

产品多学科协同设计中语义通讯的研究

陈亮, 罗志伟

(福州大学机械工程与自动化学院, 福建 福州 350002)

摘要: 针对多学科协同设计中的语义失配问题, 以及设计者间的语义通讯进行了研究, 提出了一种多层结构的语义通讯模型, 基于 XML 设计开发了多学科语义协商的通讯语言, 设置了开放的行为原语集和消息类型模板库, 基于 OWL 构建了多学科设计者的共享本体, 以促进多学科设计者对共同概念的理解达成一致, 并给出了实例分析.

关键词: 协同设计; 多学科设计; 共享本体; 语义协商; 通讯语言

中图分类号: TP 391

文献标识码: A

Research on semantic communication of multidisciplinary collaborative design

CHEN Liang LUO Zhi-wei

(College of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract Aiming at the semantic mismatch problem of multidisciplinary collaborative design, the semantic communication among the designers in different disciplines is studied in this paper. A sort of multi-layer semantic communication model is put forward, the communication language used for multidisciplinary semantic negotiation is developed based on XML; the open action original language set and the open message type template library are set; the shared ontology is built based on OWL to promote the consistent understanding of common conception among the designers in different disciplines, and the analyses of relevant instances are given.

Keywords collaborative design; multidisciplinary design; ontology; semantic negotiation; communication language

随着通讯、网络和中间件等技术的发展, 对于参与产品协同设计的异地分布的多学科设计者来说, 通过网络和中间件(如 RMI 和 CORBA 等)可实现彼此间数据的物理传输, 但通信内容的语义失配问题却不能有效地解决, 而语义交流能够帮助学科设计者之间更好地相互理解, 从而更有效地开展协同设计.

文献[1]对协商系统中参与者的态度、情感、行为等方面的交流做了理论上的探讨, 提出了各种概念的定义和相关的表达方法; KQML^[2]和 FIPA-ACL 是目前流行的 2 个 Agent 通信语言标准, 两者均基于 Speech Act 理论, 为 Agent 系统的通信和协作提供了基本的框架, 但也存在着一些不足, 诸如缺乏有关标准化的规范; 缺乏通用的实现平台, 在不同环境下开发的 KQML 系统难于实现互操作等等. 此外, 产品多学科协同设计中的语义交流与协商也有其自身的一些特点. 本文对产品多学科协同设计中的语义交流与协商问题进行了分析研究, 提出了一种语义通讯模型, 并采用 XML 和 OWL 等开发实现了相应的语义通讯语言.

1 多学科协同设计的语义通讯模型

为了促进异地分布的多个学科设计者之间的语义交流, 就需要在基础的网络通讯协议和中间件的基础上, 添加语义通信层, 本文提出的语义通讯模型如图 1 所示, 各层之间是层次递进的关系, 上层需要下层的支持. 该语义通信层又应包括以下几个层次:

收稿日期: 2006-06-09

作者简介: 陈亮(1963-), 男, 博士, 副教授.

基金项目: 福建省教育厅科研资助项目(JB03037); 福州大学科技发展基金资助项目(2006-xq-13)

1) 通讯语言. 学科 agents 或设计者之间的语义交流是在网络环境下进行的, 并由计算机来处理, 所以应有适于网络传输及计算机表达处理的通讯语言. XML 是一种网络上的“世界语”, XML 规范具有严格的语法, 并有非常广泛的普遍性与标准性, 并且 XML 是一种中性数据格式, 大部分的编程语言都可以通过相应的 API 对其进行操作, 这样通过 XML 规范来定义通信语言就使得异构系统间的互操作性得以极大的加强. 故采用 XML 来描述产品的语义信息、学科的设计目标、设计知识及设计原理, 以及学科设计者的设计意图、观点、态度、合作的愿望和行为等等, 从而在不同的学科 Agent 或设计者间搭起交流、协调和合作的桥梁.

2) 共享本体. 各学科 Agents 或设计者间要能够进行有效的交流, 它们需要对所开发产品的一些基本概念拥有公共的理解及共享的知识, 即各学科 Agents 应该对所开发的产品拥有一个共享的本体概念. 像某种产品的各级标准及术语, 产品的概念及概念间的关系等, 构成了产品本体的基础. 笔者采用 OWL (Web Ontology Language) 来构建本体, 在 Web 环境下显式地表达出了产品的概念及概念间的关系.

3) 协商协议与策略. 包括协商协议与协商策略. 协商协议是对学科 Agents 或设计者间交互的规则和协商过程的一种约定, 协商策略就是一种协助和协调各学科 Agents 或设计者间达成一致的策略. 限于篇幅, 本文只讨论通讯语言和共享本体的内容. 图 1 中的 XML 转换器用于在 XML 文档格式与便于设计者理解的自然格式之间进行转换.

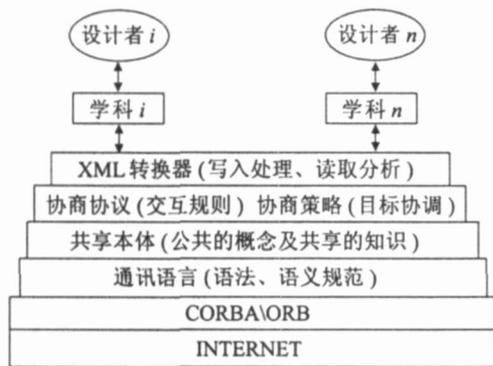


图 1 多学科协同设计的语义通讯模型

Fig. 1 Semantic communication model of multidisciplinary collaborative design

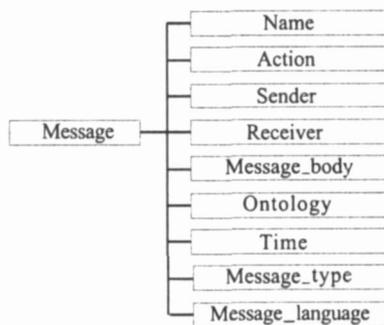


图 2 消息的基本结构

Fig. 2 Message basic structure

2 基于 XML 规范的学科间的通信语言

对通信语言的规范化定义便于计算机处理学科设计者传递的消息, 设计的学科设计者间通信的消息格式如图 2 所示.

- Name 消息的名称, 是消息的标识符, 是唯一的.
- Action 行为原语, 它体现了消息发送者的意图和态度. 主要的几种行为原语如表 1 所示, 所有的行为原语的集合则构成了行为原语集, 该行为原语集是可扩展的, 可根据需要添加新的行为原语.
- Sender 消息发送者, 采用发送者的 IP 端口号的格式进行表达, 也可采用用户名的形式来进行表达.
- Receiver 消息的接收者, 采用接收者的 IP 端口号的格式进行表达, 也可采用用户名的形式来表达, 这便于协商管理模块读取消息的这个信息, 把加工过的信息传递给这个用户.
- Message_body. 消息体, 也即消息的内容, 是消息的主要部分, 这部分的格式会因为消息类型的不同而有所不同, 图 2 给出的是关于产品对象的语义信息的一些描述.
- Ontology 共享本体, 对于消息中涉及的一些公共概念, 发送者通过标出本体的位置 (采用 URL 来给出本体在网络中的位置) 来提示对方如何去查阅相关本体, 以达成对相关概念的公共的理解.
- Time 消息的发送时间, 这个是系统根据计算机的时钟自动添加的, 发送者不必进行填写.
- Message_type. 消息的类型, 消息类型体现了发送者的意图, 不同的意图采用不同的消息类型. 消息

类型主要包括产品描述型、决策态度型、参数参考值型、理由型和叙述型等。

• Message language 定义消息所采用的语言标准, 诸如 XML、RDF、OWL 等。消息的结构根据不同的消息类型会有所不同, 但不同点主要是在消息体部分, 消息的其它部分基本上是一致的。消息的上述结构采用 XML 规范进行定义, 具体定义见表 2

表 1 行为原语集
Tab 1 Speech act set

行为原语	意义
通知 (Inform)	通知所有的参与者
咨询 (Inquiry)	想通过对方得到某方面的信息
回复 (Reply)	答复对方的询问
请求 (Request)	请求对方完成某些任务
接受 (Accept)	对某个问题表示接受态度
挑战 (Challenge)	在不同意对方意见的同时给出一种新的建议
拒绝 (Refuse)	拒绝对方的请求
询问 (Ask)	询问对方设计的原因
命令 (Force)	命令对方完成某个任务 (对方必须完成), 这个原语有权限控制
说服 (Persuade)	说服对方做某事
提出 (Offer)	对某个协商问题提出自己的意愿, 接受方一般是计算机协商模块
解释 (Explain)	解释做出某种决定的理由

表 2 消息节点的定义
Tab 2 The definition of message node

节点名	取值类型	意义及其赋值方式
Name	String	消息的标识符, 是全局唯一的, 由消息编辑者输入。
Action	String	行为原语, 采用选择方式赋值, 取值范围为表 1 中给出的 12 种行为原语。
Sender	String	发送者, 采用“IP: 端口号”的格式输入。
Receiver	String	接收者, 采用“IP: 端口号”的格式输入。
Message_body	XML 节点构成	消息体, 采用消息编辑器来进行赋值。
Ontology	String	共享本体, 给出本体的 URL
Time	Date+ Time	发送时间, 系统自动添加, 通过组合日期与发送时间得到。
Message_type	String	消息类型, 通过选择方式进行赋值, 取值为 Product_description, Decision_attitude, Parameter_value, Reason, Basic 等消息类型。
Message_language	String	消息采用的语言, 目前取值为 XML、RDF、OWL 中的一个, 默认为 XML

由于设计者的意图和需求不同, 就会编辑和传输不同类型的消息, 前面已提到, 这主要是消息体的格式会有差异, 下面对 5 种典型的消息类型进行分析。

1) 产品描述型。这类消息主要是从语义上描述产品的信息, 消息体包含功能节点、行为节点、结构节点、名称节点、说明节点等几个大节点, 各大节点还可继续往下分解为多个子节点, 这种分解是多层次的, 直至将产品描述清楚为止。各节点的名称、属性及属性值是由用户使用 Web 环境下的消息编辑器来定义的。

为了便于设计者构建消息, 笔者开发了基于 Web 的交互式消息编辑器, 编辑的消息是基于 XML 规范的, 充分利用了 XML 树状结构的特性。Web 环境下的消息编辑器以及协商管理模块对消息的处理, 都是采用了 Apache 的 XML 解析器 Xerces 中的 DOM (Document Object Model) 和 SAX (Simple API for XML) 技术来得以实现的。具体的消息传递和转换处理过程如图 3 所示。

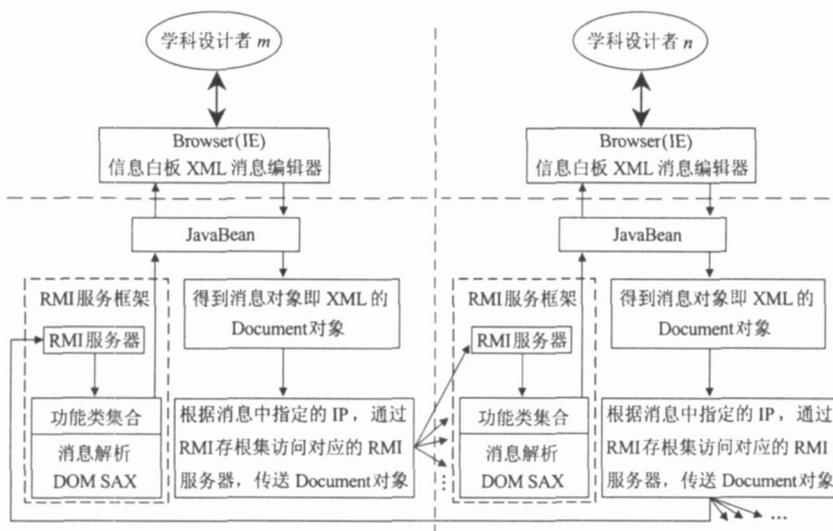


图 3 消息传递和转换处理过程

Fig 3 Message transfer and transform

2) 决策态度型. 在多学科协同设计中, 学科设计者常常就某个决策问题进行协商, 该决策问题又涉及多个参数, 各学科设计者需要就所讨论的决策问题表明自己的态度, 消息体中要描述的就是各学科设计者的决策态度 (比如学科目标满意度函数的幂指数值和学科对参数所赋予的权重值), 各学科设计者构建的消息提交给协商管理模块进行遍历处理.

3) 参数赋值型. 学科设计者在协商管理模块的协调下就某个决策问题进行协商, 彼此都可能做出妥协让步, 以扩大设计结果的交集, 达成一致. 这个过程具体表现就是各学科设计者对设计参数做出调整, 重新赋值. 消息体的内容主要就是学科设计者对决策组中参数组进行赋值.

4) 理由型. 这种消息类型主要对做出某种设计决策的根据进行解释, 说明这样做的理由. 消息体比较简单, 主要是对设计决策的缘由做出解释.

5) 基本型. 这是最简单的消息类型, 消息体中只包含简单的叙述型消息, 它就只有最外层的 $\langle \text{Message_body} \rangle$ 节点, 协商管理模块只要得到接收者的 IP, 整合消息中的内容发送给接收者即可.

还有其它类型的消息, 限于篇幅略去. 在开发的消息编辑器 (如图 4 所示, 其中给出了一条参数赋值型消息的示例) 中已内置了一些消息类型的模板, 当然用户也可以根据需要进行构建新的消息模板添加到消息编辑器的模板库中.



图 4 消息编辑器面板

Fig 4 Message editing board

3 共享本体

因为不同学科有不同的专业知识背景, 因此会对相同的对象有不同的描述, 各学科都是采用各自的“方言”, 结果导致学科间通信不流畅, 出现语义失配问题.

为解决上述问题, 需要引入共享本体. 本体是对客观存在的概念及其关系的描述, 是关于共享概念的协议. 通过共享本体可以:

- 解决多学科协同设计系统通信过程中产生的语义失配问题.
- 有效的组织各学科的信息及信息间的关系, 表达出信息的具体语义 (即机器可以理解 and 处理的).

采用 OWL 来构建共享本体, 在 Web 环境下显式地表达出产品的概念及概念间的关系. 在 OWL 表达中, 各种概念及概念间的关系都被定义为类或是类的属性^[3].

下面以汽车离合器中的摩擦片外径尺寸的 JB1457-74 标准为例进行分析说明.

首先对构建的本体 (命名为 FrictionPiece) 涉及的一些关键概念类进行介绍:

- 摩擦片 (frictionPiece). 它是零件类 (Part) 的子类, 并且具有很多相关的标准 (standard), 因此要定义其 hasStandard 属性或 standardOf 属性 (表示有某个标准).
- 标准 (standard). 应包含 standardName 属性 (标准名, 如 JB1457-74), standardRecord 属性 (每个标准都有标准记录), hasRecord 属性或 recordOf 属性 (标准有某个记录). 标准类是所有标准的共同特征, 这里的 JB1457-74 标准只是 standard 类的一个个体实例.
- 标准记录 (standardRecord). 应包含 item 属性 (标准项目), hasItem 属性或 itemOf 属性 (记录中有某个项目).
- 标准项目 (item). 应包含 itemName 属性 (项目名称), itemUnit 属性 (项目单位) 和 itemValue 属性 (项目值).

理顺了这些概念及其关系后, 就可以通过 OWL 语言把这些概念及其关系用类和属性显式地表达出来, 然后通过实例化的方法来生成离合器中的摩擦片外径尺寸的 JB1457-74 标准.

本体构建完成后, 通过数据处理程序调用相应的 API (如惠普实验室开发的基于 Java 的 Jena 2^[4]) 把这些本体以三元组的形式保存到数据库中, 这样就可以把本体信息永久地保存到数据库中. 反之, 要获取相关概念的信息时, 通过数据处理程序调用 Jena 2 接口函数, 从共享本体数据库中提取数据还原成本体, 再通过 Jena 2 推理机进行本体层次上的知识推理, 生成设计者所需的概念元素, 最后通过相关的 OWL 语言 API 解读这些概念, 转换为可视化的信息提供给参与者, 从而实现对相关概念的共享及一致的理解 (如图 5 所示).

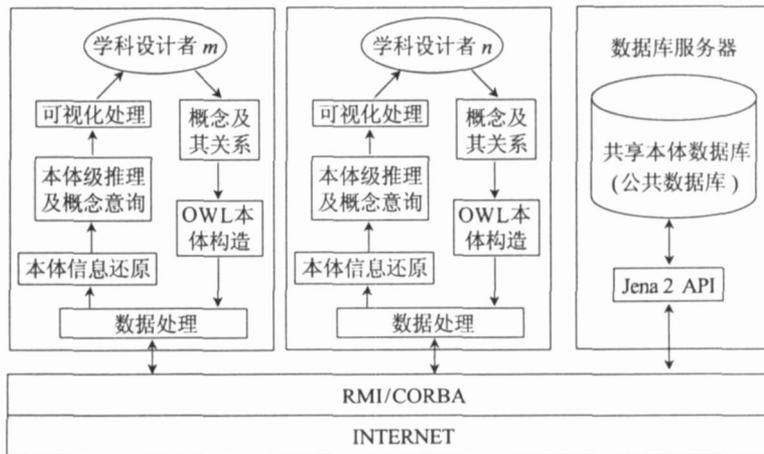


图 5 学科间基于本体的信息共享及一致性理解

Fig 5 Message sharing and consistent understanding based on the ontology among the different disciplines

参考文献:

- [1] Nkos K. Modeling discourse in collaborative work support systems: a knowledge representation and configuration perspective [J]. Knowledge-Based Systems 2002(15): 413-422
- [2] DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interfaces Working Group. Specification of the KQML agent communication language [S/OL]. [1993-8-12]. <http://www.cs.umbc.edu/kqml-spec.ps>
- [3] W3C. OWL Web ontology language guide [EB/OL]. [2004-2-10]. <http://www.w3.org/TR/owl-guide>
- [4] W3C. Jena - a semantic Web framework for java [EB/OL]. [2004-2-10]. <http://jena.sourceforge.net>

(责任编辑: 王阿军)