

家具行业开料排样云服务平台研究

李波¹ 王石²

¹(湖北文理学院 湖北 襄阳 441053)

²(东莞华中科技大学先进制造工程研究院 广东 东莞 523808)

摘要 板材开料是家具制造的关键步骤,直接决定了后续加工的质量和木材的利用率。现有排样研究多集中于优化算法,商用化应用软件系统不多,难为广大中小型家具制造企业提供优质服务。提出一种开料排样云服务平台,将开料排样算法部署到云服务平台,通过统一的服务访问接口为家具制造企业提供开料排样服务,并基于 SOA 实现与企业现有系统的集成。该平台同传统方法相比,应用可扩展高效算法库进行下料组合优化,通过云服务技术降低企业的使用门槛,借助 SOA 整合企业信息系统。

关键词 家具行业 开料 排样 云服务

中图分类号 TP3 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2014.02.031

STUDY ON CUTTING AND NESTING CLOUD SERVICE PLATFORM FOR FURNITURE INDUSTRY

Li Bo¹ Wang Shi²

¹(Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, Hubei, China)

²(DG-HUST Manufacturing Engineering Institute, Dongguan 523808, Guangdong, China)

Abstract The cutting of panel is an essential stage in furniture manufacturing which directly determines the quality of the subsequent processing and the utilization ratio of wood. Present nesting studies tend to focus on algorithmic optimization whereas commercialized application software is not popular enough to offer quality services for so many medium-sized and small-sized furniture manufacturing enterprises. The paper proposes a cutting and nesting cloud service platform. It deploys the cutting and nesting algorithm to the cloud service platform to serve furniture manufacturing enterprises for cutting and nesting through a unified service access interface and realizes the integration, based on SOA, with enterprises' legacy systems. Compared with traditional methods, the platform applies scalable efficient algorithm library for cutting combinatorial optimization, reduces difficulties for enterprises in use by cloud service technology, and with the help of SOA, integrates enterprises' information systems.

Keywords Furniture industry Cutting Nesting Cloud service

0 引言

裁板开料是家具制造工艺的第一步,它决定了后续加工的质量和木材的利用率,对于批量多套的制造订单,通过多种下料图进行组合优化可达到最优下料,能比人工经验下料利用率高出 2%~10%,节约大量成本。家具制造中的二维板材开料问题是最具代表性的排样问题^[1],同样也包括三维的实木开料问题和一维的棒材切割问题。排样问题属于 NP 完全问题^[2],求解空间巨大,对求解算法和软件开发要求很高。

排样问题也称为裁剪和装填问题,一直是备受关注的问题。尤其在制造业中,通过最优化的计算下料将最大限度地提高原材料的利用率、控制成本、节约有限的制造资源。

许多学者对排样问题进行了大量的研究,在算法研究方面取得了一定的成果。在商业化应用软件方面,国外有 Shape-Shifter、Nester、ToPs300(德国)、ALANKNEST(加拿大)、Auto-Form-Nest(瑞士)、AXIOM NESTING(美国)等;国内的王石研发

了 AUTOCUT 商业化软件,目前已经成功应用于上百家制造企业。

云计算是并行计算、分布式计算与网格计算的进一步发展,其主要内容是整合计算资源,实现海量数据的并行处理以及计算资源的虚拟化。云计算拥有强大的并行计算能力,尤其适合于求解开料排样问题;计算在云端的特点也有利于排样算法的虚拟化。

鉴于云计算的特点,本文提出了一种家具行业开料排样云服务平台,将多种智能优化排样算法部署到云服务平台,提供一维、二维及三维的组合优化排样服务,并通过 SOA 与企业现有 ERP/CAD 等信息化系统进行无缝连接,可有效降低制造资源浪费,同时便于家具企业云端制造执行系统的构建和企业快速反应能力的提高。

收稿日期:2012-11-01。国家自然科学基金项目(50905065);国家高技术研究发展计划项目(2011A0405);广东省科技计划项目(2011B010100037);湖北文理学院博士科研基金资助项目(2013B004)。李波,讲师,主研领域:先进制造。王石,高工。

1 国内外研究现状

1.1 裁板开料现状

据调查,目前 90% 家具企业在开料环节上存在材料浪费和管理难等问题。如在原材料板领用方面,由于无法事先确定开料方案,往往随意领用,难以做到原材料的管理和控制,甚至有可能为提高件数数量,可用余料被故意开坏;家具制造过程中的厚压板本可使用余料进行厚压,但常直接用原材料板进行厚压,导致余料的大量浪费。另外,由于缺乏开料环节的预算和透明,企业的市场部无法进行成本预算、设计部门也难以根据成本进行优化设计。

因此提高原材料的利用率、降低材料成本,提高自动化水平、降低用工成本,优化管理、提高面向客户制造时代的反应能力是企业发展的必由之路。

1.2 开料排样研究现状

当前研究排样问题成绩显著的学者是欧洲的 HifiM,他发表了多篇关于 Cutting 问题^[3,4]的文章,并提供了大量标准测试数据,如 OR-Benchmark、OR-Library 等,算例中有大量来自家具制造行业的开料数据。

我国的计算机辅助排样研究工作开展得比较晚,始于 80 年代,起初一般都集中在矩形件排样的研究上,涌现了许多研究成果,如文献[5-8]提出了多种求解二维矩形 Packing 问题的算法,如贪心算法、遗传算法、粒子群算法、启发式算法以及混合算法等。

1.3 云计算研究现状

云计算^[9,10]是一种新型的服务化计算模式,将计算机各类资源进行统一搭建,进行资源的云化处理,为用户提供按需使用的服务。目前,各地正兴起云计算硬件基础设施建设,同时掀起了云计算系统的研究与开发热潮,Google、Amazon、阿里云等通用云计算系统的研究方兴未艾,而服务于具体行业的云计算应用却相当少,国内杭州爱科公司研制了“爱科服装在线自动排料”是其中的典型代表,已应用到上千家服装企业。

2 排样云平台关键技术方法

2.1 排样云服务系统架构

云计算以其海量的分布式计算能力为排样提供了丰富的计算资源,可同 SOA 结合,构建一种开放式的架构。面向服务的架构 SOA 是一种可重复、松耦合的软件系统架构方式,该方式通过一定规则向使用者开放信息服务接口。SOA 的本质是将信息系统的功能抽象为服务,再以一定的粒度发布服务以供使用者调用,基于 SOA 的理念,可将制造业排样抽象为排样计算服务,任何制造企业系统都可以在 Internet 上远程调用排样服务,而无需部署排样系统以及了解排样系统的数据细节。

排样云服务系统被抽象成一个能提供排样服务的组件,部署在 Internet 上,该组件可通过 URL 进行访问,任何企业和个人无需部署该组件,通过该 URL 即可调用该组件的服务,调用服务之前必须先完成身份注册与验证。因此,SOA 架构可分为服务请求者、服务注册中心和服务提供者。排样云服务系统架构如图 1 所示,服务请求者是制造企业用户,服务注册中心则是一个集中管理用户账户的 Web 服务中心,服务提供者是由服务器

集群组成的分布式排样系统。

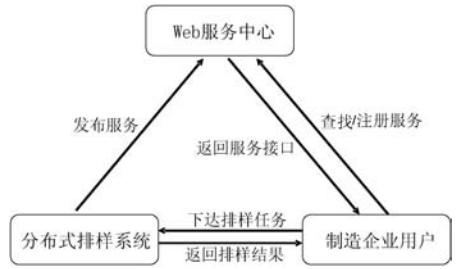


图 1 排样云服务系统架构

2.2 排样云服务请求队列的数据处理

企业提交的一个家具开料排样任务(T)通常由一至多个排样问题构成,每个排样任务都包含已知条件和求解目标。对排样算法而言,它的输入是一个排样问题,输出是排样问题的解,解由若干个下料切割布局图组合而成。运行排样算法需要占用一定的 CPU 时间,即计算资源,面向服务架构的排样系统将多个企业用户的排样任务分解成相对独立的排样问题,再分发给多台计算机调用排样算法进行分别求解。同一时间一台计算机的一个 CPU 核(CPU Core)可以求解一个排样问题。服务的基本单位是独立排样问题,资源的基本单位是 CPU 核。图 2 中,T 代表排样任务,P 代表排样问题,U 代表 CPU 计算核心。

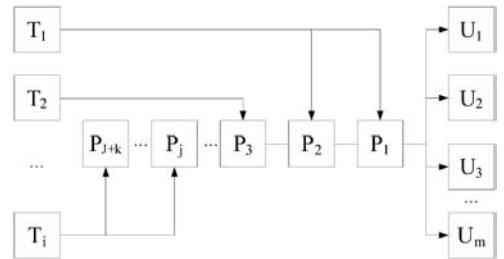


图 2 家具排样服务请求队列的数据处理

图 2 中,T₁ 被分解为 2 个排样问题:P₁ 和 P₂,T₂ 被分解为一个排样问题:P₃;为不失一般性,设 T_i 被分解为 k 个排样问题 P_j ~ P_{j+k},P₁、P₂、P₃... P_{j+k} 构成排样服务请求队列;系统根据现有计算资源对排样请求队列提供计算求解服务。多台计算服务器组成的计算集群被虚拟为一个计算资源池,同一时间一台计算机的一个 CPU 核只可以求解一个排样问题,若排样系统中部署有 s 台服务器,每台服务器的 CPU 有 n 个计算核心,该问题可描述为一个 s × n 个服务台、一个队列组成的随机聚散服务系统。排样服务请求的到达是随机的,排样算法的求解时间根据排样任务的规模在一定的时间内取值。当排样算法的单个实例是以串行、单核的方式在 CPU 上运行时,整个排样平台的服务容量为 m = s × n。

请求队列数据处理的监控情况如图 3 所示。

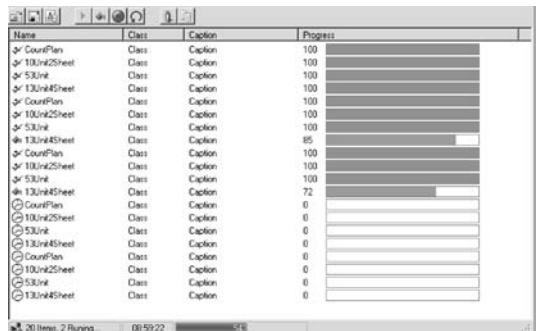


图 3 排样服务请求队列的监控

2.3 排样云服务的数据流图

排样云平台形式上分为电子商务网站和云计算服务系统。电子商务网站是云平台对外的门户,可实现用户注册、登录和管理。云计算服务系统研究和实现一个基于排样算法的分布式计算机系统集群,该计算集群可通过 SOA 对外虚拟为一个可远程调用、可并发访问的弹性排样云。排样云平台的数据流如图 4 所示,平台作为共享数据中心,基于多线程技术提供多核计算,各求解服务器与 Web 服务器间通过服务调度实现服务队列分解和计算的技术架构。该架构包括客户端、SOA 服务 Web 接口、分布式多核调度系统和多个可扩展的优化求解服务器组成的求解算法集群。Web 接口将 SOA 服务发布给 Internet 上的远端客户访问,分布式计算调度模块将客户请求数据进行分解,分发给多个优化求解模块进行分布式计算,并通过 Web 接口返回给用户排样计算结果,用户在获得结果后可直接下达指令到数控电子锯实现自动开料。

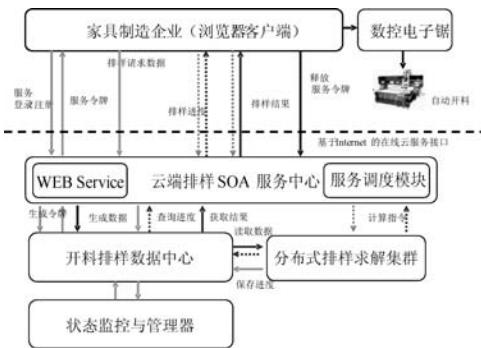


图 4 排样云服务数据流

2.4 家具开料排样问题的有效算法

从宏观上看,家具开料排样问题属于组合优化问题,常采用整数规划模型来求解;但从生产制造的实际需要来看,家具开料排样问题又不只是组合优化问题,一维、二维及三维排样问题各有其特点,尤其是板材开料排样问题有必要引入启发式图形布局算法求解各种不同工艺条件下的布局优化。

随着智能优化算法如神经网络、遗传算法、禁忌搜索、模拟退火等的不断出现,给解决排样问题提供了新的思路。家具开料云平台将研究针对家具开料工艺的有效算法,并付诸实现。从功能上来说,家具开料算法应能结合需求、库存、设备等多个已知条件,根据材料面积、重量、价格等多个目标进行优化求解。一种算法往往不能满足各种情况与求解目标的需要,平台将构筑一个可扩展的高效算法库,通过定义统一的算法接口机制来实现多个算法的调用。开料排样算法常见的参数及目标如表 1 所示。

表 1 开料排样算法常见的参数及目标

| 序号 | 参数名称 | 描述 | 目标 |
|----|------|---------------------|--------|
| 1 | 长度 | | 面积目标优化 |
| 2 | 面积 | = 长度 × 宽度 | |
| 3 | 体积 | = 长度 × 宽度 × 高度 | |
| 4 | 重量 | = 长度 × 宽度 × 高度 × 密度 | |
| 5 | 长度价格 | = 长度 × 单价 | |
| 6 | 面积价格 | = 面积 × 单价 | |
| 7 | 体积价格 | = 体积 × 单价 | |
| 8 | 重量价格 | = 重量 × 单价 | |
| 9 | 简化切割 | 最简、最快切割工艺优化 | 指定目标优化 |
| 10 | 单片价格 | 板料成本最低优化 | |

2.5 与家具行业信息系统的接口技术

与企业信息系统和机械设备的接口问题是排样云服务走向实用的关键。排样系统不仅需要开发面向终端用户的操作界面,还必须定义并实现一套灵活的接口方案,针对各种企业信息系统,通过定义丰富的接口来支持多种系统类型,从而实现现有 ERP、CAD 系统对开料服务的远程调用。平台中已定义的接口如图 5 所示。



图 5 排样云服务系统接口

3 系统典型实现

综合上述的关键技术,排样云服务系统被设计成一个基于并行优化算法、二三维图形和 Web2.0 交互技术的高性能分布式云计算系统,模块组成和运行部署如图 6 所示。

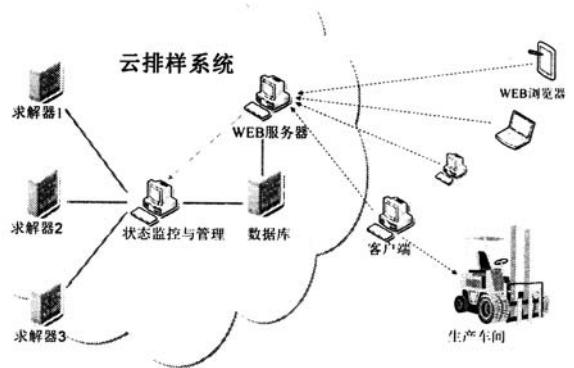


图 6 模块组成和运行部署图

系统在“曙光”服务器集群上分布式部署和测试,其中 Web 服务、数据库、排样管理各使用一台服务器,多线程排样优化器部署在由 10 台 32 核服务器组成的计算集群上,系统根据服务请求可弹性地启用 1 ~ 10 台计算服务器,最多可以同步求解 320 个排样问题。

系统开料排样运行情况如图 7 所示。

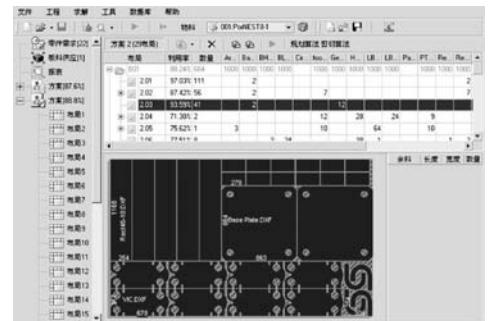


图 7 模块组成和运行部署图

4 结 语

家具行业开料排样云服务系统将优化排样算法、虚拟化技术、云服务封装等技术进行集成,以云形式对外提供材料开料排样优化计算服务,特别适合于家具产业集群度高的地区。另外,云服务平台可进一步联合中小型家具企业,逐步建立起家具开料设备的数据中心,实现以开料设备为主的制造资源的云端共享,探索家具开料环节的云端制造模式。

参 考 文 献

- [1] Lodi A, Martello S, Monaci M. Two-dimensional Packing problems: A survey[J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 141(2): 241-252.
- [2] Leung J, Tam T, Wong C S, et al. Packing Squares into Square[J]. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 1990, 10(3): 271-275.
- [3] Hifi M, Saadi T. A parallel algorithm for two-staged two-dimensional fixed-orientation cutting problems[J]. *Computational Optimization and Applications*, 2012, 51(2): 783-807.
- [4] Hifi M, Hallah R. Approximate algorithms for constrained circular cutting problems[J]. *Computers & Operations Research*, 2004, 31(5): 675-694.
- [5] 洪灵, 王耘. 一种不规则零件排样的快速解码算法[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2005, 17(11): 2465-2470.
- [6] Stephen C L, Zhang Defu, Kwang M S. A two-stage intelligent search algorithm for the two-dimensional strip packing problem[J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 215: 57-69.
- [7] Leung S C H, Zhang D. A fast layer-based heuristic for non-guillotine strip packing[J]. *Expert System with Application*, 2011, 38: 13032-13042.
- [8] 何琨, 黄文奇. 三维矩形 Packing 问题的拟人求解算法[J]. *中国科学*, 2010, 40(12): 1586-1591.
- [9] 陈康, 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.
- [10] 刘鹏. 云计算[M]. 3版. 北京: 电子工业出版社, 2011.

(上接第40页)

在图7中,横轴是查询次数,纵轴是无缓存模型和语义缓存模型从服务器传输的数据量。由于传统语义缓存模型和四叉树语义缓存模型有相同的实验特点,所以他们都被称为语义缓存。如果没有提及,语义缓存模型即代表两者。从图7中我们可以看到,在没有缓存模型,在网络上传输的数据量非常大,几乎与查询次数成正比。在语义缓存模型中传输的数据相同的情况下,斜率显著降低。这是因为所需的查询结果全部或部分包含在语义缓存中。实验结果表明,查询处理的语义缓存模型,可以充分利用缓存资源,减少网络负载。

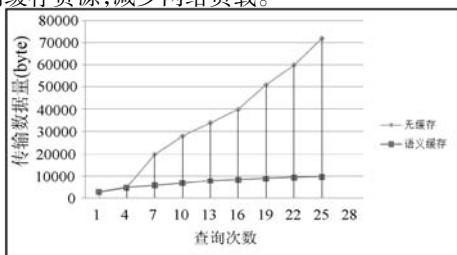


图7 服务器传输的数据量比较

在图8中,该服务器连接次数是与没有缓存模型的查询的次数成正比,因为每次查询必须访问到服务器。而语义缓存模型连接次数较少,这是因为所需的查询结果全部或部分包含在语义缓存中。实验结果表明,语义缓存模型能很好地支持查询时经常断线发生。

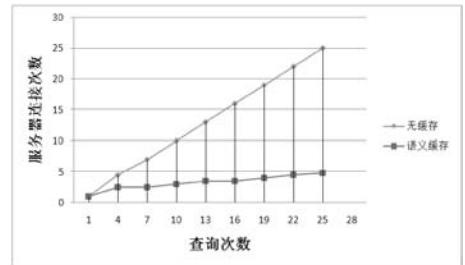


图8 服务器连接次数比较

5 结 语

移动计算环境低带宽、网络断接频繁、设备移动性和设备资源有限给移动客户端带来很多挑战。在本文中,我们提出了一种基于四叉树的语义缓存模型,设计了查询匹配算法以及其面向对象的实现。实验证明,我们提出来的模型获得良好的性能并且降低了网络的通信量,减少了连接到服务器的次数和平均响应时间。今后的工作是把重点放在以此为基础的分布式查询优化。

参 考 文 献

- [1] Frei R, Barata J. Distributed systems-from natural to engineered: three phases of inspiration by nature[J]. *International Journal of Bio-Inspired Computation*, 2010(2): 258-270.
- [2] Pitoura E, Chrysanthos P K. Caching and replication in mobile data management[J]. *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, 2007, 30(3): 13-20.
- [3] Ren Q, Dunham M H. Using semantic caching to manage location dependent data in mobile computing[C]//*Proceedings of MOBICOM 2000*, 2000: 210-221.
- [4] Jónsson B T, Arinbjarnar M, Tórrson B. Performance and overhead of semantic cache management[J]. *ACM Trans Internet Techn*, 2006, 6(3): 302-331.
- [5] 吴婷婷, 苏武运, 等. 移动查询缓存处理的研究[J]. *计算机研究与发展*, 2004, 41(1): 187-193.
- [6] Ren Q, Dunham M H, Kumar V. Semantic caching and query processing[J]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2003, 15(1): 192-210.
- [7] Safaei A A, Haghjoo M, Abdi S. Semantic cache schema for query processing in mobile databases[C]//*Proceedings of ICDIM 2008*, 2008: 644-649.
- [8] 蔡建宇, 吴泉源, 等. 语义缓存的聚集查询匹配研究[J]. *计算机研究与发展*, 2006, 43(12): 2124-2130.
- [9] 李东, 杨小鹏, 罗鹏飞. 基于谓词分类的语义缓存查询裁剪[J]. *华南理工大学学报: 自然科学版*, 2008, 36(1): 44-49.
- [10] Akerkar R, Sajja P S. Bio-inspired computing: constituents and challenges[J]. *International Journal of Bio-Inspired Computation*, 2009, 10(3): 135-150.