

基于模板的虚拟企业制造信息跟踪方法研究

孙惠斌^{1,2}, 江平宇^{1,2}

(1. 西安交通大学机械工程学院, 710049, 西安; 2. 西安交通大学
机械制造系统工程国家重点实验室, 710049, 西安)

摘要: 针对虚拟企业制造执行过程中对进度跟踪、成本跟踪和质量跟踪的需求, 提出了一种基于实例化模板 (TIT) 网络模型的制造信息跟踪方法. 该方法采用模板封装制造信息, 用模板结构树体现产品信息对于不同配置、不同组织结构的交叉, 并用 TIT 网络模型体现了制造信息在时间坐标轴上的动态性. 在 TIT 搜索算法的支持下, 通过制造和管理数据的实时视图和历史视图, 实现了制造信息的实时跟踪与历史跟踪, 不仅满足了虚拟企业中不同人员跟踪制造执行过程的需求, 而且为移动制造协同提供了数据源.

关键词: 模板; 制造信息跟踪; 实例化模板网络

中图分类号: TH166 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-987X(2006)01-0036-04

Template-Based Manufacturing Information Tracking Method for Extended Enterprise

Sun Huibin^{1,2}, Jiang Pingyu^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;
2. State Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: To meet the requirements of progress tracking, cost tracking and quality tracking in product-driven e-manufacturing process, a time-dependent instantiated template (TIT) net-based manufacturing information tracking method is proposed. Adopting manufacturing information templates to encapsulate manufacturing information, relationships between production information and variant configuration or organization are described by a template structure tree. The enterprise information variation is recorded in TIT-net. Based on TIT-net searching algorithm, information tracking is realized via the history view and in-time view, thus the manufacturing execution process tracking for variant users in extended enterprises is completely implemented to provide data resources for mobile manufacturing collaboration.

Keywords: template; manufacturing information tracking; time-dependent instantiated template net

在产品驱动的 e-Manufacturing 过程中, 与一个产品相关的制造任务涉及虚拟企业、盟员企业、供应商等多种实体, 但无论从核心企业还是盟员企业的角度看, 跟踪一个产品或任务的进度往往十分困难.

针对该问题, 国内外所进行的相关研究工作包

括 Michael 和 Walter^[1] 提出的企业信息门户框架, 以及 Rezayat^[2] 提出的 Enterprise Web Portal、William^[3] 研究的制造资源的 Web Services 化问题和王刚等^[4] 人所研究的网络化制造中的制造信息交换技术等. 然而, 这些研究大多着眼于简单的信息共享或对使能技术的研究, 而并未考虑虚拟企业核心制

造信息的保护问题,也未考虑产品信息对于不同配置、不同组织的交叉问题,以及产品信息的动态性问题等.因此,本文提出了模板结构树、基于时间的实例化模板网络等概念,在实例化模板(TIT)网络搜索算法的支持下,通过制造和管理数据的实时视图和历史视图,实现了在虚拟企业中制造信息跟踪的自动化.

1 TIT 基本理论

1.1 模板与模板结构树

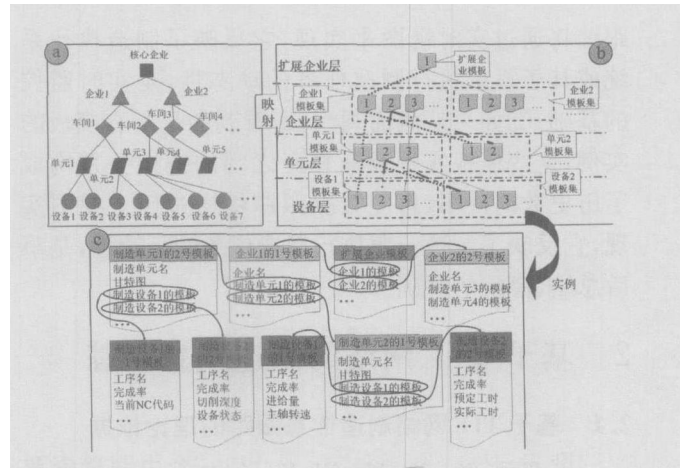
为了体现制造信息集合对不同人员或组织的不同配置,e-Service 模型提出了模板的概念,并把模板作为制造信息的容器^[5,6].模板中的内容是制造信息全集的一个子集,或者是信息子集的一个统计、运算和分析的结果,模板只是定义了其中所包含的项目,而并不包括各项内容.根据制造资源的不同类型,信息上传中所用到的模板也分为企业层模板、单元层模板和设备层模板.为了对信息子集进行有效的控制,一个制造资源往往有多个模板,并由这些模板构成一个模板集合.其中,每个模板涉及的信息子集的大小不同,而不同制造资源的模板之间还存在着链接关系,并由模板结构树表达这种链接关系.模板结构树是一个二维空间中的网络,它的结构源自于制造执行系统的结构,并用一个树形结构描述制造执行系统中不同层次、不同制造资源的不同模板之间的链接关系.在树中,一个制造资源都有若干个不同信息量级的模板,而根据制造信息共享控制方法,一个角色只有权查看其中一个模板中的信息,一个角色可查看的各级模板之间存在着链接关系,并形成模板子树.不同的模板子树体现了制造信息对于不同用户和角色的不同配置,所有模板子树集合在一起,就构成了一个模板结构树.

如图 1 所示,图中 b 部分中的虚线反映了模板之间存在的链接关系,并构成了模板结构树的一个子树,其中双点划线所链接的模板又构成了模板结构树的另外一个子树,模板之间的链接关系和一个模板结构子树的实例如图中的 c 部分所示.

1.2 实例化模板网络

模板实例化就是在制造执行过程中,模板中的各项目被自动或手动填写,实例化模板或模板实例则是这一操作的结果.随着制造的执行,同一模板在不同的时间产生不同的实例,这反映了制造信息在时间轴上的动态性,并由实例化模板网络体现.

TIT 网络模型是一个三维空间中的网络模型,

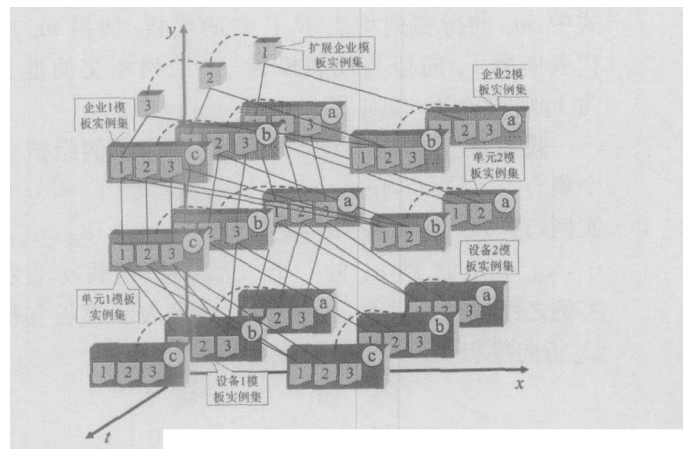


a:制造执行系统;b:模板结构树;c:模板结构

子树的实例;1~3:模板编号

图 1 模板结构树示例

该模型在与模板结构树垂直的方向上建立了时间轴,在某一时刻,同一个制造资源的不同模板都同时被实例化,产生一批具有时间戳的实例化模板.每一个制造资源的实例化模板都沿着时间方向按时间顺序排列,在模板不断被实例化的过程中,由模板结构树所确定的模板之间的链接关系保持不变,而在同一制造资源的同一类模板实例中,上层模板的最新实例所链接的是下层模板的最新实例.如图 2 所示,虚拟企业模板和企业 1 的模板都分别产生了 3 个实例,但虚拟企业模板和企业 1 的 1 号模板之间的链接关系却保持不变,其他亦然.在实例化模板网络中,由于观察的角度不同,因此会产生实时数据视图和历史数据视图:如果从逆时间轴的方向观察,所看到的是所有模板的最新实例,这些模板实例及其相互之间的链接关系构成实时数据视图,实时数据



a~c:属于一个制造资源的多个模板实例集;1~3:每个

实例集中的多个模板实例;t:时间

图 2 实例化模板网络示例

跟踪将通过实时视图来实现,它反映了制造执行系统或其子系统执行制造任务的动态性,是实时监控的基础;如果从侧面观察,所看到的是所有模板的实例,这些模板实例及其相互之间的链接关系构成了历史数据视图,历史数据跟踪将通过历史视图实现,它反映了制造资源执行制造任务的延续性,是事后总结、评价的基础。

2 基于 TIT 网络的制造信息跟踪

2.1 基于 TIT 网络制造信息跟踪的理论依据

设 $m = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_s\}$ 是一个由制造资源所组成的集合,其中一个制造资源最多拥有 k 个模板,则用户对模板的权限关系为

$$m_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

式中: m_i 的行表示制造资源,列表示制造资源的模板; m_i 中 1 表示用户有权限获取对应制造资源中对应编号模板所涉及的信息。显然,矩阵每一行的数字中最多只能有一个 1。设 m_i 中共有 j 个 1,则这 j 个 1 所对应的模板组成集合 $T = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_j\}$ ($j \leq k$)。T 中各模板之间存在的链接关系可用 T 上的二元关系 v 表示。 v 的关系矩阵为

$$m_v = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

式中: m_v 的行和列均表示 T 中的模板。如果 m_v 中代表模板 T_a 的行与代表模板 T_b 的列相交的地方为 1,则表示 T_a 指向 T_b 。

设模板 T_a 共有 p 个实例,则这些实例组成一个集合 $w_a = \{w_{a1}, w_{a2}, w_{a3}, \dots, w_{ap}\}$,模板 T_b 有 q 个实例,这些实例组成一个集合 $w_b = \{w_{b1}, w_{b2}, w_{b3}, \dots, w_{bq}\}$ 。从 w_a 到 w_b 的一个二元关系(函数) c 表示实例之间的链接关系,元素 (w_{ai}, w_{bj}) 表示模板实例 w_{ai} 指向模板实例 w_{bj} 。 c 的关系矩阵为

$$m_c = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

根据 c 即可在 TIT 网络中搜索,并获得相应的子树。

2.2 基于 TIT 网络制造信息跟踪的实现

实例化模板网络既体现了制造信息与不同配置、不同组织的交叉,又体现了制造信息在时间轴上的动态性,这使得实例化模板网络具有复杂性,同时也对基于实例化模板网络的制造信息跟踪造成了障碍。为了解决这个问题,实例化模板网络提出了相应的搜索算法,这个算法的程序如下。

程序 TIT-searching (u, r)

步骤 1 $t = \text{getTemplate}(u, r)$

步骤 2 $m = t.\text{getLinkCount}()$

步骤 3 $n = t.\text{getInstanceCount}()$

步骤 4 for $i = 1, 2, 3, \dots, n$

(1) $\text{instance} = t.\text{getInstance}(i)$

(2) $\text{instance.output}()$

(3) for $j = 1, 2, 3, \dots, m$

$\text{instance.linkTo}(j)$

程序中的 u 是当前用户, r 是被跟踪的制造资源。步骤 1 根据制造信息共享控制方法,为当前用户获取一个合适的模板,然后获取模板的链接数(步骤 2)和实例数(步骤 3)。在步骤 4,程序依次输出模板的所有实例和由这些实例所链接的其他实例。

例程 $\text{linkTo}()$ 输出一个模板实例所链接的其他实例如下。

例程 $\text{linkTo}(j)$

步骤 1 $\text{instance} = \text{getLink}(j)$

步骤 2 $\text{instance.output}()$

步骤 3 $m = \text{instance.getLinkCount}()$

步骤 4 for $j = 1, 2, 3, \dots, m$

$\text{instance.linkTo}(j)$

这个例程在步骤 1 获取了一个编号为 j 的实例,然后将其输出(步骤 2),接着例程获取这个实例的链接数(步骤 3),并通过递归调用自己,依次输出链接在这个实例上的其他实例。

3 实例研究

利用 TIT 网络实现制造信息跟踪的实例如图 3 所示。在图 3 中,零件泵体被定为外协件,并由盟员企业的泵体加工单元生产。根据甘特图,该泵体制造工艺的 6 道工序分别由泵体加工单元中的数控铣床和数控车床完成。在制造过程中,涉及到企业、单元、设备等多种制造资源,而每一个制造资源都拥有多个不同信息量级的模板。根据核心制造资源保护策

略,一个角色的权限只能查看每一个制造资源的一个模板中的信息,并且个人有权限的模板相互链接,形成一个模板子树.所有的模板子树都形成一个模板结构树,随着制造过程的进行,模板结构树中的模板不断被实例化,形成 TIT 网络.在 TIT 网络搜索方法的支持下,各相关人员就可以跟踪实时和历史制造数据.从图 3 中还可以看出,盟员企业负责人和单元负责人分别在 t_1 和 t_2 跟踪制造信息,但所跟踪的信息项目是不同的.其中,单元负责人甚至有权跟踪制造单元的甘特图和工序质量控制图,虚拟企业负责人分别在 t_3 跟踪历史制造信息,得到 2 个实例化模板子树,并且其中的项目完全相同(历史数据和实时数据,见图 3 中的 c 和 d 方框).此外,由于篇幅所限,因此图中只表示了向下跟踪的情况,横向跟踪和向上跟踪的实现方式与此相同.

基于 TIT 网络的制造信息跟踪为移动制造协同提供了数据源,使得相关人员通过工作站、PC 机、PDA 甚至智能手机就可及时地跟踪制造过程,还可以在移动协同环境中参与讨论,共同解决制造过程中出现的问题.

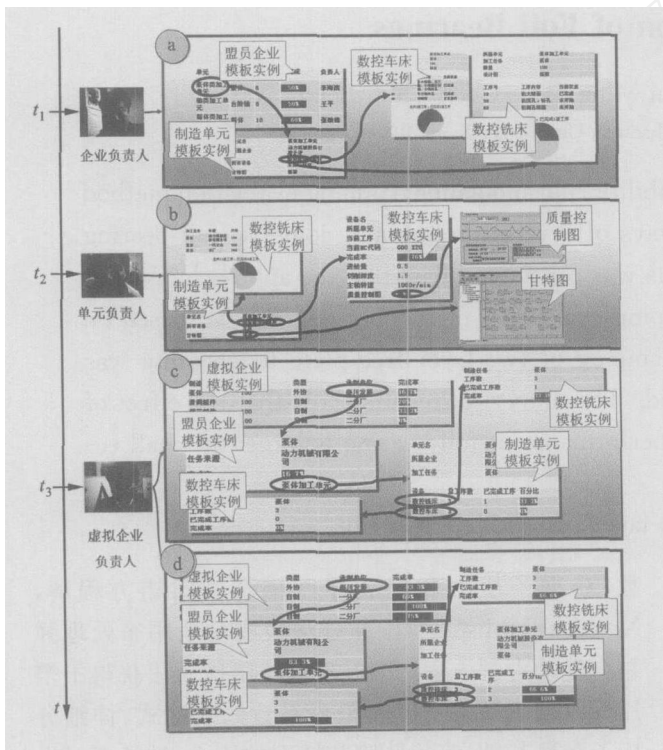
4 结 论

本文以实现虚拟企业中制造和管理信息的跟踪为目的,提出了模板结构树的概念,解决了产品信息对于不同任务、不同配置、不同组织结构的交叉问题.在此基础上,利用 TIT 网络描述了企业信息在时间轴的动态性,而基于 TIT 网络的搜索算法则为制造和管理信息的跟踪打下了基础.最后,通过虚拟企业中跟踪泵体制造信息的一个实例,证明了本文提出的方法是可行的.

参考文献:

- [1] Michael F S C, Walter W C C. A framework to develop an enterprise information portal for contract manufacturing [J]. Int J Production Economics, 2002, 75 (1): 113-126.
- [2] Rezayat M. The enterprise-web portal for life-cycle support [J]. Computer-Aided Design, 2000, 32 (2): 85-96.
- [3] William A E. An evaluation framework for developing Web Services in the next generation manufacturing enterprise [J]. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2003, 19(1): 509-519.
- [4] 王 刚. 网络化制造信息交换模式及其实现技术研究 [D]. 重庆:重庆大学机械工程学院,2003.
- [5] Jiang P Y, Zhou G H, Liu Y. E-service platform for networked manufacturing [J]. International Journal of Integrated Manufacturing Systems, 2002, 13(5): 306-318.
- [6] Jiang P Y, Zhang Y F. Visualized part manufacturing via an online e-service platform on web [J]. International Journal of Concurrent Engineering: Research and Applications, 2002, 10(4): 267-278.

(编辑 管咏梅)



a ~ d:实例化模板子树; $t_1 \sim t_3$:时间

图 3 制造信息跟踪实例图