处于引擎等待服务任务列表开头的就绪状态的活动被引擎调度执行，会首先进入执行状态，活动实例标记为运行状态，加入运行任务列表。然后根据活动定义，调用具体的活动执行模块，完成活动的执行。这里主要是指对提供的相应服务进行服务查询、服务绑定和服务调用等工作。当一个活动执行完成后，首先将状态标记为已完成，同时修改数据库中有关该流程的运行信息，然后向后续节点所在引擎发送数据和控制消息，得到应答后，删除该活动实例。

v.过程实例结束

当执行到 End 节点，或者执行过程被中止时，过程实例运行结束，然后首先进行日志记录，修改数据库中该实例任务表状态信息和中止信息，而后向所有其它参与引擎发出实例结束消息。最后通过应用服务器把结果反馈给用户^[27]。

4.5 本章小结

workflow模型的设计是实现 workflow技术的重要环节，基于 Petri 网的 workflow建模是当前流行的 workflow建模技术。本章在介绍了 workflow原语向 Petri 网模型转变的基础上，结合具体的系统业务流程提出了符合实际要求的基于 Petri 网的关键流程模型，也从数学量化的角度分析了基于 Petri 网的 workflow模型的具体性能等价，说明了这个技术的优点；而且结合了 Petri 网模型和分布式 workflow模型的特点，创造性地提出了一个整体的系统 workflow模型及其运行流程。为下一章的具体应用提供了模型基础。

第5章 基于 workflow 技术的房产管理系统的实现

5.1 系统概述

随着信息技术与网络技术的发展和普及, 政府部门的电子政务就应运而生了。政府机构应用现代信息和通信技术, 将管理和服务通过网络技术进行集成, 在互联网上实现政府组织结构和 workflows 的优化重组, 超越时间和空间及部门之间的分隔限制, 向社会提供优质和全方位的、规范而透明的、符合国际水准的管理和服务。此荆州市解放房管所公房管理系统就是一个典型的应用实例。

荆州市解放房管所隶属于荆州市房产管理局, 是具有独立法人资格的事业单位。代表政府管理辖区(沙市区新沙路及其延长线以西)内的国有直管公房, 负责国有直管公房的产权产籍管理、租赁经营、维修养护及安全管理, 参与旧城区的危房改造。近年来还承办国有直管公房按房改政策向承租户出售, 承担的公房管理工作较为繁重。

荆州市解放房管所作为荆州市房产局的下属单位, 担负着管辖区域的公房管理职能, 也是国务院提出的各项公房和廉租房制度执行的最基层单位, 关系到广大市民的切身利益, 关系到国家政策法规的顺利实施, 也关系到政府部门对国家政策的执行力; 而且荆州市解放房管所作为荆州市四个房管所中实行电子政务的试点单位, 如果能顺利实施电子政务办公将对整个荆州市公房管理产生重大意义。所以荆州市房产局解放房管所电子政务的实施, 将对现有工作产生如下改变:

- (1) 政务公开。政务文件、办事流程公开, 办事过程公开。
- (2) 将以前的工作彻底信息化, 提高办事效率。
- (3) 深入贯彻政府的公房和廉租房制度, 惠及最广大的市民百姓, 树立政府部门形象。
- (4) 内部办公自动化, 电子化和网络化。部门内部和部门之间实现管理现代化, 降低管理成本和规范管理行为。

5.2 系统需求分析

荆州市解放房管所的办公自动化进程起步较晚，一方面目前的办公还停留在计算器和 MS Office 系统应用软件来提高个人办公效率上，没有从根本上改变以前复杂、低效的办公方式；另一方面，由于荆州市解放房管所是一个历史悠久的管理机构，管理政策在这个时期经过了很长时期的变动，而且居民收入水平的限制，很多出租户有不同情况的转租过户和历史欠租等遗留问题，所以办公方式远没有实现规范化和制度化。因此，房管所建立电子政务系统就是要使办公方式规范化和制度化。即机构办公基于 workflow，完全采用计算机技术处理办公业务，使房管所内部人员能够方便快捷地共享、交流信息，高效地协同工作，既兼顾个人办公效率的提高，又可以实现群体协同工作；同时又能实现迅速、全方位的信息采集、信息处理，为房管所的管理和政策执行提供有效的保障；从而提高效率，增强机构的执行力，使房管所的业务能够圆满顺利的完成。

此基于 workflow 技术的管理系统要求功能应比较完善，需要完成公房管理、公房出租、公房维修、公房出售、用户缴租、统计报表和系统设置等功能；另外需要系统运行稳定、可靠，并且系统的功能模块应该易修改、易扩充，便于以后发展，因此，在系统界面友好性、系统稳定性、数据传输安全性上都有一定的要求，概况来说应达到以下要求：

- (1) 系统的设计应符合日常办公运作的需求，功能完备实用，简单易学，界面友好清晰，方便用户使用。
- (2) 系统应具有较好的可扩展性，简单易维护，易于扩充升级，在应用需求变化时，能容易地加以调整和修改。
- (3) 系统应具有安全高效的通信机制，防止信息泄密和对保密信息的非法侵入。数据处理与传输系统应能保证数据传输过程的安全、用户权限的合理控制、数据交互的安全。
- (4) 稳定性好，在出现错误或冗余数据能及时修复，数据库可以及时备份。

5.3 系统总体设计

5.3.1 系统的设计原则

- (1) 整体性保障原则

系统的开发采用“总体规划、分步实施”的开发策略，即在开发之初，先进行总体的规划(即总体分析和总体设计)，然后在总体规划的指导与约束下分步开发。

(2) 实用性原则

实用性是衡量软件质量最重要的指标，是否与业务结合的紧密，是否具有严格的业务针对性，是系统成败的关键因素，因此，系统开发之初的系统需求分析尤为重要，需求分析结果直接影响到系统的开发结果。

(3) 人性化的界面设计原则

人性化的界面设计，使一般用户无需培训即可使用。强大的在线提醒功能，随时让用户清楚当前待办事宜，快捷、及时、准确。

(4) 模块化设计原则

办公自动化系统是根据业务的需求动态变化的，系统必须具有很好的灵活性。新系统采用模块化的设计模式，使功能结构具有良好的伸缩性，可根据实际情况扩展模块。

(5) 角色控制原则

办公自动化系统针对的用户是企业的全体员工，必须对所有用户的角色进行控制，在此基础上对权限进行细分，进行可靠管理^[25]。

5.3.2 系统的设计模式

本系统的设计开发遵从MVC(Model—View—Controller)设计模式^[39]。MVC模式源于Smalltalk—80语言，属于结构型设计模式。早期它主要应用于设计用户界面，后来随着软件设计模式的出现和面向对象技术的成熟，MVC模式也趋于完善，并成为一种典型的面向对象设计模式，它所应用的范围也不再局限于设计用户界面上。

在MVC设计模式中，应用程序被抽象为Model(模型)、View(视图)、Controller(控制器)三个功能截然不同的部分，三者既分工又合作地完成用户提交的每项任务^[40]，三者间的关系如图5-1所示。

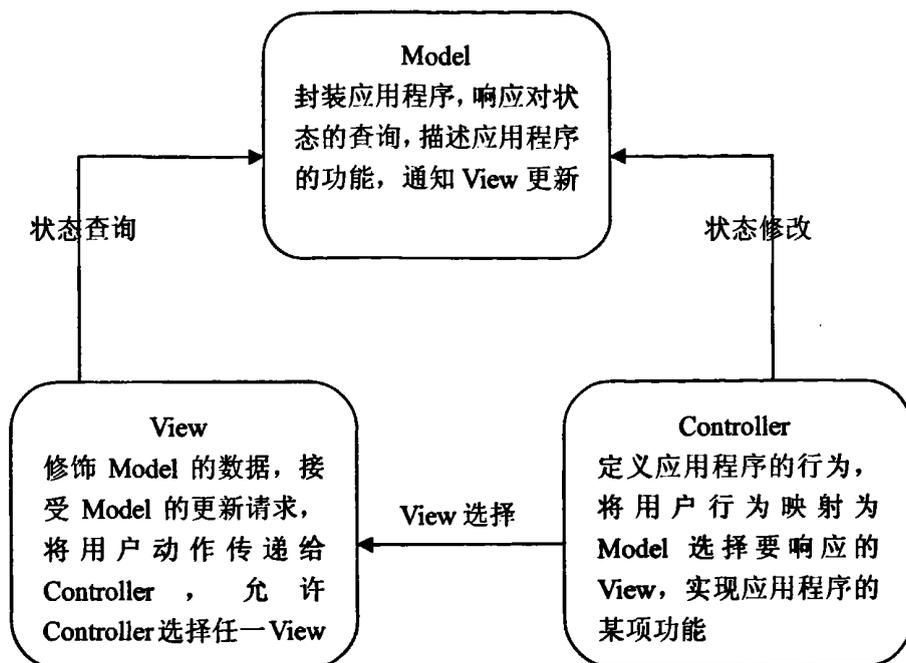


图 5-1 MVC 设计模式关系图

Model 代表了程序使用的数据和对数据进行处理的功能，它表达了程序所使用的数据和生成数据的运行状态；

View 是程序的界面，它可以从 Model 中获得数据并以一定的格式显示给用户，当 Model 变化时，View 负责将这些变化反映到界面中让用户看到。同时，View 可以接收到用户的动作并传递到 Controller；

Controller 定义了整个程序的运行逻辑，它可以负责控制 View 和 Model 的变化，确切的讲，Controller 将在 View 中采集的用户动作转换为程序中的操作，这些操作由 Model 执行从而更新其状态。同时，Controller 根据用户动作和 Model 的变化决定下一步显示的界面^[41]。

5.3.3 系统 workflow 模型结构

荆州市解放房管所管理系统涉及所内全部科室和所长办公室，使用了房管所的内部网，并与市房管局的网站连接，硬件条件已经基本实现。分析所内的业务流程，我们发现这些业务处理之间存在着很大的异构性，如何把这些各自分散的、独立的异构业务有机的结合起来、协同完成任务而且又不相互影响属

于自己的业务成为房管所管理系统关键要解决的问题。经过详细的需求分析和实地调研后，重新整合梳理了业务流程，结合前面第四章介绍基于 Petri 网的分布式 workflow 模型，我们得到如图 5-2 所示的系统总体模型结构图。

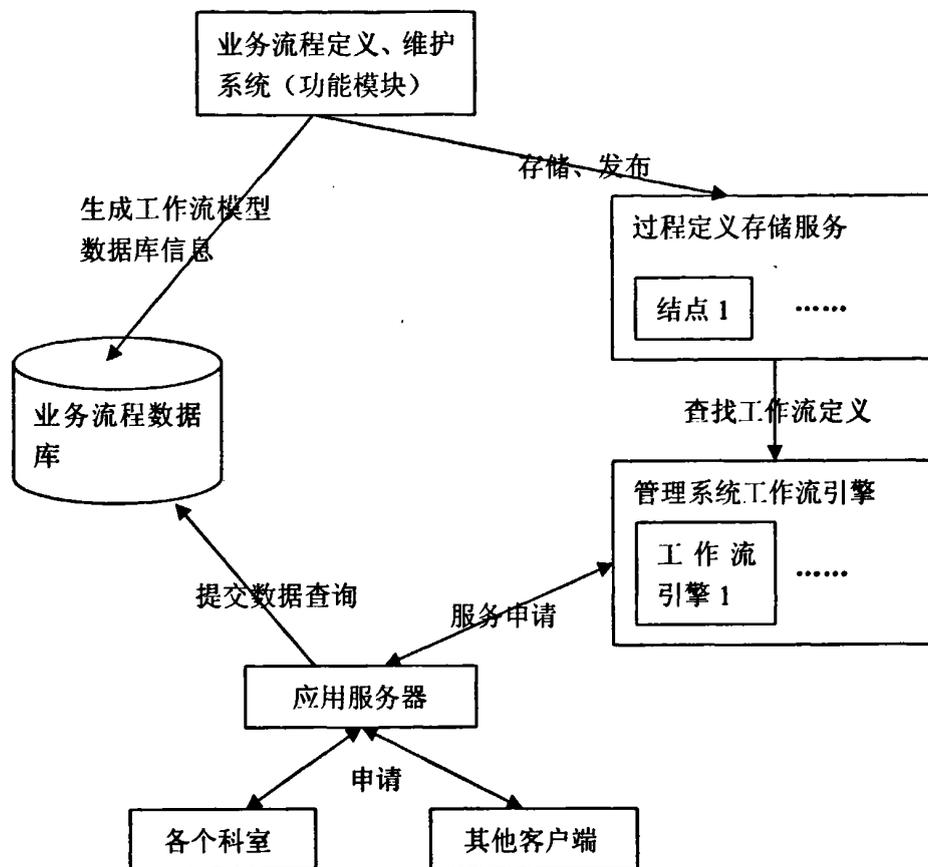


图 5-2 房产管理系统总体模型结构图

本系统围绕 workflow 这个核心来构建湖北省荆州市解放房管所公房管理系统模型结构。首先应用程序员利用“业务流程定义、维护系统”结合日常业务流程的处理要求，定义各个业务流程的模型，然后存储和发布于过程定义存储服务中，便于 workflow 引擎的访问和查询。同时各个部门和科室的业务处理包装成流程服务，完成到管理系统中。其中业务流程定义实现了控制层 Controller 对模型 Model（业务流程数据库和 workflow 引擎）的控制，而应用系统实现了视图 View 的功能，给用户提供了一个方便、友好的操作界面。根据上一章提出的系统模型，此公房管理系统的工作流程如下：

(1) 各个部门和部门提交业务流程服务申请, 系统产生任务队列等待处理。

(2) 应用服务器检查业务流程数据库, 根据流程定义要求, 查看流程所需的资料是否提交完全。如不完全, 则把任务从任务队列删除, 提醒用户补交; 否则向 workflow 引擎发出申请, 启动流程服务。

(3) workflow 引擎收到业务服务申请后, 查看 workflow 定义, 完成流程实例初始化, 同时向相关节点发出信息, 启动业务流程。

(4) 各个业务系统, 根据调用活动节点信息, 到业务流程数据库提取相关数据或者业务流程定义中提取相关业务流程处理, 进行业务处理, 并返回结果。

(5) 调用节点根据返回的结果, 以及流程的定义来控制流程的下一步动作。

(6) 各个节点根据流程的定义顺序执行, 待处理完成后, 最终返回用户处理结果。

5.4 系统功能实现

5.4.1 系统功能模块概述

系统的功能模块是反映系统的功能的关键分析, 是直接映射到客户端上的功能体现。客户端是用户直接面对和操作的软件界面, 所以有效的系统模块分析是一个系统成功的重要环节。结合荆州市解放房管所的实际, 公房管理系统的功能模块主要由如图 5-3 所示的系统设置、业务处理和统计报表三大模块组成。其中每个功能模块下包括若干的子模块。

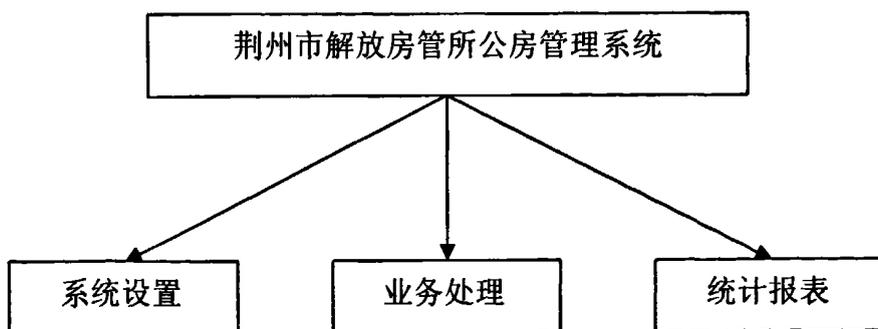


图 5-3 系统功能模块图

(1) 系统设置模块主要是系统操作员完成的基本功能模块组成，包括客户端到服务器的数据库的连接配置，设定系统的操作员用户名、密码和权限，设定涉及房屋资料的系统参数和数据库的备份及恢复等。如图 5-4 所示。

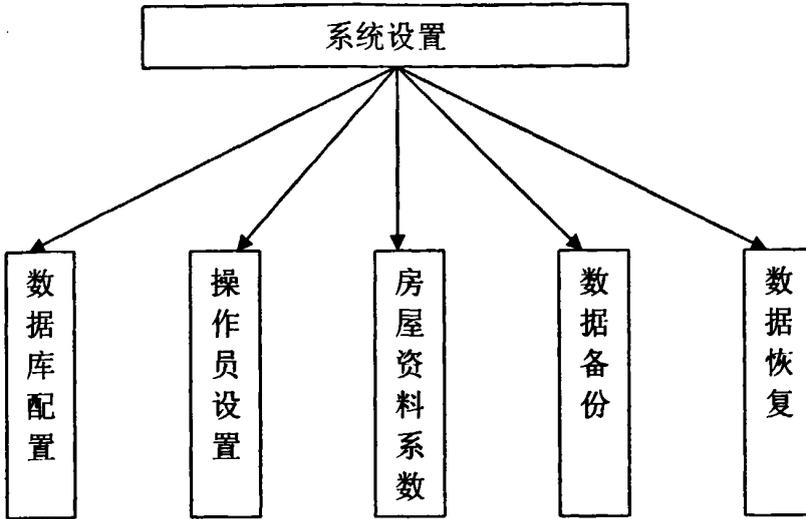


图 5-4 系统设置模块图

在系统设置模块中，主要涉及操作员的设置、数据库的操作和房屋资料系数的设置，所以在这个模块中，数据库的设计主要包括操作员表和各类房屋资料的系数表。操作员表包括了操作员的用户名、密码和权限，如表 5-1 所示；房屋资料系统表包括了地段差价调节表、房屋结构租金调节表、增租金调节表、减租金调节表和楼层差价调节表等，它们是由项目名称、调节系数和起始有效日期组成，在此只列出地段差价调节表如表 5-2 所示，其它不一一赘述。

表 5-1 操作员表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	用户名	字符型	20	
2	密码	字符型	20	
3	权限	字符型	20	

表 5-2 地段差价调节系数表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	编号	字符型	10	主键
2	项目名称	字符型	20	
3	系数	数值型	8	百分比调节
4	起始有效日期	日期型	8	

(2) 业务处理模块是系统的核心模块，主要由房管所各个科室和部门的业务流程分析得到的实现所内业务的功能模块组成，它是面向所内的各个科室和部门的操作员，是整个系统最重要的部分，包括产籍管理模块（房屋信息管理和栋信息管理），经租模块（入住信息管理、过户信息管理和缴费管理等），出售模块和维修模块等组成。如图 5-5 所示。其中经租模块又是业务处理模块中最关键的部分，它处理了住户从申请入住，审批，资料的登记录入，住房证书和交费卡的发放到缴费以及财务统计等全部业务，如果某些住户要退租和过户，同样也是在这个模块中完成的，特别指出由于实际需要，在缴费中由于历史上的遗留问题，很多用户都有不同程度的欠费情况，在实现所内的自动化信息管理后，新的缴费必须从清理欠租开始，而不能跳过以前的欠租直接进行当月的缴费。

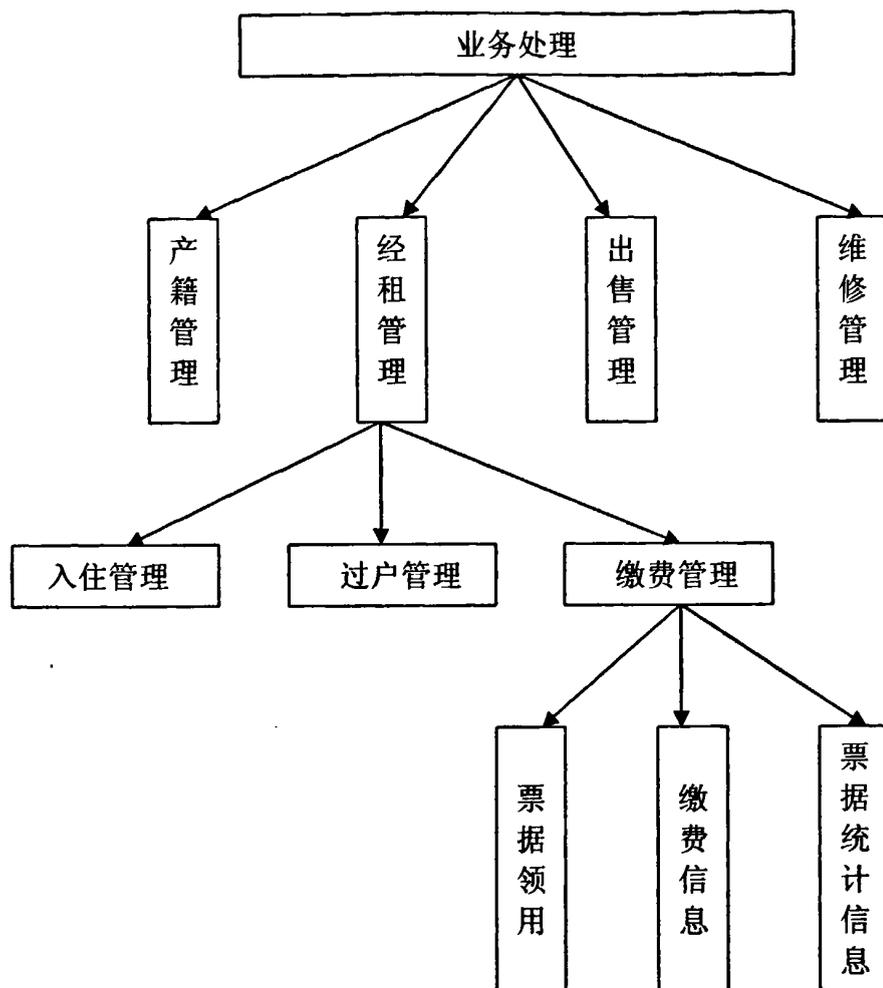


图 5-5 业务处理模块图

业务处理功能模块是本系统最核心的模块，它所涉及的业务基本涵盖了所内的所有业务，在数据库表的设计中同样根据以上的分析从四个方面来进行。

①产籍管理模块。产籍管理是对所内管辖的楼房按照栋来录入资料信息，其中包括栋所涉及所有可以标识楼房的基本资料，栋信息如表 5-3 所示。然后平房和栋内的房间按照统一的要求录入房间信息，这个是按照每套房间的信息来录入的，套信息表如表 5-4 所示，以此来对申请出租的用户进行审批或者及时对有关房屋进行必要的修葺等。

表 5-3 栋信息表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	编号	字符型	10	
2	房屋坐落	字符型	30	房屋地点
3	房管员	字符型	20	
4	居委会	字符型	20	
5	成新	字符型	20	房屋新旧程度
6	产别	字符型	20	国有或直管
7	总层数	整型	4	
8	总套数	整型	4	
9	房屋结构	字符型	10	
10	竣工日期	日期型	8	
11	占地面积	数值型	8	
12	居住面积	数值型	8	
13	辅助面积	数值型	8	
14	分摊面积	数值型	8	
15	平面图	字符型	70	

表 5-4 套信息表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	户号	字符型	20	
2	栋编号	字符型	20	所属栋编号
3	承租人照片	字符型	70	
4	朝向	字符型	20	
5	房屋用途	字符型	20	居住或商用
6	房屋来源	字符型	20	续租或转租
7	租赁保证金	数值型	8	
8	起租日期	日期型	8	
9	止租日期	日期型	8	
10	合同号	字符型	20	
11	是否成套	字符型	20	

②经租管理模块。经租管理模块是业务处理模块中最重要的部分，主要有入住管理，包括所入住的承租人的信息和所租房间的计租信息，这二个信息表记录了承租人的信息和相关的房间的租金标准信息，如表 5-5 和 5-6 所示：

表 5-5 承租人信息表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	户号	字符型	20	对应套编号
2	姓名	字符型	20	
3	性别	字符型	20	
4	与户主关系	字符型	20	
5	身份证号	字符型	20	
6	工作单位	字符型	50	
7	联系电话	字符型	20	
8	备注	字符型	70	

表 5-6 计租管理表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	户号	字符型	20	
2	栋号	字符型	20	
3	层次	整型	8	
4	居住面积	数值型	8	
5	使用面积	数值型	8	
6	计租面积	数值型	8	
7	基本月租金	数值型	8	
8	增项租金	数值型	8	
9	减项租金	数值型	8	
10	核定月租金	数值型	8	

缴费信息管理主要记录了承租人的缴费信息，由于业务要求承租人必须按照月份次序来交纳相应的租金，所以必须记录所缴纳租金的月份，以便于随时检查欠租情况；另外从财务科的角度看，还需要记录相应的发票所对应的租金

的数目和缴纳人，所以缴费信息表和缴费票据信息表（如表 5-7 和表 5-8 所示）的设计是这个子模块中最重要的，其他表的设计在此不一一赘述。

表 5-7 缴费信息表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	户号	字符型	20	
2	减免比例	数值型	8	
3	减免月租金	数值型	8	
4	减免期限	日期型	8	
5	实收月租金	数值型	8	
6	滞纳金	数值型	8	按照计算公式计算得出
7	年份	整型	4	缴费年份
8	月份	整型	4	缴费月份
9	金额	数值型	8	

表 5-8 缴费票据信息表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	票据号	字符型	20	
2	户号	字符型	20	
3	历年欠租	数值型	8	
4	本年欠租	数值型	8	
5	当月月租	数值型	8	
6	预收月租	数值型	8	
7	缴费日期	日期型	8	
8	备注	字符型	50	

过户管理主要涉及房屋出租的变更中转让方和受让方的基本信息，在业务流程处理中得到审批之后，以便在承租人信息表和计租信息表中及时更新。这个表的涉及如表 5-9 所示。

表 5-9 变更信息表

序号	项目	数据类型	长度	说明
1	户号	字符型	20	
2	档案号	字符型	20	
3	受让方	字符型	20	
4	转让方	字符型	20	
5	转让日期	日期型	8	
6	转让原因	字符型	40	
7	是否审核	字符型	10	
8	是否变更	字符型	10	
9	备注	字符型	70	

③出售管理主要记录出售房屋的记录、出售人的信息等；维修信息主要记录维修登记、维修情况反馈等。其中数据库表的设计和以上几个类似，在此不一一赘述。

(3) 统计报表模块主要是由每月、每季度和每年的所内的报表功能组成。包括房产资料的统计，租金（欠租、当月租金和预收租金）的统计、维修信息的统计和住户的一些其他必要的信息统计等。如图 5-6 所示。

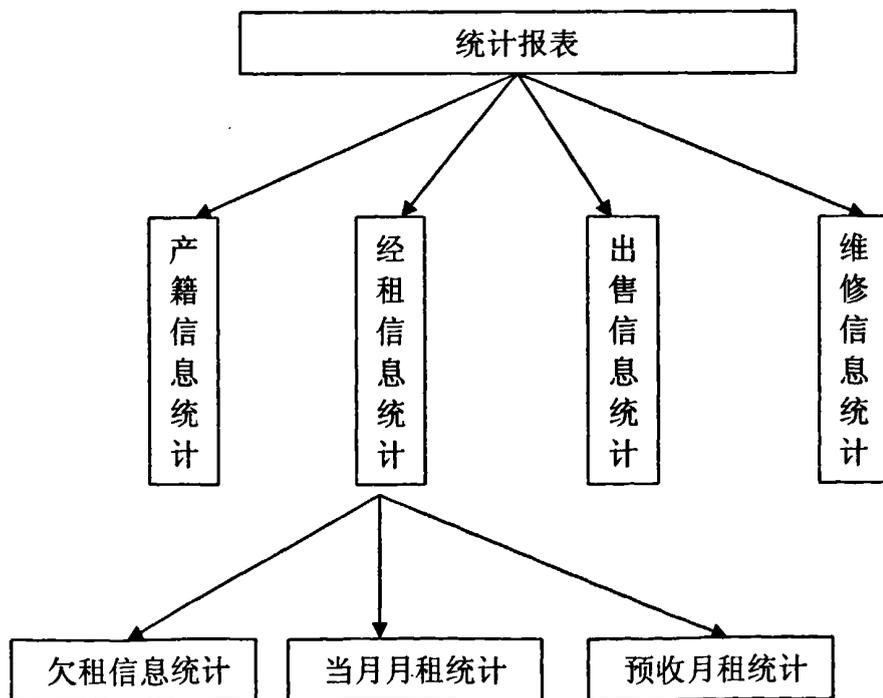


图 5-6 统计报表模块图

5.4.2 系统功能模块实现

在上一小节中，我们详细的分析了该系统所要实现的功能模块，可以看出这个系统是一个涉及房管所内部所有业务的庞大系统，在这一节关于系统功能模块的实现中，我们只详细介绍在第四章中基于 Petri 网建模的关键业务流程即住户申请入住、住户缴费和住户申请过户三个功能模块的实现。

①住户申请入住模块。住户申请入住模块主要涉及到房管所内房管科和所长的业务流程，也是涉及到基于 Petri 网的因果模型的业务流程。每个想要入住的住户首先要到房管科提出申请，此时房管科将要从房屋档案和房屋套信息中查询相关的可以入住的房屋。关于房屋档案和房屋套信息，可以根据实际情况经过房管科科长审批，房管员可随时添加、修改和删除相关的信息。在房管科查询得到相应的房屋后，房管科需要向所长提出申请，经过所长审批，房管员在房屋套信息中添加关于住户入住的信息和住户家庭等详细信息。另外根据实际项目要求，由于不同地段不同结构的房屋有不同的价格系数，系统在此模块还要实现房屋基本房租的自动计算等。此模块的功能实现如图 5-7，图 5-8 所示。

【房屋档案信息编辑】					
房屋座落					
户号		承租人		生效日期	2008- 3-14 ▾
幢号		房号		房屋结构	
层数		层次		居委会	
居住面积		卫生间		厨房面积	
外阳台		内阳台		封闭阳台	
储藏室		壁柜		辅助面积	
结构基价		地段系数		楼层系数	
基本月租金		使用面积		计租面积	
增项租金		减项租金		核定月租金	

图 5-7 房屋档案信息图示

房屋座落				打开照片
居委会				
户号	承租人 (编辑其他)			
层次	管理状态			
房屋用途	来源			
租赁保证金	0 元/m ²	合计	0.0 元	租赁状态
租赁期限	2008-3-14	---	2008-3-14	发证日期
产别		合同号		是/否成套
使用面积	居住面积	0	计租面积	
	辅助面积	0	辅助面积详情	
承租人信息				

图 5-8 房屋套信息图示

在此功能实现中，房管员把住户的信息逐一填入，然后点击“增加”，系统会将此信息写入业务流程数据库并处于待审核状态。当负责审核的所长登陆系统到此操作界面时，工作流引擎会启动定义的相关业务流程自动从业务流程数据库中查询相关需要审核的住户信息发给所长审核，所长在审核后可以点击“保存”即可完成审核，一个完整的工作流业务流程结束。如果审核不通过，所长可以直接删除此信息同时完成此工作流业务流程。

②住户缴费在此系统中一共涉及三个主要的业务流程。首先房管所由专门负责收费单据的房管员负责定期到荆州市房产局领取发票，而且要详细记录每年每批次的领取情况，另外在记录每批次的发票时还要记录发票号的起始和终止。当房管所从市房管局领取发票后，负责收费的房管员需要从房管科领取发票，但是前提是在房管员手上的加上将要领取的发票必须少于 100 张，因为这样可以及时要求房管员把收取的钱和对应的发票交回房管科，以防止发生意外。功能实现如图 5-9 所示。

票据领用

房管所领用记录

年度： 2008 批次： 数量： 本

流水始号： 止号：

确定 退出

房管所领用记录

房管员领用记录

房管员： gao

上次未核销： 0 张

本次领用： 本 流水始号： 止号： 值班票据：

确定 退出

房管员领用记录

图 5-9 票据领用图示

然后是实现住户的房屋租金缴纳。当住户来缴费时，房管员根据住户的缴费卡查询业务数据库中住户的以往缴费信息，如果有欠租则所缴费用首先要支付以往的欠租，因此必须有一个提示。如果没有欠租或者住户想预付费用时，根据系统的具体要求在缴费的时候必须按年按月逐月缴费，而不允许跳过任何一个月份去缴纳下一月份的租金，因此这个功能的时候是设计了 12 个月份的选择框来实现的。另外还有一部分人享有减免租金的政策，系统也必须对减免租金做出自动计算。最后需要有一个统计，来统计此次缴租都是用于支付何类费用，比如历年欠租、当月月租等。功能实现如图 5-10 所示。

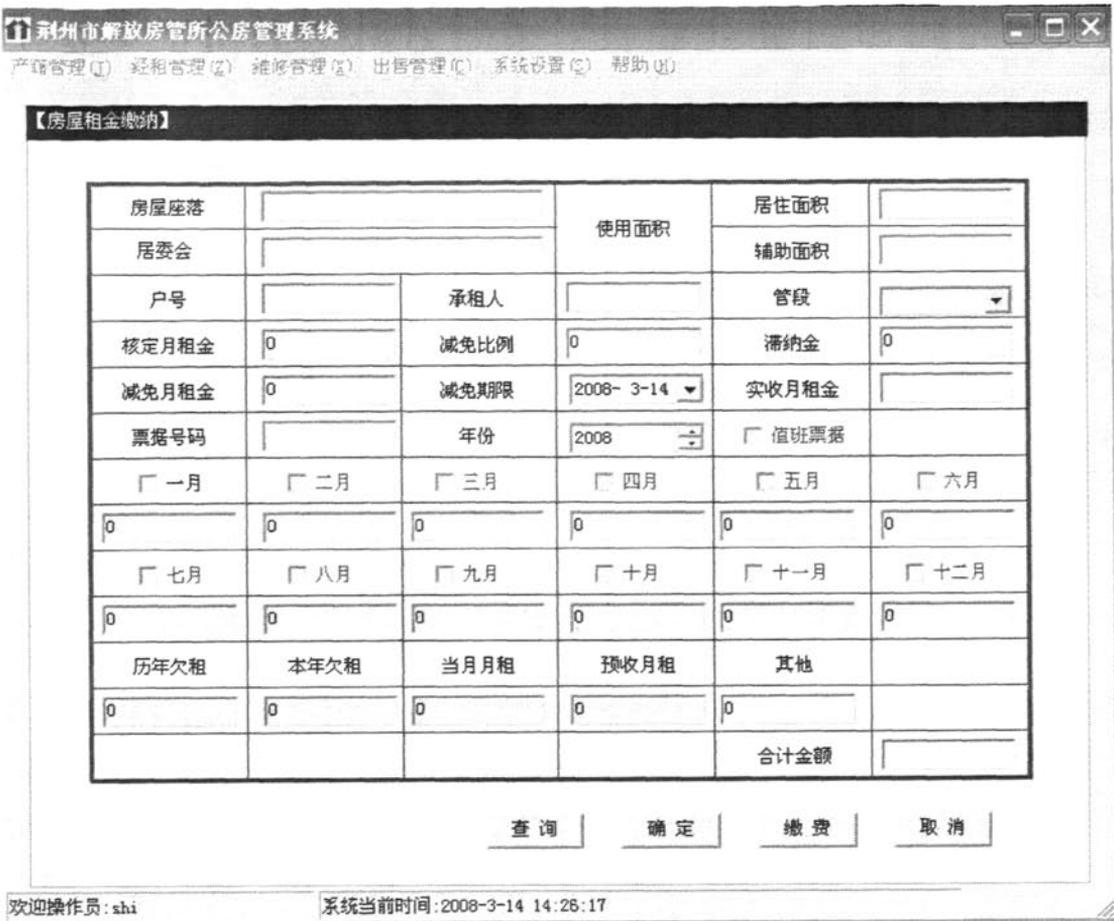
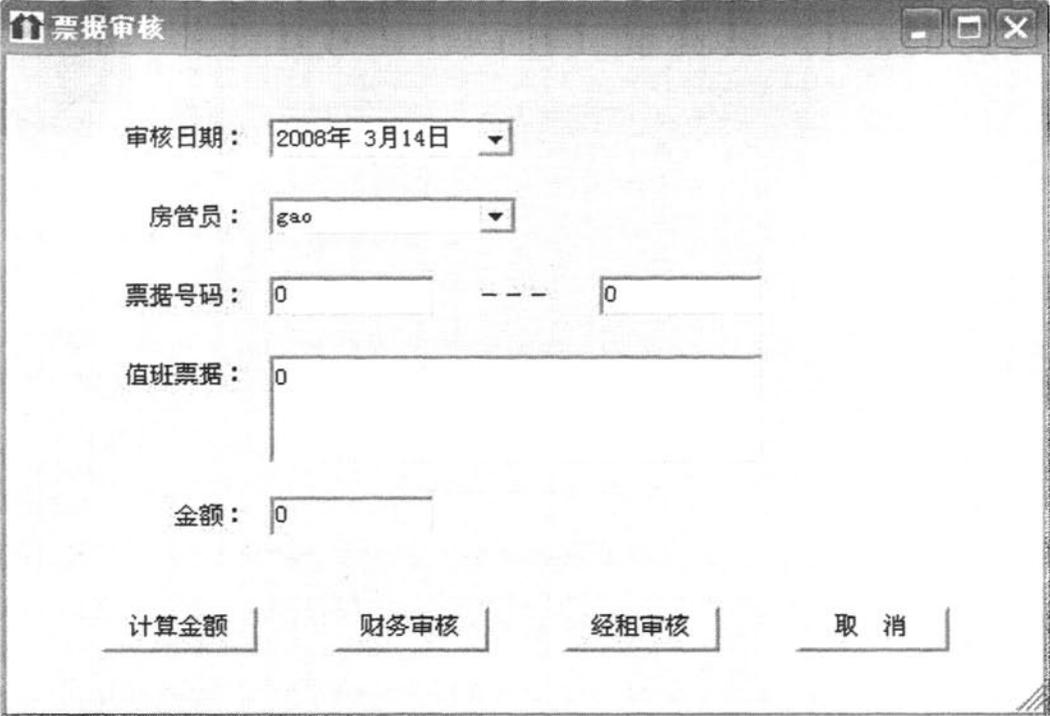


图 5-10 租金缴纳功能图示

最后是缴费票据的审核，这也是涉及到基于 Petri 网的并联模型的业务流程。在房管员收取了一定的房租之后，系统会信息分别发送至房管科和财务科并且信息处于待审核状态。房管员需要把钱缴到财务科，工作流引擎启动定义的相关业务流程会从业务流程数据库中查询相关信息，财务科会根据所收取的费用和发票信息做一个相应的统计，然后点击“财务审核”完成财务科的审核流程；在这个流程中，还需要房管员把发票交回房管科，这样房管科可以根据核销的发票情况给房管员发放新的发票，同时点击“经租审核”完成了房管科的审核业务流程。所以这个过程是涉及两个科室的业务流程，而且整个流程必须两个科室都在经过审批以后，业务流程才能结束。功能实现如图 5-11 所示。



票据审核

审核日期： 2008年 3月14日

房管员： gao

票据号码： 0 --- 0

值班票据： 0

金额： 0

计算金额 财务审核 经租审核 取消

图 5-11 票据审核功能图示

③住户申请过户模块。在此系统中，由于工作实际的需要，住户过户审批是由房管科和稽查科完成的，而且每个科长均有审批的权力，这也是涉及基于 Petri 网的随机模型的业务流程。在房管员把申请过户的信息提交到业务流程数据库后，所有的信息都处于待审批状态，此时房管科和稽查科的领导登陆此系统后， workflow 引擎启动定义的相关业务流程会自动查询业务流程数据库中待审批的信息来提示他们，然后根据具体情况做出“审核”和“变更”处理，完成 workflow 的审批流程。功能模块实现如图 5-12 所示。

变更信息

【房屋变更信息编辑】

房屋变更信息

户号	<input type="text"/>	合同号	<input type="text"/>	档案号	<input type="text"/>
房屋座落	<input type="text"/>				
转让方	<input type="text"/>	受让方	<input type="text"/>		
转让时间	2008年 3月14日	转让原因	<input type="text"/>		
备注	<input type="text"/>				

查询 确认 审核 变更

图 5-12 住户过户审批功能图示

5.5 本章小结

本章以笔者参与的“荆州市解放房管所公房管理系统”这一电子政务系统为背景，分析了系统的需求，在系统总体模块设计的基础上，深入探讨了 workflow 技术在此系统中的应用，尤其是结合上一章提出的 workflow 模型在这一章设计了一个具体的系统 workflow 模型，并且实现了系统所有的业务流程和功能需求，完成了对“基于 workflow 技术的电子政务系统的研究”这一课题。

第 6 章 结束语

6.1 全文总结

随着全球化经济发展的实际需求和 workflow 技术的迅猛发展, 基于 workflow 技术的管理系统必将在信息处理和资源管理中发挥越来越大的作用。workflow 技术是实现企业业务过程建模、业务过程分析、业务过程优化和业务过程管理的核心技术。本论文以作者参与了湖北省荆州市解放房管所公房管理系统这一电子政务系统的设计与开发作为论文的研究背景, 对 workflow 理论及其在电子政务中的应用进行了深入的研究。在研究的基础上提出了基于 Petri 网的关键业务 workflow 模型和系统整体的 workflow 模型结构, 而且在关键业务流程的建模中又从数学角度量化分析了主要模型的性能等价, 得到了其性能等价公式。最后, 文章在结合具体项目的基础上, 进行了项目的分析和设计, 包括项目的需求分析、总体设计、数据库设计和具体实现等细节。

经过上述的研究, 并且以一个具体的电子政务系统为背景, 本文的研究内容及创新性主要体现在以下几个方面:

(1) 介绍了 CSCW 的定义、特点、分类和关键技术等, 阐述了 workflow 管理系统与 CSCW 之间的关系。

(2) 介绍了 workflow 相关的基本概念, workflow 管理系统的定义、体系结构和参考模型, 重点阐述了 workflow 管理系统的参考模型的主要研究重点——基于 workflow 技术的业务流程建模。

(3) 经过对 workflow 系统参考模型的分析, 提出了基于 Petri 网的关键流程建模, 并且进行了性能等价分析, 得到了模型的量化公式; 在此基础上提炼了系统的整体模型结构即基于 Petri 网的分布式 workflow 模型, 使基于 Petri 网的过程建模和分布式 workflow 技术很好的结合起来。

(4) 把上述的研究结果用到了具体的项目中, 实现了 workflow 管理技术与业务系统——电子政务系统的整合。

6.2 展望

workflow 技术是一个涉及多个领域不断发展的技术， workflow 技术的研究具有深刻的理论意义和巨大的市场价值。本文针对一个具体的电子政务系统，对 workflow 技术的做了一定的研究与应用，在以后的学习中考虑在以下几个方面进一步的完善：

(1) workflow 模型的优化：进一步加强 workflow 的描述能力，使其能够实现更复杂、灵活性更高、动态自适应性更强的业务过程,而且能够更好的实现业务流程的优化。

(2) workflow 的可扩展性和灵活性：增加 workflow 的扩展，方便不同的用户，进一步提高 workflow 的灵活性，使其功能更加强大，使 workflow 技术从应用型向平台型的应用更加深入。

(3) workflow 引擎的管理功能较弱， workflow 引擎不仅能够满足日常简单的文档流转，文件审批等业务，而且也可以支持复杂的树型结构和网状结构的业务流程，所以在 workflow 引擎方面有待于加强。

参考文献

- [1] 汪涛, 黄力芹, 吴耿锋. workflow管理的发展历程与趋势[J]. 计算机工程与科学, 2001, 23(1):P97-100
- [2] 李艳. workflow管理技术在电子政务中的应用:[D]. 南京: 南京理工大学, 2003
- [3] 史美林, 向勇, 杨光信. 计算机支持的协同工作理论与应用[M]. 电子工业出版社, 2000.12
- [4] 张艳, 史美林, 苗春雨. 虚拟团队: 一个典型的 CSCW 应用系统[J]. 计算机工程与应用 No.17 12-14
- [5] <http://www.mmit.stc.sh.cn/cscwforum/Cscwconcept/CSCWconcept.htm>[EB/OL]
- [6] Kathy Spurr etc, Computer Support for Cooperative Work[J]: CSCW Introduction, ppxxiii-xxiv, John Wiley & Sons Ltd, 1994
- [7] 顾君忠. 计算机支持的协同工作导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [8] 邢松寅, 王巍, 马光胜. 计算机支持下的协同工作系统的理论与应用[J]. 应用科技, 2000年4月
- [9] 郭玉钗. CSCW 系统结构[J]. 计算机世界专题版, 1995.9.20, P.107 — 109
- [10] Distributed application development for three-tier architectures[J]: Microsoft on Windows DNA. IEEE Internet Computing, 1998.2
- [11] 张德壮, 李俊海, 耿继秀. workflow系统综述[J]. 计算机应用, 2000, 20(5): P34-39
- [12] 吴朝晖, 潘云鹤. workflow管理技术[J]. 计算机世界, 1999-5-17(第2版)
- [13] Workflow Management Coalition. Process Definition Meta — Modal and WPDL, [WfMC1016][J]. WfMC-TC-1016, 1999.1-60
- [14] Workflow Management Coalition. Client Application API Specifications (WAPI), [WfMC1009][J]. WfMC-TC-1009, 1998.
- [15] Workflow Management Coalition. Workflow Definition Read/Write APIs, [WfMC1010][J]. WfMC-TC-1010, 1997.
- [16] 史美林, 向勇, 杨光信等. WFMS: workflow管理系统[J]. 软件学报, 1999, 22(3) P325-339
- [17] Workflow Management Coalition. Terminogy and Glossary, [WfMC1011][J]. WfMC-TC-1011, 1999.3
- [18] Workflow Management Coalition. Interoperability White Paper, [WfMC1008][J]. WfMC-TC-1008, 1995.3

- [19] 范玉顺主编. workflow 管理技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001
- [20] Workflow Management Coalition. WAPI Naming Conventions, [WfMC1013][J]. WfMC-TC-1013, 1995.
- [21] Workflow Management Coalition. Applications Invocation Interface, [WfMC1014][J]. WfMC-TC-1014, 1998.
- [22] 初春平. 自定义 workflow 系统的设计与实现:[D]. 广州: 暨南大学计算机应用技术系, 2004
- [23] Workflow Management Coalition. Workflow Reference Model,[WfMC1003][J]. WfMC-TC-1003,1995.1
- [24] aalst v.jablonskit s.dealing with workflow change;identification of issues and solution[J].computer systems & Engineering,2000
- [25] 贾秀峰. 基于 workflow 技术的 OA 系统的设计与实现:[D]. 武汉: 武汉理工大学计算机应用技术, 2007
- [26] WfMC,the Workflow Reference Model(WfMC-TC00-1003)[J]. Technical Report, Workflow Management Coalition, Hampshire, 1995
- [27] 余敏. 基于 Web Services 平台下的协同 workflow 系统研究与实现:[D]. 武汉: 武汉理工大学计算机应用技术, 2006
- [28] W.M.P.vander Aalst.The Application of Petri nets to Workflow Management[J]. The Journal of Circuits, Systems and Computer, 1998, 8(1):21-66
- [29] 范玉顺. workflow 管理技术基础—实现企业业务过程重组、过程管理与过程自动化的核心技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003
- [30] 王建民, 闻立杰等译. workflow 管理—模型、方法和系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004
- [31] 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005
- [32] Eshuis R ,Dehnert J.Reactive Petri nets for workflow modeling[C]. ICATPN2003, Lecture Notes In Computer Science(LNCS)2679,2003
- [33] 林闯, 田立勤, 魏丫丫. workflow 系统模型的性能等价分析[J]. 软件学报, 2002.8
- [34] Lin,Chuang.The Performance Evaluation of Network and Computer System[J]. Beijing:Tsinghua University Press,2001.230~237
- [35] 黄京明, 张毅, 许俊华. 基于 web 的分布式数据传输系统研究及其实现[J]. 计算机工程与应用, 2001, 10(6):P67-69
- [36] 刘克. 基于 internet 的分布式计算 Web Service 体系构架[J]. 天津理工学院学报, 2003, 19(2):P92-96
- [37] 吴琦, 王琅. 基于 Web Service 的 workflow 元模型的研究及改进[J]. 邮电设计技术, 2004:P47-51

- [38] 赵文等. 工作流元模型的研究与应用[J]. 软件学报, 2003
- [39] James Rumbaugh. Object-Oriented Modeling and Design[J]. USA: Prentice-Hall Inc, 1991
- [40] 甄镭. .NET 与设计模式[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005. P51 — 65
- [41] 傅郁松. 办公自动化系统中工作流的研究与实现:[D]. 南京: 南京理工大学计算机技术系, 2005
- [42] 陶雪丽, 郭凤英, 吴爱慧等. 新世纪 Visual Basic.NET 中文版程序设计培训教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002
- [43] 李兰友, 杨晓光. Visual C#.NET 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2004
- [44] Jeff Prosise. .NET 程序设计技术内幕[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [45] Ryan K. Stephens. 数据库设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001

致 谢

首先感谢的是我尊敬的导师薛胜军教授。在近三年的学习中，薛老师渊博的知识、严谨的治学风范、实事求是的科研作风一直是我人生的榜样，激励着我在今后的人生道路上不断进步。三年的时间里，无论是在学习还是生活上，薛老师都给了我很多关心。在恩师的指导下，论文才得以顺利完成。

感谢 CSCW 实验室的所有同学，我们在同一个导师的指导下，互相学习，互相帮助，度过了美好而又宝贵的三年时间。也要感谢我实习的公司的所有同事们，他们给了我很多的指导和帮助让我更好更快的进入了项目的设计和开发。

最后我由衷地感谢我的父母，他们始终是我身后永久的支持。衷心感谢所有帮助过我的老师、同学和朋友们，希望在我前进的道路上，继续得到您们的指导和鼓励。

攻读硕士学位期间的科研项目和论文的发表情况

科研项目

[1] 湖北省武汉市经济适用住房计算机摇号系统

[2] 湖北省荆州市解放房管所公房管理系统

二、发表论文

薛胜军, 石树龙.Mobile CSCW 技术在 MIS 中的研究和应用.现代计算机.2007,10(下)