

基于 Web 的建筑协同设计平台的研究^①

Cooperative work for building scheme design and web-based supporting platform

胡文斌 郭荷清 (广州华南理工大学计算机科学与工程学院 510640)

华 贵 (广州华南理工大学传热与节能教育部重点实验室 510640)

摘要:针对建筑设计过程中分布式和协作性的特点,提出基于 Web 的协同设计平台,并给出平台的五层体系结构。通过引入 XML 工程文档实现设计者之间的信息交换,同时提出四种策略来消除协同设计中的冲突。最后给出基于项目信息表的处理流程和基于消息的冲突检测过程。

关键词:建筑协同设计 XML 工程文档 冲突消除 项目信息表

1 前言

建筑设计牵涉到多学科的合作,是一项团队工作。从了解用户需求开始,建筑师给出初步的建筑方案,随后结构工程师完成结构设计,接着设备工程师开始水、暖、电等系统的设计,最后概预算人员还要进行成本分析和控制。这种多学科的合作需要反复修改和协同以获得满足用户需求的最优设计方案。实际上,由于种种因素的制约,目前建筑设计过程并没有真正体现这种协同思想,以致出现方案冲突,甚至在施工时需要更改图纸,严重影响了工程质量^[1]。导致这种现象的客观根源在于缺乏支持协同设计的计算机平台。随着国际化分工和合作的深入发展,建筑设计逐步发展成跨区域、跨国的多学科协作。在这种形势下,建筑协同设计模式及其支持平台的重要作用就不言而喻。

2 系统设计

2.1 系统功能的描述

建筑协同设计平台为各专业的的设计人员提供了一个互通信息和协作配合的支撑环境。该平台具有以下功能:

- (1) 业主提交设计任务,表达自己的设计需求;
- (2) 项目管理员可以分配设计任务,管理当前设计项目的进度;
- (3) 设计人员提交设计结果,阐述自己在设计过程中的基本想法、关键设计参数和相关约束,并且可以上传设计文件;
- (4) 设计人员浏览他人的设计结果和他人对自己的设计评论,查看当前设计进度;
- (5) 设计人员查询当前各专业设计之间有无冲突,如有冲突,系统可以提供相应的冲突消除策略;

- (6) 设计人员查询相关的设计资料。

2.2 体系结构的描述

从分布式结构来说,Web 应用的 B/S 结构具有跨平台性和易维护性等优点^[2],比较适合开发协同设计平台。从体系结构上来说,建筑协同设计平台完全是基于 J2EE 平台的五层次结构:客户端、Web 服务器、应用服务器、数据接口层和数据库服务器,其结构如图 1 所示。

(1) 客户端。协同设计平台的客户端可以分成两类:

① 使用 CAD 软件和模拟仿真软件进行设计的用户,如气流数值解软件、能耗模拟软件等;

② 使用浏览器进行访问的用户。各种 CAD 软件和模拟软件得到的结果的数据格式不一,通过在 Web 网页上交设计表单,设计人员可以表达关键的设计参数、相关约束、本人对设计结果的解释和他人的设计评论。

(2) Web 服务器。Web 服务器采用 JSP + Servlet 的开发模式。JSP 是系统的表示层,生成客户端浏览器的页面。Servlet 进行简单的业务处理:表现层 JSP 页面的控制和处理、表单的封装、生成表单对象和会话 Bean 的生成与调用。

(3) 应用服务器。在应用服务器端,采用 Facade 模式建立多层结构^[3]。通过布置会话 Bean,为一系列的 EJB 提供统一接口实现业务流程。应用服务器端主要布置的业务逻辑有:

① 表单预处理——负责检查用户提交的设计表单中是否有直接违反设计规范的内容,检查表单是否有效;

② 文档处理——负责处理用户提交的设计表单,完成数据提取和重组,最后生成工程文档;

^① 国家重点基础研究发展规划项目:高效节能中的关键科学问题(G20000263)

③ 冲突管理——负责实现知识推理、全局协调、回溯和仲裁等冲突消解过程的主要算法；

④ 数据管理——负责处理数据库的更新、查找等操作；

⑤ 项目进度管理——负责设计任务的发布、中止和继续。

(4) 系统数据库。系统的数据库采用具有自组织、自我管理功能的 SQL Server 数据库系统。主要完成数据的存储，同时还可以使用触发器或存储过程担任部分数据计算任务。系统的数据库可以划分为：

① 公用工程参数库，存放城市地理信息、气象参数、当地能源参数等；

② 材料参数库，存放建筑材料的热工性能参数和当地单位价格；

③ 规范知识库，存放基本设计规范，作为知识推理的主要依据；

④ 共享规则库，存放共享规则，作为解决冲突的判断依据；

⑤ 资料信息库，存放与设计相关的文献资料，也包括本设计组已有的设计经验等；

⑥ 用户行为库，记录用户的操作行为，在解决冲突时可以回溯以往操作；

⑦ 用户资料库，存放用户基本信息。

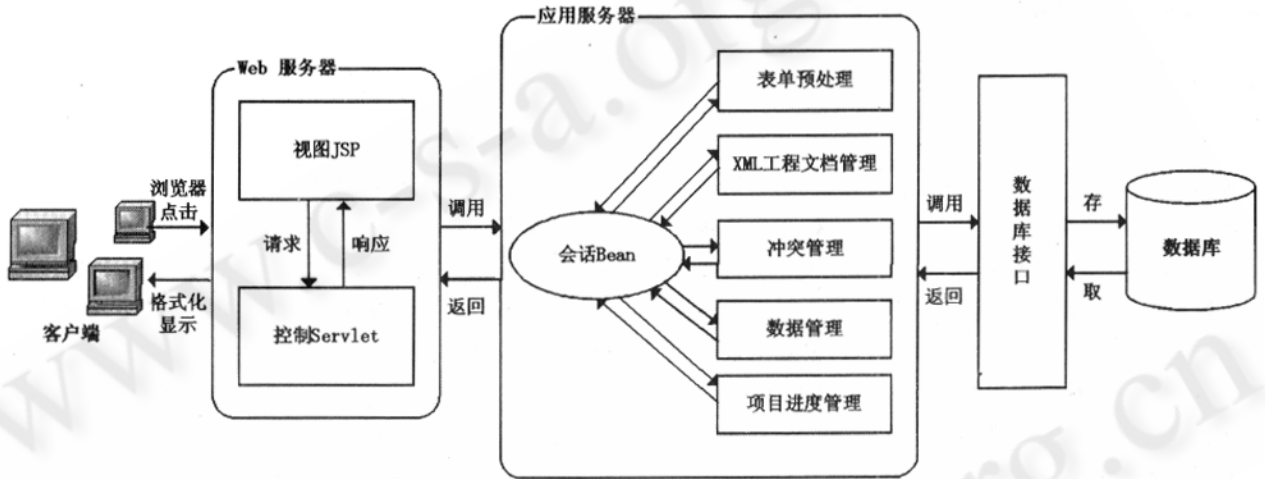


图 1 协同设计平台的体系结构

根据工程文档的内容，可以写出以下的 DTD 定义：

3 协同设计中的关键问题

3.1 工程文档

在协同设计中，数据交互是协同的前提。设计结果包括图形文件、二维图片、三维模型、设计约束以及评论等，这些数据可以用一个工程文档来表达。表 1 列举了建筑师在详细设计阶段提交的设计结果和相应的工程文档内容。

对于工程文档中的数据描述，XML 是一个较好的解决方法。XML 不仅能表达建筑几何信息，还可以描述其他的工程语义，如结构材料、设计约束和设计评论等。通过客户端表单，设计人员可以产生各自的数据，并能有效地修改和控制它们，实现一致存取、相互共享和多平台发布。其次，XML 文档具有开放性，能够将声音、文字、图形图像等多种形式结合在一起，比一般文本具有更强的信息综合能力，并且可以通过一定的媒体方式提供有效的信息浏览和查询手段。因此，XML 技术为设计者在利用网络进行数据表示、数据处理、数据交换和传输等方面提供了极大的便利^[4]。

表 1 部分工程文档内容

客户端完成的任务	服务器上工程文档增加的内容
详细设计阶段建筑师 ① 完成单体的详细设计，*.dwg 文件； ② 完成户型的 Solid 模型，*.stl 文件； ③ ④ 文字说明 （工程师对自己模拟的解释，主要是从建筑角度阐述单体设计受到的约束） ⑤ 评论 （建筑师评论他人设计）	① 文件的版本号； ② 文件存放的路径； ③ 三维实体模型； ④ 围护结构材料表； ⑤ 建筑师对方案的文字解释； ⑥ 建筑师的评论。

```
<? xml version="1.0" encoding="UTF-8" ? >
<! ELEMENT DOCUMENT (PROJECT_INFORMATION,
MODEL_FILE, DRAWING_FILE, COMMENTS, VEDIO_
DEMO, OTHER_MESSAGE)>
<! ELEMENT PROJECT_INFORMATION (PROJECT_
NAME, PROJECT_NUMBER, PROJECT_PERIOD)>
<! ELEMENT PROJECT_NAME (#PCDATA)>
.....
```

工程文档的处理主要负责文档数据提取、文档数据重组、文档格式转换。数据的提取是工程文档处理的基础,解决如何从设计表单中提取相关数据;在此基础上,数据重组解决如何将分类的内容叠加,再添加相应标记,组成完整的工程文档;格式转换主要解决如何根据需要定制文档的显示格式。由于篇幅限制,具体的实现代码将在后续的文章给出。

3.2 冲突消除策略

在协同设计中,由于多学科设计人员对方案的考虑角度、评价标准、拥有的领域知识不尽相同,必然会导致冲突的产生。因此,设计的发展过程也就是冲突的不断发生和解决的过程。由于冲突的复杂性,目前尚难以提供一个对所有的冲突进行全自动解决的工具。因此需要提供多种冲突解决方法辅助设计者最终解决冲突。在建筑协同设计平台中采用了如下消除办法:

(1) 采用知识推理的方法,消除技术性错误。对设计者提交的设计表单,可以通过知识推理解决一些明显的设计错误。例如,如果设计人员在设计时忽略了必须遵守的防火规范,知识推理可以指出其错误,并要求改正后再次提交,以保证提交表单的有效性。

(2) 采用全局协调的方法,平衡多方需要。在协同设计过程中,各设计人员之间通过约束来描述他们之间相互制约、相互依赖的关系,因而在产生冲突的时候,可采用约束松弛的方法消解冲突,即通过放宽一些约束条件或忽略次要约束来达到冲突消解的目的,实现全局优化的目的^[5]。例如,在围护结构设计中,窗墙比和遮阳系数是相互关联的参数,如果建筑师为了满足建筑美学的要求,选择了较大的窗墙比,不应该立即认为违反了约束,应该采取约束松弛的方法,放宽对窗墙比的约束,强化对遮阳系数的约束,从降低遮阳系数上寻求全局最优解。对于复杂的方案分析,可以采用协调优化策略实现整体优化。协调优化过程很类似仲裁过程,当多方设计人员不肯为消除冲突单独作出让步时,这就需要反复交互和逐步求解的过程。具体步骤是:先将系统分解成若干个子系统,各个子系统内部消除冲突后,可以通过相关的协调参数反复迭代子系统,以实现全局优化^[6]。例

如,建筑物能量系统的设计涉及到围护结构(建筑师负责)和能源转换系统(设备工程师负责)的设计,建筑能耗与当前的能源单价有关,如果能源转换系统的改变导致能源单价发生变化,围护结构也需要重新设计,协调的参数就是能源单价。

(3) 采用操作回溯的方法,修改不相容设计。当发生冲突时,利用回溯技术找到回溯点,修改不相容的环境及相应的结构模型以消除冲突^[7]。因此在数据库设计时,应将设计人员的所有操作记录备查,以便在发生冲突时回溯记录。需要注意的是,回溯的方法一般应与其他冲突消解方法联合使用。

在上述 3 种消解方法实施的过程中,设计人员可以借助于基于 XML 的工程文档来实现相互之间的通信,及时发布自己的设计结果和了解他人的设计情况。

3.3 项目信息表和处理流程

项目管理员在设计任务提交时生成一张项目信息表,主要是记录与项目相关的用户状态信息和项目的状态信息以配合业务处理流程。该表用一个实体 Bean 来维护,完成以下流程:

(1) 用户在登录时,以及在每一步操作后所处的状态都登记在表中;

(2) 用户提交设计结果表单,经过预处理生成表单对象,保存表单对象和文档处理后,调用实体 Bean 修改用户的状态,表明用户已提交成功;

(3) 表单成功提交后,用户需要在确认页面点击确认按钮来确认表单提交成功,如果发现表单有不妥的地方,还可以点击修改按钮来修改表单内容;

(4) 当用户点击确认后,系统调用实体 Bean 修改用户状态和项目冲突检测状态;

(5) 当冲突检测模块进行冲突检测时,实体 Bean 保证多个用户能并发访问项目冲突检测状态。当冲突检测模块检测完毕后,将调用实体 Bean 修改各个用户状态和项目冲突检测状态;当用户检测到项目冲突检测状态位已发生变化后,将根据变化做出相应的反应:如果检测结果无冲突,则通知各个用户检测完毕,无冲突;如果检测结果有冲突,则检测的结果返回给各个用户。

3.4 冲突检测中的消息机制

冲突检测采用消息机制,当客户端的冲突检测按钮可用时,按照如下流程发起冲突检测命令:

(1) 当最后一个用户在表单确认页面点击确认按钮后,系统将发起冲突检测命令,由 SessionBean 负责消息的生成和发送,并且生成一个新的 Servlet 线程,该线程将定时查询实体 Bean 的项目冲突检测状态位,以便及时将冲突检测的结果通知给用户;

(下转第 13 页)

(2) 冲突检测模块采用消息驱动 Bean, 在收到消息后进行冲突分析, 分析完后调用实体 Bean 修改各个用户的状态位和项目冲突检测状态位;

(3) 每次冲突检测的结果都要保存进数据库, 当会话 Bean 通过调用实体 Bean 查询项目信息的相应状态位得知检测完毕后, 从数据库中取回检测结果反馈给用户。

4 结语

建筑设计是时间上分离、空间上分布的多人协作的团队设计活动, 基于 Web 的协同设计环境必然也是一个分布式的结构, 因此采用多层的系统体系结构和 JAVA 技术来开发是一个比较好的选择。本文以客户端、Web 服务器、应用服务器和数据库等多层结构体系为基础, 从数据交换、冲突管理和消息通信等方面探讨了协同设计平台中的一些关键问题, 并开发了平台的原型, 该平台能支持多人的协同设计, 可以初步实现基于 Web 的设计任务提交、设计结果提交、浏览设计结果和冲突消除等功能。

参考文献

- 1 Howard HC, Levitt RE, Paulson BC, Pohl JG & Tatum CB. 1989. Computer Integration: Reducing Fragmentation in AEC Industry, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE 3.
- 2 张和明、熊光楞, Web 的多学科协同设计与仿真平台及其关键技术, 计算机集成制造系统—CIMS, 2003, 8.
- 3 钟茂生、王明文, 软件设计模式及其使用, 计算机应用, 2002, 22(8).
- 4 任东锋、方宗德、黄广君, XML 在网络协同设计中的应用, 计算机工程, 2003, 20(11).
- 5 谢洪潮、陈大融、孔宪梅, 协同设计中基于约束的冲突检测, 中国机械工程, 2002, 18(9).
- 6 Hua B, Chen QL, Wang P. A new exergoeconomic approach for analysis and optimization of energy systems, Energy, 1997, 22 (11).