

基于角色-活动模型的移动制造协同链建模

孙惠斌^{1,2}, 江平宇^{1,2}

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

摘要: 针对移动制造协同过程的动态性、协同性和异构性, 提出了移动制造协同链的概念和一种角色-活动模型。该模型针对移动制造协同过程的特点, 综合考虑了角色、活动、流程之间的关系。在分别对角色和活动的属性进行编码的基础上, 该模型通过遗传操作实现了活动的变异与过程的变异。建模过程则按照活动定义、角色定义、模板定义和项目的定义的顺序实现。所开发的原型系统证明, 基于角色-活动模型的移动制造协同链模型满足了移动制造协同过程建模的需求。

关键词: 移动制造协同链; 角色; 活动

Mobile Manufacture Collaboration Chain Modeling with Role-activity Model

SUN Huibin^{1,2}, JIANG Pingyu^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049;

2. National Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

【Abstract】 To enable a dynamic, collaborative and heretical mobile manufacturing collaboration process, the concept of mobile manufacturing collaboration chain is proposed. And role-activity model is put forward to implement it. Based on specific requirement, the model focuses on relationship between roles, activities and workflow. By coding attributions of roles' and activities', modification of chain is implemented through genetic operation, such as crossover, copy, mutation and clone. Along the sequence of activities definition, roles definition, templates definition, projects definition and chain models are established. A developed prototype shows that role-activity model meets the need of process modeling in mobile manufacturing collaboration.

【Key words】 Mobile manufacture collaboration chain; Role; Activity

在移动制造协同^[1]环境下, 制造资源具有分散性、协同人员具有移动性、协同过程具有异地同步性、协同终端具有异构性。这些因素使得移动制造协同过程的建模成为一个难题。借鉴 workflow 技术^[2,3]、制造过程建模^[4]、协同过程建模^[5]的研究成果, 本文提出了角色-活动模型的概念和建模流程, 并将其用于移动制造协同链的建模。

1 移动制造协同链的基本概念

移动制造协同链是指在移动制造协同环境下, 制造协同过程的计算机化表达, 是移动制造协同工作开展的依据。它涉及产品设计、工艺设计、加工制造、物流管理、质量控制、产品销售等各个阶段, 通过描述业务流程和活动, 集成了人员、硬件设备、软件资源等。

为更精确地描述其含义, 移动制造协同链的定义如下:

定义 1 移动制造协同链是一个执行过程 P , 基本过程是 P 的基本单位, 即 P 是基本过程的集合;

定义 2 $P_{\text{step}}=A-T$ 表示一个基本过程, 其中 T 表示一个任务, A 表示执行者, 运算符“-”表示 A 与 T 之间的执行关系, 即任务 T 由执行者 A 执行, P_{step} 也是一个过程;

定义 3 如果 P_1 和 P_2 是两个独立的过程, 那么“ P_1, P_2 ”也是一个过程。运算符“,”在这里表示 P_1 与 P_2 之间的顺序执行关系, 即 P_1 执行后不执行其它过程, 而立即执行 P_2 ;

定义 4 如果 $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ 都是独立的过程, 那么“ $\bigcup_k (P_1, P_2, P_3, \dots, P_n), (1 \leq k \leq n)$ ”也是一个复合过程。运算符

“ \cup ”在这里表示这些活动之间的一种分支关系, 阈值 k 表示其中至少 k 个独立过程结束时这个复合过程结束。

2 角色-活动模型的基本原理

2.1 基本概念

所谓角色-活动模型, 就是把移动制造协同过程中的流程抽象为角色与活动之间关系的一种建模方法。该模型主要包括以下几种构成元素:

(1) 角色是参与某一个活动人员或组织单元, 是该活动的执行者, 即一个角色只与一个活动对应;

(2) 活动相应于制造协同过程中任务;

(3) 控制流用来定义活动之间的顺序关系, 用实线箭头来表示;

(4) 执行流用来定义角色与活动之间的执行关系, 用虚线表示。

角色-活动模型用图的方式表达了以上 4 种元素之间的关系。在一个角色-活动模型中, 设 A 是由所有的活动组成的集合, R 是所有的角色组成的集合, 集合 $V=A \cup R$ 。那么, 角色与活动之间的执行关系可以用 R 与 A 的一个关系

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划基金资助项目(NCET-04-0928); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20040698007)

作者简介: 孙惠斌(1977-), 男, 博士生, 主研方向: 网络化制造, e-制造, 制造协同等; 江平宇, 教授、博导

收稿日期: 2006-02-24 **E-mail:** sun_huibin@mail.xjtu.edu.cn

$E = \{(r,a) | r \in R, a \in A, r \text{ 执行 } a\}$ 表示。其中序偶 (r,a) 的物理意义是角色 r 执行活动 a 。由于角色与活动之间为一一对应关系，不存在单独的角色或活动，因此 E 是一个可逆的函数关系。另一方面， E 其实是一个执行流组成的集合，图 $G = \{V, E\}$ 就形式化表达了这种执行关系。同时，活动与活动之间的顺序关系可以用 A 中的一个关系 $C = \{(a_1, a_2) | a_1 \in A, a_2 \in A, a_2 \text{ 紧接在 } a_1 \text{ 后面}\}$ 表示。其中序偶 (a_1, a_2) 表示活动 a_1 在前，活动 a_2 在后， a_1 执行完后立即执行 a_2 。 C 其实是一个控制流组成的集合，则有向图 $D = \{A, C\}$ 则形式化表达了这种执行关系。最终，图 $W = G \cup D$ 就形式化表达了这个模型。

例如，在图 1 中，设 $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ ， $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$ ，则 $E = \{(r_1, a_1), (r_2, a_2), (r_3, a_3), (r_4, a_4), (r_5, a_5)\}$ 表示了角色与活动之间的执行关系。这种关系可用图 $G = \{V, E\}$ ($V = A \cup R$) 表达。关系 $C = \{(a_1, a_2), (a_1, a_3), (a_3, a_4), (a_2, a_5), (a_4, a_5)\}$ 表示了活动之间的顺序关系，则这种关系可用图 $D = \{A, C\}$ 表达。设 T 是 D 的邻接矩阵，则

$$T = \begin{matrix} & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \\ a_1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ a_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ a_3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ a_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ a_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

这个模型可用图 1 中的图 $W = G \cup D$ 表示。

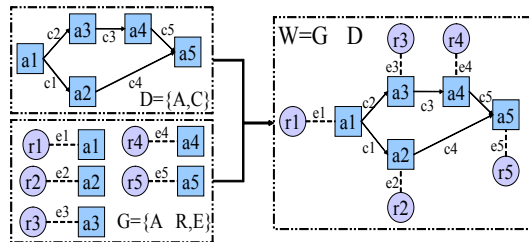


图 1 角色-活动模型示例

此外，模板是描述移动协同制造中典型过程的抽象模型。它只定义同类过程中用到的活动和角色，以及它们之间的执行关系和顺序关系，而不指定该过程所执行的任务、各角色的扮演者、各活动所需的设备和程序，是一个不可执行的过程。项目则是模板的实例。它面向某一具体任务，完全继承模板中定义的所有内容。它设定了模型运行所必需的参数，分配了每个活动执行所必需的设备、人员和程序等，是一个可执行的过程。例如，描述工艺设计、工序质量控制、工序物流管理等过程的模型是一个模板，而描述某个轴的外圆车削质量控制过程的模型是一个项目。它是模板“工序质量控制”过程的一个实例。总的来说，模板就像是一个类，而项目则是基于这个类的对象。

2.2 角色及其编码

角色是一个抽象的概念，是具有执行能力的一个实体。它不等同于实际中的用户，但用户可以根据需要扮演一个或几个角色。角色可以分成人员类角色、设备类角色、终端类角色和软件类角色等 4 类。

- (1) 人员类角色用于描述具有某些特性的人员，如主持人、参与者、操作者等；
- (2) 设备类角色用于描述过程中所涉及的设备，如服务器、数据库、机床、测量机等；
- (3) 终端类角色用于描述过程中实现用户与系统之间交互的终端，如 PC 机、PDA、Smart Phone 等；
- (4) 软件类角色用于过程中所涉及的软件，如数据处理程

序、数据采集程序等。

在角色 - 活动模型中，一个角色的性状由其基因型决定。如图 2 所示，基因片段由 9 位编码表示，前 8 位为活动的类型编码，最后一位为角色对此活动的性状，0 表示隐性，1 表示显性。当某一角色在某一活动上的性状为显性时，则该角色具有执行该活动的的能力。一个角色的基因型由多个这样的基因片段组成，表示角色在多个活动上的性状。

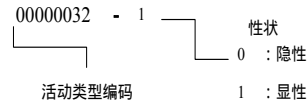


图 2 角色的编码示例

在图 2 中，代码“00000032”表示类型为“数据采集”的活动，最后一位表示性状为显性，即该角色具有执行数据采集活动的的能力。

2.3 活动及其编码

活动可以分为简单活动和复杂活动两种。其中，简单活动是不可分解的活动；复杂活动是由简单活动和复杂活动组成的活动，具有嵌套的特性。在角色-活动模型中，活动的属性由它的基因型决定，并以一个编码染色体的形式出现。图 3 用一个实例表示了编码染色体的编码规则。

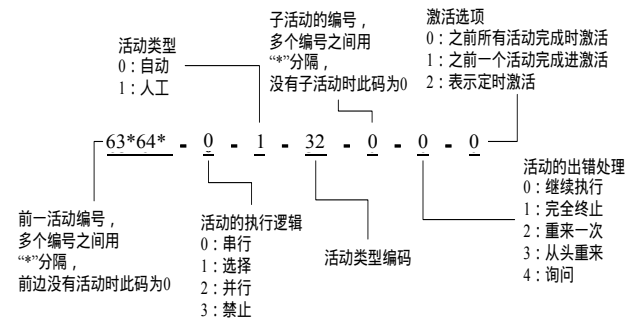


图 3 活动的编码规则

图 3 表示的活动前分别有编号为“63”和“64”的两个活动。该活动为：串行，人工执行，无子活动，出错时重试，之前所有活动完成时激活。

3 基于角色 - 活动模型的链建模与执行控制算法

3.1 建模流程

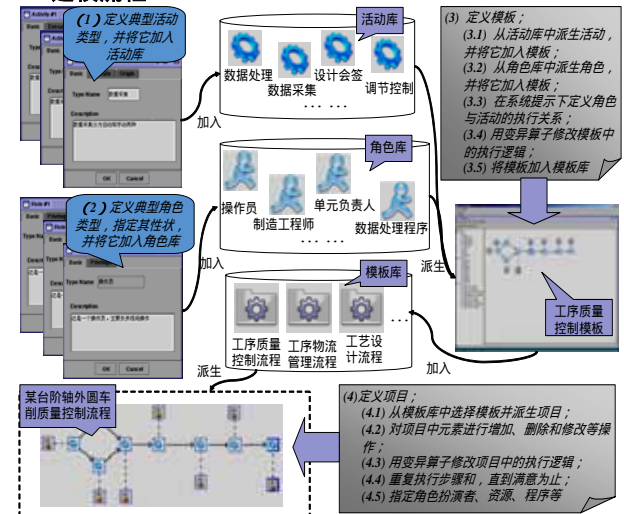


图 4 角色 - 活动模型的建模流程

如图 4 所示，移动制造协同链的建模过程分为活动定义、角色定义、模板定义和项目定义等几个阶段。其中，活动定

义阶段抽取并描述制造过程中的典型活动,定义其活动内容、执行逻辑、出错处理等信息。角色定义阶段抽取并描述移动制造协同过程中的典型角色,定义它在典型活动上的性状。模板定义阶段定义并描述制造协同过程中的典型流程。模板中的角色和活动都是从角色库和活动库的角色和活动派生而来,而角色与活动之间的执行关系可以在系统提示下定义,移动制造协同链的执行逻辑可以通过遗传操作来改变。项目定义阶段则根据具体的任务,从已有的模板派生出项目,指定角色扮演者、资源、程序等。

3.2 基于基因的链变异算法

在移动制造协同链的建模阶段,执行逻辑的变化由基于基因的变异算子实现。其中,主要的算子有:

- (1)交叉:其表示形式为 $Crossover(x, y, z)$,此式表示把染色体 x 和染色体 y 中编号为 z 的基因片段相互交换。
- (2)复制:其表示形式是 $Copy_to(x, y, z)$,此式表示把染色体 x 中编号为 z 的基因片段复制到染色体 y 中的相应位置。
- (3)克隆:其表示形式是 $Clone(x, y)$,此式表示完全复制染色体 x 生成染色体 y ,即表示产生活动 A 的一个副本。
- (4)突变:其表示形式是 $Mutation(x, y, z)$,此式表示把染色体 x 中编号为 y 的基因片段的 z 位编码突变。
- (5)替换:其表示式是 $Replace(x, y, z1, z2)$,此式表示把染色体 x 中编号为 y 的基因片段中内容为 $z1$ 的片段替换为 $z2$ 。

在实际中,移动制造协同链的执行逻辑的变化是综合运用这些算子的结果。在图 5 中,左边是交换链中两个活动的位置的算法流程,右边是这一算法实际应用中的一个实例。

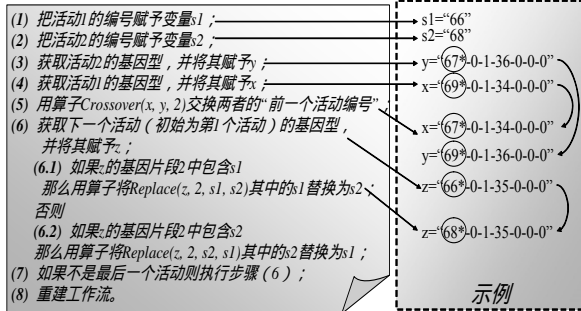


图 5 交换两个活动的位置的算法流程

图 6 是应用这一算法的一个实例。在图中,由于活动 1 和活动 2 在流程中的位置被交换,流程的执行顺序发生了变化。交换前的执行流程如 A 部分所示。运用 Crossover 算子的过程如 B 部分所示。运用 Replace 算子的过程在代码中实现。交换后的执行流程如 C 部分所示。

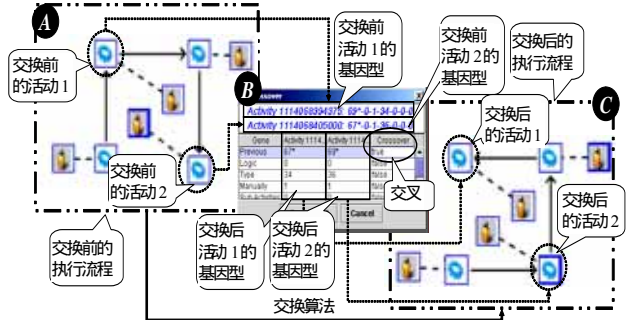


图 6 交换两个活动的位置的实例

4 应用实例

图 7 给出了角色 - 活动模型用于移动制造协同链建模的一个实例。该实例描述的是一个工序质量控制流程的建模过程。

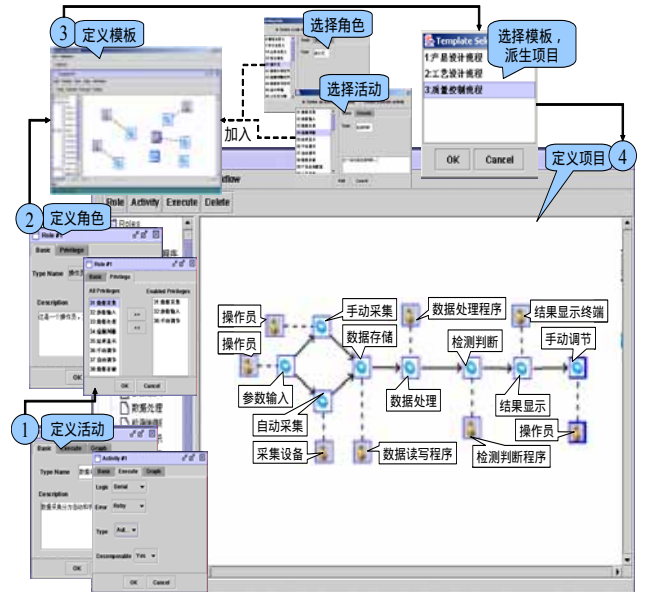


图 7 工序质量控制过程模型

从图中可以看出,建模过程首先定义了参数输入、数据采集、数据处理、检测判断、手动调节等活动类型。然后定义了操作员、采集设备、数据处理程序、检测判断程序等角色类型,并指定了各角色类型的性状。接下来,定义了一个典型的质量控制流程。其中用到的活动和角色都从活动库或角色库派生而来。最后,一个具体的工序质量控制项目派生于预定义的“质量控制流程”模板。该项目对模板进行适当的修改,并指定人员、资源、应用等信息,完成项目的定义。

5 结论

鉴于移动制造协同过程的特点,本文提出了移动制造协同链的概念和角色-活动模型。该模型以角色、活动、执行流和控制流作为基本元素,以基因之间的变异操作的形式实现了执行逻辑的变异,同时按照活动定义、角色定义、模板定义和项目定义的先后顺序建立了移动制造协同链模型,满足了建模的需要。

参考文献

- 1 Huibin S, Jiang P. Study on Theories and Methods of Mobile Manufacturing Collaboration[C]// Proc. of the 3rd International Conference on Responsive Manufacturing. 2005-01: 219-224.
- 2 范玉顺. 工作流管理技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- 3 胡锦敏, 张申生. 支持企业动态联盟的敏捷工作流系统[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(12): 1517-1523.
- 4 周光辉. 面向网络化制造集成 e-Service 平台的制造链建模和调度研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2003.
- 5 Tamine O, Dillmann R. KaViDo—A Web-based System for Collaborative Research and Development Processes[J]. Computers in Industry, 2003, 52(1): 29-45.