

---

# 基于 XML 的企业流程信息协同交互方法研究

胡耀光<sup>1</sup> 范玉顺<sup>1</sup> 王田苗<sup>2</sup>

(1 清华大学自动化系 北京 100084

2 北京航空航天大学机械工程及自动化学院 100083)

**摘要:** 为解决企业间协同商务过程中的流程信息协同交互问题,提出一种基于 XML 的流程描述元模型。在该模型中,定义了基于 PSL 本体的语义映射规则及映射的具体过程,对 PSL 本体进行了语义分析,实现对流程信息的语义层次描述;借助 XML 的语法结构,建立基于 XML 的 PSL 核心元素的描述规则,并作为流程信息语法层次描述的统一标准,实现流程信息协同交互语法层次的信息转换。最后通过具体的供应链协同采购过程实例,验证了该模型及实现方法的有效性和可行性。

**关键词:** PSL; XML; 协同交互; 语义映射

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

作者简介:

1.胡耀光(1974 - ),男,黑龙江人,清华大学博士后,主要从事企业建模、BPR、信息化及规划等研究。

E-mail:huyaoguang@tsinghua.org.cn

2.范玉顺(1962-),男,江苏扬州人,清华大学自动化系教授,博士生导师,主要从事企业建模与分析、 workflow 管理与企业经营过程重组、网络化制造、集成平台、Petri 网等研究。E-mail:fanyus@tsinghua.edu.cn

3.王田苗(1960-),男,湖北武汉人,北京航空航天大学教授,博士生导师,主要从事机器人技术、嵌入式技术、制造装备信息化等研究。E-mail:wtm@public.bta.net.cn

## Research on Process Information Collaboration Based on XML

Hu Yao-guang<sup>1</sup> Fan Yu-shun<sup>1</sup> Wang Tian-miao<sup>2</sup>

(1 Dep. of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China.

2 Dep. Mech. and Auto., Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China )

**Abstract:** To achieve process information collaboration within enterprise collaboration business, a meta-model based on XML for process description was proposed. To realize the semantic description of process information, a semantic mapping rule and procedure based on PSL ontology was defined and semantic of PSL ontology was analyzed. To realize the syntactic description of process information and information exchange, a description rule for PSL core based on XML was established. Finally, to illustrate the validity and feasibility, a case of collaboration purchasing of supply chain was discussed.

**Key words:** PSL; XML; Collaboration; Semantic mapping

---

基金助项目: 973 计划资助项目(2002CB31204-04)、863/CIMS 主题资助项目(2003AA414032)

作者简介: 胡耀光(1974 - ),男,黑龙江人,清华大学博士后,主要从事企业建模、BPR、信息化及规划等研究。

E-mail:huyaoguang@tsinghua.org.cn

## 0 引言

随着网络技术和电子商务的飞速发展,企业间在追求一种更深、更广的合作模式,期望实现集成化、协同一体化的商务运作。实现这种协同运作的关键是要在供应链联盟企业间实现商务流程协同以及商务数据的协同。通过商务流程协同实现企业间商务处理过程的相互理解和互操作,并支持对商务数据的协同交互。商务流程(Business Process)信息协同是指供应链联盟企业间建立在统一的流程描述基础上,能够相互理解各自的业务活动,并协作执行。它是在流程、活动、事件层次上的统一协作。商务数据(Business Data)信息协同是伴随着供应链联盟企业间商务协作过程中的各种数据、信息的模式统一,包括产品设计信息协同、物料采购信息协同等。它是在数据、信息层次上的统一模式。

国内外很多学者对企业间的协同从不同侧面进行了研究,主要集中在产品分布式协同设计、异地协同制造等方面<sup>[1-5]</sup>,但这些研究都是从商务数据信息协同的角度出发,针对具体的产品设计、开发及制造等环节进行的,尚未对协同商务的商务流程信息协同和商务数据信息协同集成方面进行研究。本文在文献<sup>[6]</sup>对分布式信息资源协同交互研究的基础上,进一步针对协同商务过程的流程信息协同交互展开研究,构建了基于XML的流程描述元模型,并对该模型的技术实现作了深入分析和研究,最后通过具体的供应链协同采购过程的XML描述,验证了该模型及方法的有效性。

## 1 基于XML的流程描述元模型

### 1.1 流程定义语言PSL(Process Specification Language)

根据对商务流程信息协同的定义,要实现企业间商务流程信息协同交互,首先要建立统一的流程语义描述,实现企业应用间基于活动层次的互操作。为解决这一问题,许多研究机构提出了一系列流程描述标准,如ALPS、PIF等,以及很多学者应用于流程语义描述的UML(Unified Modeling

Language,统一建模语言)和WfMC(Workflow Management Coalition's Workflow Reference Model,工作流管理参考模型)。但这些流程描述标准和语言都有各自的一套体系,应用的术语也不一样,很难应用这些标准实现企业间的互操作。而目前美国国家标准和技术委员会NIST(National Institute Standard and Technology)正在制定的流程描述语言PSL成为实现流程互操作的候选标准<sup>[7]</sup>,它参考了以往26种过程描述语言的精髓,也把WfMC定义的有关工作流定义的内容考虑进去,因此,引起越来越多的学者注意到PSL在流程描述方面的作用。

PSL采用知识交换格式(KIF,Knowledge Interchange Format)的中性文件作为信息传递媒介,由于PSL的标准规范作用,可以实现流程应用间基于PSL的语义翻译转换;同时由于其语义体系的可扩充性,允许使用者根据自己的需要在PSL的核心及其扩展理论上进一步扩展,并能够在任何PSL的解释系统中进行解释。因此,应用PSL进行流程描述具有很大优势。但由于PSL在流程描述间的信息交互语义描述的复杂性,使得对于复杂的商业流程信息在应用PSL进行描述时可读性很差,实现协同交互也就比较困难。但随着XML技术的日益普及和广泛应用,由于XML在流程描述方面所具有的先天优势,使得采用XML取代PSL中间文件已经成为一种必然趋势<sup>[8]</sup>。

### 1.2 基于XML的流程描述元模型

XML是一种以标记为中心的自描述语言,非常适合于表示PSL术语。同时,XML的元数据语义和可扩展性,使其非常适合于表达顺序和层次化的数据。流程即是一系列顺序的活动组成的,因此,XML用来描述顺序时间点和活动是非常合适的,同时XML也非常适用于表达子活动和子事件。XML的可扩展性表现在其元素组成的模块化,如使用XML命名空间,能够将专有对象描述嵌入到流程规格定义中,并能够从流程定义解释器中分离,以分析对象描述。

基于以上分析,本文结合对PSL语义体系的研究

究，借助于 XML 技术，提出了综合运用 PSL 语义体系结构，采用 XML 取代 PSL 的 KIF 中间文件的流程描述元模型，解决分布式信息资源中关于商务流程信息的协同交互问题。

本文构建基于 XML 的流程描述元模型，如图 1 所示。实现商务应用 A 与商务应用 B 之间的互操作，首先需要按照商务背景知识将商务应用转换为具有流程知识表达的商务流程 A、B；进而以此为基础构造基于 XML 的术语和语法；进一步基于 PSL 本体论模型在流程 A 的语义映射下，将关于流程的 XML 术语和语法翻译为 PSL 术语和 PSL 语法；然后进一步按照商务流程 B 的语义映射，将 PSL 术语和语法翻译为包含 B 的流程语义的 XML 术语和语法；进一步识别包含 B 的流程语义的 XML 术语和语法，解释为 B 可识别的流程信息。

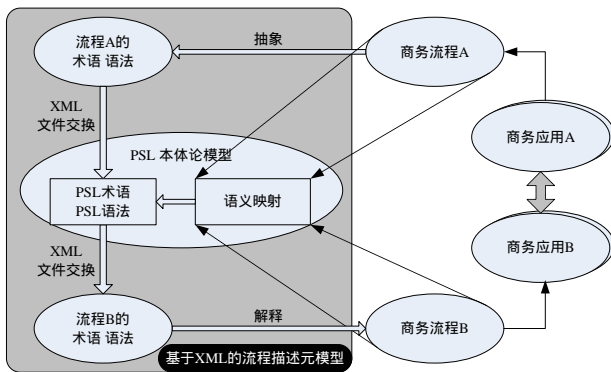


图1 基于XML的流程描述元模型

从以上分析可以看出，图1所示的基于XML的流程描述元模型，采用了两阶段翻译转换机制。本文接下来具体阐述该元模型的技术层次结构以及PSL本体论及其语义映射等元模型技术实现问题。

## 2 基于XML的流程描述元模型的技术实现

本文以PSL本体论模型为核心，提出基于XML的流程描述元模型。其中，语义映射是实现流程之间协同交互的关键内容，也是实现基于XML的流程描述元模型的关键技术。本文参照了语义网层次模型<sup>[9]</sup>有关对信息的语义描述思想，定义了如图2所示的流程信息协同交互的技术层次结构。

由于XML自身具有的层次化结构及与数据库的兼容性，使得应用XML在语法层次上表述流程信息成为可能。但单纯基于XML技术的流程信息交互缺乏语义上的可互操作能力，而采用RDF/RDFS以及PSL Ontology则进一步将基于XML的语法层次的流

程信息交互扩展到基于PSL Ontology的语义层次上，实现对流程信息协同交互在语法和语义两个层次上的信息交换，保证所交换信息表述的完备性。

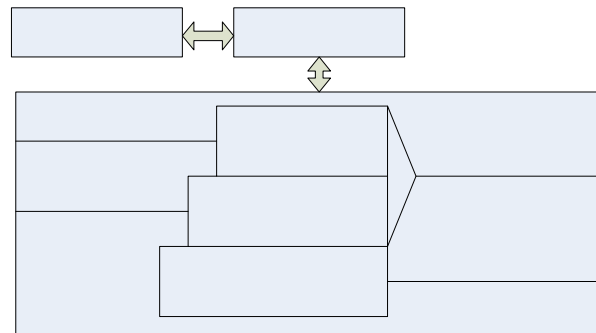


图2 流程描述元模型技术层次结构

### 2.1 PSL本体论模型及其语义映射规则

PSL本体论模型是NIST PSL项目<sup>[10]</sup>的主要研究成果，其核心思想是运用本体论建立有关过程信息的本体论，包含所有与流程描述的概念、术语等信息，以使得所建立的PSL本体论能够应用在所有的流程交互之中。以图1所示为实现异构商务应用A和B之间的互操作，说明PSL本体论模型的映射规则和过程。

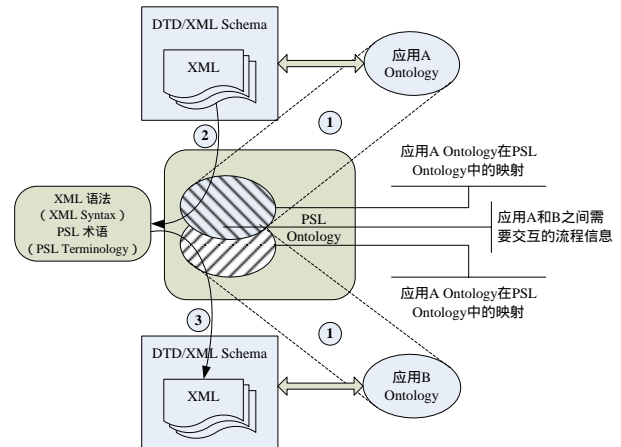


图3 基于PSL本体的语义映射规则

基于PSL本体的语义映射过程共分为以下3个步骤：

(1) 由对两项应用所涉及的知识领域都很了解的人，将应用A和B的本体映射到PSL本体。

由于PSL本体是实现不同应用之间本体语义映射的基础，由NIST创建的PSL本体包含了所有有关流程描述的术语信息，且应用A和B本身已经具备各自的流程本体信息，则应用A和B的本体可以直接映射到PSL本体。映射到PSL本体中的应用A

和 B 的本体重叠的部分就是应用 A 和 B 需要交互的流程信息。

### (2) 应用 A 的术语映射到 PSL 术语

语义层次构建的应用 A 的本体中,已经包括了应用 A 所使用的各种概念、术语。因此,将应用 A 的术语运用 PSL 进行语义描述即完成了映射过程,输出结果为包含了两个应用之间需要交互的信息的 PSL 中间文件。关于描述的具体方法将在 2.2 中进行阐述。

### (3) PSL 术语映射到应用 B 的术语

将步骤 2 输出的 PSL 中间文件中包含的 PSL 术语转换为应用 B 的术语,输出的则是应用 B 能够直接理解的信息语义。

## 2.2 基于 PSL 本体论的语义分析

本文采用了基于本体论的 PSL 作为元模型的核心,因此主要的术语及语法继承了 PSL 的核心语义和 XML 的语法结构。

基于本体论的 PSL 有完整定义的形式化语义,一般采用层次化结构模型。如图 4 所示,给出了基于本体论的 PSL 的语义体系结构。由三部分组成:PSL 核心、核心理论以及 PSL 扩展。基于该体系结构则可以对流程本体信息进行语义描述。

PSL 核心:定义了基于本体论的 PSL 的基本元素,包括:活动、活动发生、时间点和对象四类基本元素,提供了 PSL 中其他术语定义的语义基础。

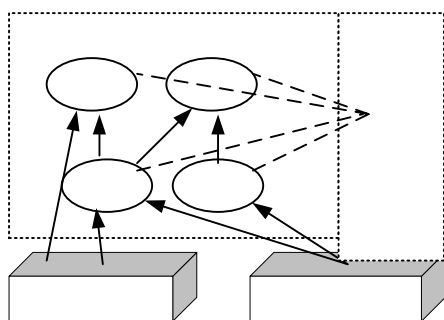


图 4 基于本体论的 PSL 语义结构

活动(activity):一类或一种行动(action)。如“制造”是一个 activity,表示一系列生产加工行动:车、铣、热处理等;

活动发生(activity-occurrence):在特定场所和时间发生的一个事件或行动,是在有限时间段内的一个活动实例。

时间点(timepoint):一个时间点,标志着活动执行的起始和结束的时刻。

对象(object):在 PSL 核心中用来表示除了活动和时间点之外的事物。

基于这四种基本元素,PSL 核心还定义了三种基本关系:

Before:表示两个时间点之间的全序关系,如(before, tp1, tp2)表示时间点 tp2 在 tp1 之前;

Occurrence-of:表示发生活动与活动之间的从属关系,如(Occurrence-of, ao, ac)表示发生活动 ao 从属于活动 ac;

Participates-in:表示给定的对象在时间点参与发生的活动,如(Participates-in, o, ao, tp)表示对象 o 在时间点 tp 参与发生活动 ao。

核心理论:是对 PSL 核心的普遍适用性扩展。由于 PSL 核心只描述表示过程信息的基本共有概念与关系的领域本体论,要使其实用化,必须在 PSL 核心基础上做语义扩展。为保证扩展概念及术语的完备性,必须采用相关的基础理论,在 PSL2.0 中主要采用了资源需求理论、Kripke-Platek 集合论、时限理论以及情景演算等基础理论<sup>[10]</sup>。

PSL 扩展:是以模块化方式提供的一种在 PSL 核心基础上为表达不同应用流程术语的语义定义。PSL 本体论是按照模块组织在一起的,将来根据实际需求可以方便增加新的扩展。PSL 的模块化对支持扩展子集的应用成为可能,也使其能够进行一些特殊的流程描述,而不必应用整个 PSL 本体论。PSL 核心是 PSL 本体论中定义扩展术语的基础,PSL 扩展则通常通过在核心术语上定义约束来定义新的术语。

## 2.3 基于 XML 的语法层次映射

在 PSL 语义层次基础上,借助 XML 的语法结构确定关于流程信息描述的统一标准,实现流程信息协同交互语法层次的信息转换。根据上文给出的 PSL 本体论的语义分析,要实现基于 XML 语法层次的映射,则需要建立基于 XML 的 PSL 核心元素的描述规则,进一步实现对流程信息的语法描述。

### 2.3.1 使用 RDF 描述流程资源

资源描述框架 RDF (Resource Description

Framework)<sup>[11,12]</sup>是由W3C(World Wide Web Consortium)组织开发的一种元数据描述框架,通过运用XML描述各种元数据,确保元数据之间的互操作性。RDF是用于描述流程中各种对象、资源的最好选择,RDF能够根据需要嵌入到流程描述当中,同时RDF模式也非常适合于描述流程对象结构、类、实例以及继承关系。因此,本文采用RDF描述PSL本体论中的对象元素。

### 2.3.2 按顺序描述时间点

根据PSL对时间的定义可知,时间点元素完全可以用来标志活动的起止时间,这为通过时间点建立流程活动的执行顺序提供了依据。通过每个时间点元素的标识符,使流程活动能够按顺序进行描述。如果XML应用使用文档类型定义(DTD)或模式(Schema),则每个时间的唯一标识符就可以使用ID属性来描述,这样时间点便可以使用IDREF来表示或可以选择统一资源标识符(URI)来定义。

```
<!ELEMENT timepoints (timepoint+)>
<!ELEMENT timepoint (#PCDATA) >
<!ATTLIST timepoint
    id ID #REQUIRED >
```

### 2.3.3 对活动进行层次描述

对于每个活动,确定一个唯一标识符(如果使用DTD则带有ID属性)和活动名称。如果活动包含子活动,则需要在一个容器内确定这些信息;如果活动不包含子活动,则要保证在RDF模式中所定义的相关类已经包含了活动所需的资源。

```
<!ELEMENT activity (name,(activity+ | resource*)) >
<!ATTLIST activity
    id ID #REQUIRED >
<!ELEMENT name (#PCDATA) >
<!ELEMENT resource EMPTY >
<!ATTLIST resource rdf:resource CDATA #REQUIRED >
```

### 2.3.4 对活动发生进行层次、并行描述

对于包含在一个父活动中的子活动,要确定其活动发生的先后顺序,便于对其进行描述。对于包含在父活动中的每个子活动发生都包括一个开始时刻和结束时刻,因此可以基于时间点对活动进行层次或并行描述。如果活动发生不能分解成子活动,则在描述活动发生时,则应包括一个该活动发生使用的资源实例的RDF格式的列表。

```
<!ELEMENT occurrence ((occurrence/ac1)+/resource*)>
<!ATTLIST occurrence
    activity IDREF #REQUIRED
    begin IDREF #IMPLIED
    end IDREF #IMPLIED >
<!ELEMENT ac1 (occurrence+) >
<!ATTLIST AC1
    begin IDREF #IMPLIED
    end IDREF #IMPLIED >
```

通过上述分析,基本可以运用XML建立起对一般流程的描述,但由于XML自身语法结构只能表示顺序和父子两种活动关系,虽然在时间点元素的支持下,可以实现对活动发生的并行描述,但仍然限制了上述基于XML流程描述方法对于复杂的流程关系,如条件选择、参数选择等的描述。

为此,本文借助XML所具有的良好可扩展性,扩展出用于表示并行和选择关系的标记符AND\_TAP和OR\_TAP,以此类型表示活动之间的并行(AND)和选择(OR)关系。在XML文件中增加<union>节点元素,在该元素中使用type属性来区分AND\_TAP和OR\_TAP关系。

则对具有选择关系的活动可以基于XML描述表示如下:

表1 具有选择关系活动的XML描述

```
<activity id="a1">
    <name>产品发货</name>
    <union name="休息" type="OR_TAP">
        <activity id="a2">
            <name>看报纸</name>
        </activity>
        <activity id="a3">
            <name>听音乐</name>
        </activity>
    </union>
</activity>
```

## 3 供应链协同采购过程实例

某家电企业H集团其内部企业之间存在着互为市场、互为供应的关系:物流采购中心需要向集团中试彩板部采购冰箱门体,供应给冰箱事业部,H集团内部的三个企业之间形成了内部供应链。对物流采购中心而言,及时了解中试彩板部的生产进

程、库存情况，能够有效提高其对冰箱事业部的供货保障率和及时率，促进供应链的整体协调性。但由于三个企业之间应用系统的不同，相互间的信息交互需要在语法、语义层次上的互操作。

本文仅以物流采购中心和中试彩板部之间的信息交互为例，说明在语义和语法层次上的信息交互。如图 5 所示，物流采购中心向中试采板部下达采购订单后，需要随时与中试采板部进行信息交互，及时了解库存状况和生产进程。篇幅所限，简化交互信息为中试采板部根据自身库存情况进行原材料采购计划制定过程。

**语义层交互：**定义的本体信息包括交互的对象类及其实例，具体有：

订单对象：RO、refrigeratory order

主生产计划象：MPS、3 月份 MPS

物料清单对象：BOM、refrigeratory BOM

库存记录对象：RECORD、refrigeratory record

物料需求计划对象：MRP、3 月份 MRP

独立需求计划对象：SRP、3 月份 SRP

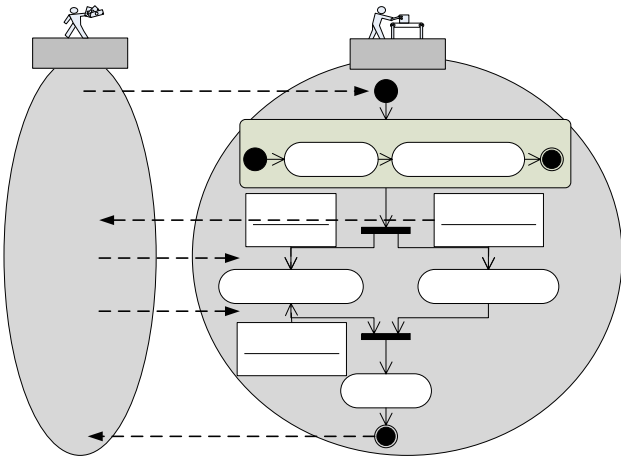


图 5 供应链协同采购信息交互示例

**语法层交互：**基于上文所述，语法层信息交互是以对交互信息的 XML 描述为基础进行的。具体如下：

基于 XML RDF 描述流程资源：

```
<rdf:RDF>
  <
    xmlns:rdf=http://www.w3.org/TR/WD-rdf-syntax-ns#
    <
      xmlns:rdfs=http://www.w3.org/TR/WD-rdf-schema-ns#
      concurrentSubActivities="true">
        <rdfs:Class rdf:ID="RO"/>
```

```
<rdfs:Class rdf:ID="MPS"/>
<rdfs:Class rdf:ID="BOM"/>
<rdfs:Class rdf:ID="RECORD"/>
<rdfs:Class rdf:ID="MRP"/>
<rdfs:Class rdf:ID="SRP"/>
```

```
<RO rdf:ID="refrigeratory order"/>
<MPS rdf:ID="3 月份 MPS"/>
<BOM rdf:ID="refrigeratory BOM"/>
<RECORD rdf:ID="refrigeratory record"/>
<MRP rdf:ID="3 月份 MRP "/>
<SRP rdf:ID="3 月份 SRP "/>
```

</rdf:RDF>

基于 XML 的时间点描述：

```
<timepoints>
  <timepoint id="t1">开始</timepoint>
  <timepoint id="t2">接收订单</timepoint>
  <timepoint id="t3">制定主生产计划</timepoint>
  <timepoint id="t4">制定物料需求计划及独立需求计划</timepoint>
  <timepoint id="t5">制定采购计划</timepoint>
</timepoints>
```

采购计划制定流程活动的 XML 描述：

```
<activity id="a1">
  <name>采购计划制定</name>
  <activity id="a2">
    <name>制定生产计划 MM</name>
    <activity id="a3">
      <name>接收订单</name>
      <resource rdf:resource="planning.rdf#RO"/>
    </activity>
    <activity id="a4">
      <name>制定主生产计划 MPS</name>
      <resource rdf:resource="planning.rdf#RO"/>
    </activity>
  </activity>
  <activity id="a5">
    <name>制定物料需求计划 MRP</name>
    <resource rdf:resource="planning.rdf#MPS"/>
    <resource rdf:resource="planning.rdf#BOM"/>
    <resource
      rdf:resource="planning.rdf#RECORD"/>
  </activity>
</activity id="a6">
```

```

<name>制定独立需求计划 SRP</name>
<resource
rdf:resource="planning.rdf#RECORD"/>
</activity>
<activity id="a7">
<name>制定采购计划 PP</name>
<resource rdf:resource="planning.rdf#MRP"/>
<resource rdf:resource="planning.rdf#SRP"/>
</activity>
</activity>

```

生产计划制定活动发生描述：

```

<occurrence activity="a2" begin="t1" end="t3">
<occurrence activity="a3" begin="t1" end="t2">
<resource
rdf:resource="planning.rdf#refrigeratory order"/>
</occurrence>
<occurrence activity="a4" begin="t2" end="t3">
<resource
rdf:resource="planning.rdf#refrigeratory order"/>
</occurrence>
</occurrence>

```

物料需求计划计划和独立需求计划制定并行活动发生描述：

```

<AC1 begin="t3" end="t4">
<occurrence activity="a5">
<resource rdf:resource="planning.rdf#3月份
MPS"/>
<resource
rdf:resource="planning.rdf#refrigeratory BOM"/>
<resource
rdf:resource="planning.rdf#refrigeratory record"/>
</occurrence>
<occurrence activity="a6">
<resource
rdf:resource="planning.rdf#refrigeratory record"/>
</occurrence>
</AC1>

```

#### 4 结束语

企业间商务过程的理解是企业集成研究的重要内容之一，也是实现企业流程信息协同交互的基础。本文通过对 PSL 本体的深入研究，构建了基于 XML 的流程信息描述元模型，运用 PSL 本体和 XML 实现了对流程信息语义和语法层次的描述，并通过

具体的供应链协同采购过程的流程信息描述，验证了本文提出的基于 XML 的流程描述元模型及其实现方法是现实可行的，为解决企业分布式信息资源中关于商务流程信息协同交互问题提供一种可借鉴的方法。

未来的研究将在本文的提出的方法基础上，集中在基于 PSL 本体和 XML 实现企业模型与应用系统之间的信息交互及其工具的设计开发方面。

#### 参考文献：

- [1] Joe Y Shiau, Svetan M Ratchev, George Valtchanov. Distributed Collaborative Design and Manufacture ability Assessment for Extended Enterprise in XML-based Agent System[C]. Proc. IEEE,2000,0-7695-0798-9/00
- [2] Yan junqi, Shen junying, Jin ye et al. Research and Application of Distributed Collaborative Product Development[J]. China Mechanical Engineering. 2002, Vol13(1):72-76(in Chinese). [严隽琪、沈军营、金烨等. 异地协同产品开发的研究与应用[J]. 中国机械工程, 2002, Vol13(1):72-76.]
- [3] Tian ling, Tong bingshu. Theory and realization of Net-based Collaborative Product Design[J]. Computer Engineering and Applications. 2002.5:3-6(in Chinese). [田凌、童秉枢. 网络化产品协同设计的理论与实践. 计算机工程与应用, 2002, 5:3-6]
- [4] Shen bin, Wang wenjie, Hua gang. A Study on Separate Place Collaborative Manufacturing[J]. Journal of Machine Design. 2001.10:4-6(in Chinese). [沈斌、王文杰、华刚. 异地协同制造的研究. 机械设计, 2000.10:4-6]
- [5] Li Weigang, Mo Rong, Yang Haicheng, Wang Zengqiang, XML-Based Process Modeling in Collaborative Product Development[C], Proceedings of International Conference on eCommerce Engineering, 2001
- [6] Hu yaoguang, Wang tianmiao, Wang jiashun, et al. An Interactive Model of Distributed Information Resource Oriented to Agile Manufacture[J]. Systems Engineering and Electronics. 2002. Vol24(1):17-20(in Chinese). [胡耀光, 王田苗, 王加顺等. 面向敏捷制造的分布式信息资源协

---

同交互模型研究.系统工程与电子技术,2002.  
Vol24(1):17-20]  
[7] SC4ONLINE PSL Overview.[EB/OL].  
[http://www.tc184-sc4.org/SC4\\_Open/SC4\\_Work\\_Products\\_Documents/PSL\\_\(18629\)/](http://www.tc184-sc4.org/SC4_Open/SC4_Work_Products_Documents/PSL_(18629)/)  
[8] Liao qingmiao, Yang jianjun. Research on  
Manufacturing Process Information Integration Based  
on XML[J]. Aeronautical Manufacturing Technology.  
2003.4:50-52(in Chinese). [廖庆妙, 杨建军. 基于XML  
的制造过程信息集成. 航空制造技术, 2003.4:50-52]  
[9] horrocks I, Patel-Schneider P F, van Harmelen F.  
Reviewing the Design of DAML+OIL: An Ontology Language  
for the Semantic Web[C]. Proceedings of the 18<sup>th</sup>

National Conference on Artificial Intelligence and 14<sup>th</sup>  
Conference On Innovative Applications of Artificial  
Intelligence.  
[10] NIST.PSL Ontology--Current Theories and  
Extensions[EB/OL].<http://www.mel.nist.gov/psl/ontology.html>.  
[11] W3C Recommendation. Resource Description  
Framework (RDF) [EB/OL]. <http://www.w3.org/RDF>  
[12] W3C Recommendation. Resource Description  
Framework (RDF) Model and Syntax Specification [EB/OL].  
<http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-syntax-19990105>