

# 面向网络化协同开发的产品数据管理环境

孙清超, 郭 钢

SUN Qing-chao, GUO Gang

重庆大学 装备系统集成技术研究中心, 重庆 400030

Research Center for Equipment System Integration Technology, Chongqing University, Chongqing 400030, China

E-mail: qingchao\_sun@yahoo.com.cn

**SUN Qing-chao, GUO Gang. Product data management environment oriented to Web-based product development. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(7): 220-223.**

**Abstract:** To effectively manage the product data during Web-based product development, the asp & XML-based product data manage environment is put forward. This environment consists of three parts: the product data management environment of each enterprise, the product data management environment in ASP platform, and the data integration environment among heterogeneous systems. The common data source based on variational single layer BOM can ensure uniqueness of product data efficiently, with better extensibility. The asp-based distributed product data management can satisfy the difference of the management modes among these enterprises. The XML-based data exchange mechanism can support adequately the data integration in heterogeneous systems. The case study proves that the environment is practical and effective.

**Key words:** Web-based product development; product data management; Application Service Provider (ASP); eXtensible Markup Language (XML)

**摘 要:** 为了满足网络化协同开发中复杂的产品数据管理需求, 设计了基于 ASP 和 XML 的产品数据管理环境, 该环境主要包括三个部分: (1) 企业内部的数据管理环境; (2) ASP 平台中的数据管理环境; (3) 异构系统数据集成环境。基于单层变式 BOM 建立产业链级数据源, 能够保证 ASP 平台中数据的统一性和良好的扩展性; 基于 ASP 的分布式数据管理能够满足各企业管理方式的差异性要求; 基于 XML 的数据交换机制能够充分支持异构系统的数据集成。最后介绍了该产品数据管理环境在摩托车产业的应用实例。**关键词:** 网络化产品开发; 产品数据管理; 服务提供商; 可扩展标记语言

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.07.067 **文章编号:** 1002-8331(2009)07-0220-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

## 1 前言

日益激烈的市场竞争要求企业在短时间内开发出高质量的产品, 由于单个企业面临着技术、资源等方面的限制, 所以往往需要联合其他企业或机构共同完成产品开发任务, 网络化协同开发就是在此类需求的驱动下, 随着网络技术逐渐成熟而发展起来的一种先进的产品开发策略。专门为企业提供网络化应用服务的“应用服务提供商”(Application Service Provider, ASP)<sup>[1]</sup>的出现, 为网络化协同开发提供了可行的方案。

多个企业在应用 ASP 平台开展网络化协同开发的过程中面临复杂的产品数据管理问题。以某摩托车产品开发为例, 摩托车主机企业(也常常被称为整车厂、盟主企业)主要负责整车、性能和装配结构的开发, 而把约 70%~80%的零部件分配给各级合作伙伴设计开发, 各合作伙伴的开发能力、应用的 CAX 系统、PDM 系统等都具有很大的差异; 另外, 网络化协同开发

团队具有明显的动态性, 随着项目的开始而建立, 随着项目的结束而解体。因此产品数据管理环境需要重点解决两方面的问题: (1) 异构系统间的产品数据有效集成<sup>[2-3]</sup>; (2) 一体化的产品数据管理环境。“异构”数据管理与“一体化”的数据管理并不矛盾, 它们分别侧重于产品数据管理的不同方面, 具有各自的特点, 可以共同为企业联盟提供完整、灵活、应用方便的数据管理环境。

基于上述分析, 设计并开发了面向网络化协同开发的产品数据管理环境: 一方面, ASP 平台提供了完善的数据管理功能, 支持各企业直接应用 ASP 平台管理产品数据, 有利于保证数据在企业联盟内的整体统一及数据管理效率; 另一方面, 构建了基于 XML 的数据集成管理工具, 并以之为“桥梁”将 ASP 平台中的数据管理环境和各企业内的数据管理环境联结为有机的整体。

**基金项目:** 国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2007AA04Z1B1); 国家科技支撑计划项目(National Key Project of Scientific and Technical Supporting Programs No.2006BAF01A41); 重庆市科技攻关计划重大项目(Chongqing Key Project of Scientific and Technical Supporting Programs No.2006AA2009)。

**作者简介:** 孙清超(1979-), 男, 博士生, 主要研究方向: 网络化协同设计、系统集成; 郭钢(1960-), 男, 教授、博士生导师, 主要研究方向: 网络化制造、产品生命周期管理、系统集成等。

**收稿日期:** 2008-08-28 **修回日期:** 2008-11-17

## 2 面向网络化协同开发的产品数据管理环境模型

### 2.1 产品数据管理方式分析

探讨面向网络化协同开发的产品数据管理环境, 必须深入分析两方面的内容: (1) 网络化协同开发中需要对哪些数据进行管理; (2) 如何实现数据的有效共享、实时交互、充分集成。

为了完成复杂产品的开发, 主机企业常常需要联合合作伙伴进行协同开发, 在协同开发过程中不断的产生大量的产品数据。合作伙伴包括配套厂、专业的设计公司、研究院所等, 主机企业和合作伙伴的合作方式多种多样, 不同的合作伙伴往往参与到不同的阶段、不同的活动中。以一般的网络化协同开发过程为例, 在概念设计阶段, 主机企业需要和与合作伙伴相互协作进行概念产品设计、工业设计等, 最终形成产品的概念模型, 确定产品的装配尺寸和装配关系等; 在工程化设计阶段, 主机企业和与合作伙伴按照协同开发计划进行产品设计、计算机辅助分析等, 最终形成 CAD 文件、CAE 文件、设计 BOM 等产品数据; 在工艺/工装设计阶段, 合作伙伴根据主机企业的要求、总成或零部件的特点, 以及自身的设备、工艺条件等进行工艺/工装设计, 最终形成工艺/工装设计文件等; 在试制/试验阶段, 主机企业和与合作伙伴需要就试制/试验方案、结果、改进措施等方面的信息进行协同。

由于网络化协同开发中往往涉及几十、上百家合作企业或部门, 各企业或部门在长期的产品开发过程中形成了适合自身特点的产品数据管理方式, 另外, 考虑到网络化协同开发团队的动态性, 很多企业或部门只是在某一段时间参与到协同开发过程中, 因此, 建立面向网络化协同开发的产品数据管理环境需要充分考虑各企业当前的产品数据管理基础, 并在“一体化管理”与“分布式差异管理”之间寻求最恰当的平衡点。

### 2.2 产品数据管理环境模型的建立

基于上述分析, 建立如图 1 所示的面向网络化协同开发的产品数据管理环境模型。该模型包括三个组成部分: (1) 主机企业及合作伙伴内部的产品数据管理环境; (2) ASP 平台中的产品数据管理环境; (3) 数据集成管理环境。

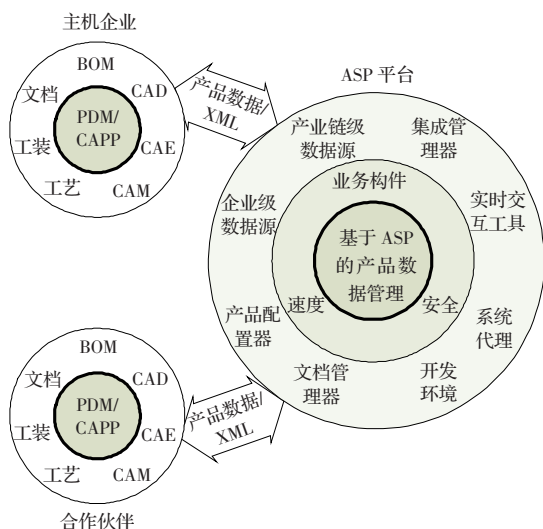


图1 面向网络化协同开发的产品数据管理环境模型

目前很多规模较大的企业都实施了 PDM 等数据管理系统, 并应用 UG、CATIA 等 CAD 系统进行产品设计, 这些企业已经具备比较完善的企业内部产品数据管理环境; 但仍有很多企

业, 尤其是规模较小的企业, 由于经济能力等原因, 目前可能尚未实施 PDM/CAPP 等系统, 三维 CAD 等系统也没有得到广泛应用, 对于这种情况, 可以通过“租用”ASP 服务提供商的 CAX、PDM 等系统建立企业内部管理环境。

ASP 协同开发支持平台中提供了完善的数据管理环境, 支持主机企业和与合作伙伴直接应用 ASP 平台开展协同开发工作、管理产品数据。该环境中, 企业级数据源对应于各企业的产品数据, 由各企业分别进行管理; 产业链级数据源对应于企业联盟的产品数据, 由主机企业负责管理, 产业链级数据源和企业级数据源密切联系而又有所不同: 企业级数据源中涉及很多企业的私有数据, 如零部件编码、工艺文件等, 产业链级数据源以公有数据为主, 如性能参数、安装尺寸等; 为了支持网络化协同开发中的实时交互, 该环境中内嵌了 AutoVue 等实时交互工具。

数据集成管理环境采用了总线型数据集成方式, 后面将详细介绍其实现方式。集成管理器是数据集成环境的一部分, 嵌入到 ASP 平台中主要有两方面的意义: (1) 作为各企业内部数据管理环境之间数据集成的“枢纽”; (2) 更好地实现 ASP 平台内的数据管理环境与各企业的管理环境之间的集成。

如图 1 所示的面向网络化协同开发的产品数据管理环境支持多种产品数据管理方式, 企业可以根据网络化协同开发的要求及自身特点选择恰当的管理方式:

(1) 企业应用 CAD/CAE 等系统完成产品开发工作后, 通过集成管理环境将产品数据上传至 ASP 平台, 并在 ASP 平台内对产品数据进行管理, 即工作环境和管理环境分离。

(2) 在企业内部进行产品开发和数据管理, 并按计划将产品数据提交到 ASP 平台, 即 ASP 平台作为产品数据共享与交互的环境。

(3) 直接通过数据集成环境将数据发放给其它企业, 即 ASP 平台只作为数据集成的“枢纽”。

## 3 关键实现技术

### 3.1 基于单层变式 BOM 的产业链级数据源

为了保证产品数据的安全, 产业链级数据源通常不会面向每个合作伙伴完全共享, 而应该施行特定条件下的部分共享, 即合作伙伴只能提取满足相应条件的部分产品数据或产品数据的部分信息, 所以要求产业链级数据源具有良好的扩展性, 为此我们提出单层变式 BOM 的概念。

单层变式 BOM 单层变式 BOM 可以表示为六元组  $(E, A^E, R, C^R, P^E, X^R)$ , 其中  $E$  表示信息元素集, 涉及零部件、设计文档、工艺文档等类型的信息;  $A^E$  表示信息元素属性集, 每一个信息元素  $e_i$  的属性记录为  $A^E(e_i)$ ;  $R$  为信息关系集,  $r_{ij}$  表示信息元素  $e_i$  对  $e_j$  的依赖关系;  $C^R$  表示信息关系配置条件集,  $C^R(r_{ij})$  为  $r_{ij}$  对应的配置条件;  $P^E$  表示信息属性配置条件集,  $P^E(e_i)$  为信息元素  $e_i$  对应的配置条件;  $X^R$  表示信息关系之间的约束。

与传统的单层 BOM<sup>[4]</sup>相同, 对于 BOM 表中的相同结构关系, 单层变式 BOM 中也只记录一次; 但单层变式 BOM 中信息元素之间的关系是可配置的, 信息元素属性是可选择的, 从而可以在相同的数据源基础上即使针对同一类 BOM 视图也可以构建出不同的产品结构。

为了对产业链中的产品数据及相关信息进行有效的管理, 建立如图 2 所示的产业链级数据源模型, 该模型涉及三个部分: 产品数据管理功能、业务信息和基于单层变式 BOM 的产品

数据。对单层变式 BOM 的管理主要包括维护信息元素属性、信息元素间的关系、配置条件和关系约束等；业务信息一方面联系着产品数据，一方面联系着产品数据管理功能，业务构件是接收、执行业务信息的载体，由应用服务提供商负责设计、开发；产业链级数据源对应的管理功能主要包括两方面：(1)对单层变式 BOM 的维护；(2)与产品开发活动对应的功能，如后面将介绍的按照相应的条件将产业链级数据源中的数据提取到企业级数据源等。

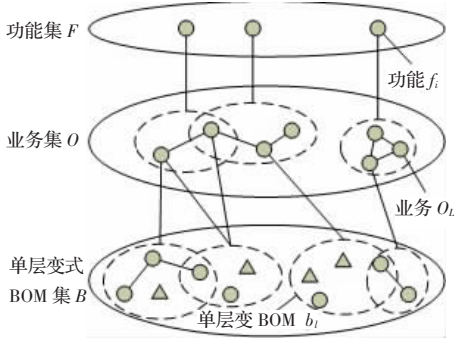


图2 产业链级数据源模型

### 3.2 企业级数据与产业链级数据的转换

在长期的数据管理实践中，各企业形成了各自的信息管理方式。要求产业链中的几十上百家企业完全采用一种方式管理产品数据，虽然能更好的保证数据的一致性，但会对很多企业原有的管理方式带来冲击，从而增加成功实施 ASP 平台的难度。由于产业链级数据源基于单层变式 BOM 构建，具有良好的可扩展性，所以即使各企业采取相互差异的数据管理方式，也可以保证数据在产业链内的整体统一。

将企业级数据空间中的数据归档到产业链级数据空间，并记录为单层变式 BOM 的过程可以形式化的表达为：

$$\begin{aligned}
 tempE_i &= getE(Data_i) \\
 tempR_i &= getR(Data_i) \\
 tempX_i^R &= getXR(Data_i) \\
 B_i' &= (E_i, A_i^{E_i}, R_i, X_i^R) = converToB(tempE_i, tempR_i, tempX_i, B) \\
 B_i &= (B_i', C_i^R, P_i^{E_i})
 \end{aligned} \tag{1}$$

式(1)中，tempE<sub>i</sub>、tempR<sub>i</sub>、tempX<sub>i</sub><sup>R</sup> 分别为直接根据企业级数据空间中的数据集 Data<sub>i</sub> 得到信息元素集、信息关系集和信息关系约束集，函数 converToB 的意义在于实现 tempE<sub>i</sub>、tempR<sub>i</sub>、tempX<sub>i</sub><sup>R</sup> 到单层变式 BOM 基本信息 B<sub>i</sub>' 的转换，E<sub>i</sub>、A<sub>i</sub><sup>E<sub>i</sub></sup>、R<sub>i</sub>、X<sub>i</sub><sup>R</sup> 分别对应于信息元素集、信息元素属性集、信息关系集和信息关系约束集，转换操作主要包括添加新数据和更新数据两种类型。主机企业的数据管理员需设置 B<sub>i</sub> 对应的信息关系配置条件 C<sub>i</sub><sup>R</sup>、信息属性配置条件 P<sub>i</sub><sup>E<sub>i</sub></sup> 等信息，以支持各合作伙伴提取数据或同步企业级数据空间。不进行设置表明数据对各合作伙伴完全共享，即所有企业都可以提取产业链级数据空间中的所有数据，查看数据的所有属性信息。

从产业链级数据源提取数据或对企业级数据同步化的过程可以形式化的表达为：

$$\begin{aligned}
 (O_i, A_i^{O_i}, X_i^R, P_i^{E_i}) &= query\ inf(f_i, corp_j, Condition_k) \\
 B_i &= findB(O_i, A_i^{O_i}, X_i^R, P_i^{E_i}) \\
 Data_i &= convert(B_i, Rule_j, Data)
 \end{aligned} \tag{2}$$

式(2)中，f<sub>i</sub> 为合作伙伴 corp<sub>j</sub> 选择执行的功能，Condition<sub>k</sub> 为信息检索条件集，O<sub>i</sub>、A<sub>i</sub><sup>O<sub>i</sub></sup>、X<sub>i</sub><sup>R</sup>、P<sub>i</sub><sup>E<sub>i</sub></sup> 分别为根据 f<sub>i</sub>、corp<sub>j</sub>、Condition<sub>k</sub> 确定的数据检索业务集、业务属性集和信息关系配置条件集、信息属性配置条件集；根据 O<sub>i</sub>、A<sub>i</sub><sup>O<sub>i</sub></sup>、X<sub>i</sub><sup>R</sup> 和 P<sub>i</sub><sup>E<sub>i</sub></sup> 可以通过函数 findB 得到符合条件的单层变式 BOM 集 B<sub>i</sub>；根据 B<sub>i</sub> 和合作伙伴 corp<sub>j</sub> 的产品配置规则 Rule<sub>j</sub>，并结合合作伙伴当前的产品数据信息 Data，最终得到企业级产品数据 Data<sub>i</sub>。

### 3.3 基于 XML 的异构系统数据集成

XML 是由 W3C 组织开发的一种标记语言，它确定了一种数据的表示方法，能使数据在异构系统之间平稳而无障碍地传输和共享。元模型<sup>[5]</sup>(meta-model)是用来定义语义模型构造和规则的，统称为定义表达模型的语言。它描述了如何建立模型、模型的语义或模型之间如何集成和互操作等信息，元模型的抽象程度比模型高，通用性和一致性更好。由于 XML 并不规定数据结构的语义，为了应用 XML 技术实现异构系统间的数据交换，需要采用元模型文件(\*.xsd)定义数据文件(\*.xml)对应的数据交换协议，相对于数据文件，元模型文件是稳定的。如为了实现 CATIA 系统与 ASP 平台内数据管理环境的集成，采用 XML Schema 定义的元模型文件(\*.xsd)的片段为：

```

<complexType name="partinfoType">
<sequence>
  <element name="partCode" type="string"
    minOccurs="1" maxOccurs="1">
  </element>
  <element name="partVer" type="string"></element>
  <element name="partName" type="string"
    maxOccurs="1" minOccurs="1">
  </element>
  .....
</sequence>
</complexType>

```

企业联盟中各企业应用了很多不同类型和版本的信息系统，通过点对点方式(数据接口)实现各异构系统间及异构系统与 ASP 平台间的数据集成是一项工作量巨大的工作。所以构建了如图 3 所示的基于 XML 的数据集成管理系统，该系统采用总线式的数据集成管理方式：将适配器嵌入到各异构系统及 ASP 平台中，各异构系统间不直接进行数据交互，而是应用适配器以消息流的方式通过数据集成管理器实现异构系统间接的数据交互。基于 XML 的数据集成管理系统具有良好的扩展性，当新的异构系统添加到数据管理环境后，只需要将对应的适配器嵌入到新的系统中则可以实现与数据管理环境中其他

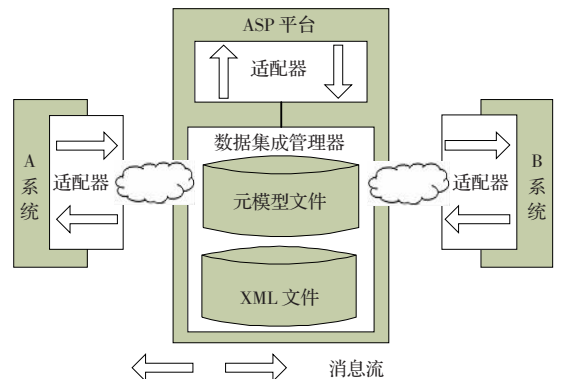


图3 基于 XML 的数据集成管理系统



(a) 产业链级数据源管理

(b) 分布式产品数据管理

(c) 异构系统的数据集成

图 4 面向网络化协同开发的产品数据管理环境实例

系统间的数据集成。

#### 4 应用实例

本文的研究内容是 863 计划项目“面向典型离散制造业的快速响应客户的产品开发平台”及国家科技支撑计划项目“面向摩托车零部件、五金、灯具产业集聚区域的制造业信息化服务平台开发与应用”的重要组成部分, 目前我们已经根据上述研究内容构建了基于 ASP 的产品数据管理环境, 如图 4 所示。图 4(a)、图 4(b) 分别为基于 ASP 的产业链级数据源管理、企业级数据源管理界面, 图 4(c) 所示为基于 XML 的产品数据集成管理界面。

目前数家摩托车主机企业分别联合各自的数十家协作企业应用该 ASP 平台开展网络化协同开发。由于各企业的管理需求和数据管理基础差异较大, 所以整个产业链中各企业采用的数据管理方式有很大不同: 主机企业内部的产品数据, ASP 平台中的产品数据管理环境主要管理外购件、外协件开发中产生的产品数据及相关信息, 企业内部管理环境和 ASP 平台中的管理环境通过数据集成管理系统保持数据的一致性; 一些规模较大、产品数据管理基础较好的协作企业采用了和主机企业类似的产品数据管理方式; 大多协作企业目前尚未实施 PDM 等系统, 通常直接应用 ASP 平台提供的数据管理环境管理产品数据, 并通过数据集成管理系统实现 CAX 与 ASP 平台中数据管理环境的集成。

#### 5 结论

针对网络化协同开发中复杂的产品数据管理需求, 设计、开发了基于 ASP 和 XML 的产品数据管理环境, 该产品数据管理环境具有以下特点: (1) 将产品数据管理环境分为企业内部的管理环境、ASP 平台中的管理环境和数据集成管理环境三部分, 其中数据集成管理环境起到了其它两部分之间“桥梁”的作用; (2) 基于单层变式 BOM 的产业链级数据源保证了 ASP 平台中数据的一致性和良好的扩展性; (3) 基于 XML 的总线型数据集成管理系统便于构建且易于扩展。

在摩托车产业的成功应用证明了该数据管理环境可以适应复杂的数据管理情况, 网络化协同开发过程中, 各企业可以结合自身实际灵活地采取产品数据管理方式。

#### 参考文献:

- [1] 贾振元, 卢晓红. 面向应用服务提供商服务的区域网络化制造系统[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(5): 709-714.
- [2] 仁南, 葛世伦. 基于 XML 的单元制造企业异构 BOM 数据交换集成研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(33): 179-182.
- [3] 朱夏, 王茜. 异构系统间数据交换模型的设计与实现[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2006, 36(2): 226-231.
- [4] 郭钢, 程静波, 刘飞. 产品生命周期中单/多层 BOM 表示与应用[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(1): 59-64.
- [5] 鹿旭东, 万建成. 元模型支持下的模型转换[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(36): 72-75.

(上接 208 页)

扩展频谱时钟的基频辐射。

实验结果如表 1。

表 1 实验结果

时钟源(16 MHz)	晶振	DS1086L
辐射强度/dB	13.1	-4
辐射强度差值/dB	17.1	

对比测试参数可以看出: 在扩展频谱时钟芯片的中心频率 16 MHz 处, 扩展频谱时钟芯片的电磁辐射强度比普通时钟振荡器降低了 17.1 dB, 根据理论公式(1)计算的频谱衰减值为 19.1 dB, 理论结果与实验得到的数值比较符合。同时这项实验结果也表明, 用扩展频谱时钟替代普通晶振, 可明显降低电子系统的电磁辐射。

#### 4 结论

采用扩展频谱时钟技术降低基于微处理器的电子设备的电磁辐射, 具有成本低, 通用性强, 附加电路少, 基本不需改动

原有电路设计等优点。扩展频谱时钟技术对计算机及外设的电磁辐射降低也有很好的效果, 具有很强的工程应用价值和前景。这项技术的引入, 对于提高我国目前电子产品的电磁兼容性设计水平, 降低设计成本有着积极的意义。

#### 参考文献:

- [1] 周志敏, 纪爱华. 电磁兼容技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [2] 江思敏. PCB 和电磁兼容设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] Alfonso J, Lorenzo S. SSSC Methods of EMI emissions reduction applied to switching power converters[D]. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya, 2004.
- [4] 周胜海. 高速混合电路的 EMC 设计[J]. 电子工艺技术, 2005, 26(2): 98-110.
- [5] Hsieh M. 时钟电路的电磁波干扰[J]. 世界电子元器件, 2004(2): 34-36.
- [6] Maxim Integrated Products. DS1086L datasheet[EB/OL]. [2008-04-23]. <http://www.maxim-ic.com>.
- [7] Oxford Semiconductor Ltd. OX16PCI958 datasheet[EB/OL]. [2008-04-23]. <http://www.oxsemi.com>.