

# 制造服务逻辑关系确定方法研究

王景峰,王 刚

WANG Jing-feng,WANG Gang

哈尔滨工业大学 机电工程学院,哈尔滨 150001

School of Mechatronics Engineering,Harbin Institute of Technology,Harbin 150001,China

WANG Jing-feng,WANG Gang.Research on methods for determining logic of manufacturing services.Computer Engineering and Applications,2010,46(2):197-199.

**Abstract:** In order to construct manufacturing service chain quickly in Web service environment,a method for determining logic of manufacturing services is proposed.Relations between product structure,manufacturing tasks and manufacturing services are discussed at first,then a method for determining time sequences of manufacturing tasks and a manufacturing service model based on product structure is presented.Rules for determining logic among manufacturing services are given at last.

**Key words:** manufacturing service;product structure;manufacturing task;logic relations

**摘 要:** Web 服务环境下,为了快速建立制造服务链,提出了一种制造服务逻辑关系的确定方法。首先分析了产品结构、制造任务和制造服务三者之间的关系,提出了基于产品结构建立制造服务链的过程,然后论述了制造任务时序关系的确定方法,定义了基于产品结构制造服务分类模型,最后给出了制造服务逻辑关系的确定规则。

**关键词:** 制造服务;产品结构;制造任务;逻辑关系

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2010.02.058 文章编号:1002-8331(2010)02-0197-03 文献标识码:A 中图分类号:TH166

Web 服务环境下的协同制造,所有成员都将自身所提供的的能力或资源以 Web 服务的方式展现。制造服务可以认为是面向服务架构的协同制造环境中,将人员、设备等制造资源和制造过程涉及的操作进行封装,对外以接口的形式展现。每一个这样的封装对象可以看作是一个制造服务<sup>[1]</sup>。协同制造服务链是围绕核心企业,将产品制造过程中的部分加工型的制造任务,分别由网络中多个企业所提供的制造服务完成,各制造服务之间在逻辑关系约束下组合成一个整体的服务链。在该服务链中,每一个节点都是一个制造服务,节点之间的逻辑关系由产品结构和制造任务之间的关系确定。

面向服务架构下的协同制造研究主要集中在平台构建、流程建模、服务匹配和服务合成<sup>[2-4]</sup>等方面,其中,制造服务间逻辑关系的确定是制造服务链能否顺利执行的关键。提出了一种基于产品结构确定制造服务逻辑关系的方法。首先根据产品结构,确定制造任务的时序关系,然后根据制造任务的时序关系和其他约束,在逻辑转换规则约束下,确定制造服务间的逻辑关系。

## 1 基于产品结构制造服务链构建过程

产品结构反映了产品及其组成部分的逻辑关系,是企业产品设计与生产制造过程中进行产品数据管理、工艺规划、生产过程控制、物资采购与成本控制的重要依据。将产品按照部件

进行分解,部件再进一步分解成组件或零件,直到把所有组件都分解到零件为止,由此形成一个复杂产品结构的分层树状表示,工程上称之为产品结构树。产品结构树是产品及其构成(部件、组件、零件、标准件)层次关系的描述,根节点代表产品或部件,中间各个节点分别表示部件或组件,叶节点表示零件和标准件。

制造部门根据产品结构树,划分为自制、外协和采购件。自制和外协部分由多个部件制造任务完成,部件制造任务可分解为多个零件制造任务完成,零件制造任务可分解为多个工序加工任务完成,最终一个产品的制造任务可以逐层分解为很多个工序级的制造任务。面向服务架构下,不同层次的制造任务在寻求协作单位时,需要根据制造任务所处的层次,寻找相对应的制造服务。这样,产品结构成为制造任务和制造服务划分的依据。

产品结构、制造任务、制造服务之间关系如图 1 所示:产品结构域描述了产品、部件、零件及其相互之间的层次关系;制造任务域描述了根据产品结构演化而得到的制造任务及制造任务之间的关系;制造服务域是利用制造服务平台匹配引擎对制造任务和制造服务进行匹配,得到的制造服务链。

通过上述对产品结构、制造任务和制造服务关系的研究,基于产品结构的制造服务链构建过程主要包括如下步骤:

(1)对产品结构进行分解,确定产品零部件的工艺路线,划

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.2003AA413210)。

作者简介:王景峰(1976-),男,博士研究生,主要研究领域为企业建模、协同制造;王刚(1964-),男,教授,主要研究领域为企业建模、CIMS。

收稿日期:2009-01-15 修回日期:2009-03-23

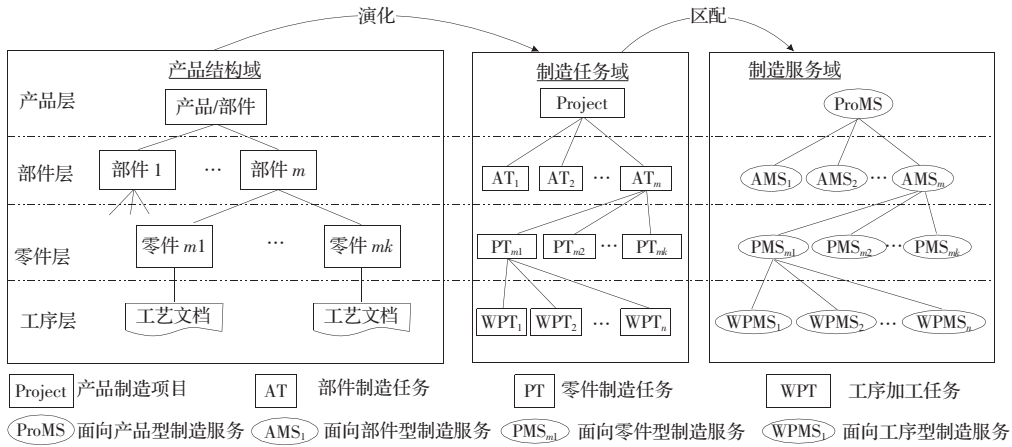


图1 产品结构、制造任务与制造服务之间关系

分自制件、外协件及采购件；

(2)根据产品结构的划分结果,确定制造任务及制造任务的时间属性；

(3)为每个制造任务寻找相应的制造服务,确定制造服务之间的逻辑关系,构成可执行的制造服务链。

上述步骤中,制造任务之间关系的确定和制造服务逻辑关系的确定是整个制造服务链构建的关键步骤,下面对这两个问题进行详细的讨论。

## 2 制造任务时序关系确定

将图1中不同类型的制造任务统一定义为制造任务单元(Manufacturing Task Unit, MTU),那么某制造项目可表示为:  $Project = \{mtu_1, mtu_2, \dots, mtu_n\}$ ,即核心企业把某一产品制造项目分成了  $n$  个制造任务单元。每个制造任务单元还可以分解为多个下一级的制造任务单元。制造任务的关系除了与产品结构的层次关系相关联外,还与时间紧密相关。制造任务的执行时间,开始时刻,结束时刻是三个重要的时间参数。根据产品工艺文件确定的额定工时,可以确定制造任务的执行时间;根据产品结构间的关系、每个制造任务执行时间以及整个项目的开始和结束时刻,可以确定制造任务单元间的时序关系。根据 Allen<sup>[6]</sup> 的定义,制造任务间的时序关系共有7种,引入时段概念  $d$ ,7种时序关系如图2所示。

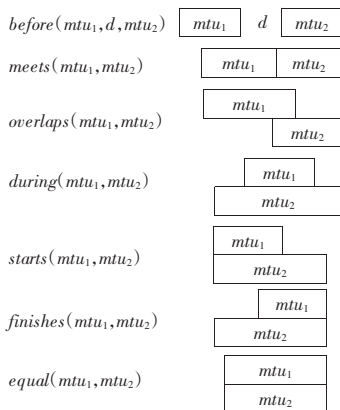


图2 制造任务间的7种时序关系

## 3 制造服务模型定义

定义的制造服务模型是基于产品结构,按照产品结构的划分原则形成的制造服务分类树,它能减小基于语义的制造任务

和制造服务匹配的搜索空间,更好地进行制造服务的匹配。将制造服务分为4个层次:面向产品型制造服务、面向部件型制造服务、面向零件型制造服务、面向工序型制造服务。将上述4种制造服务定义为制造服务单元(Manufacturing Service Unit, MSU)。下面分别给出制造服务单元、制造服务逻辑关系和制造服务链的形式化定义。

定义1 制造服务单元

$MSU ::= \langle Name \rangle \langle Type \rangle \langle Infor \rangle \langle Ability \rangle \langle Resource \rangle \langle State \rangle \langle Evaluation \rangle [Other-Att]$

其中:  $Name$  为制造服务名称,  $Type ::= \{pros, las, lps, lups\}$  为制造服务的类型,  $pros$  表示面向产品型服务,  $as$  表示面向部件型服务,  $ps$  表示面向零件型服务,  $wps$  表示面向工序型服务,  $Infor ::= \langle des \rangle \langle EnterName \rangle \langle EnterLocation \rangle \langle EnterTel \rangle \langle EnterUrl \rangle [Other-Infor]$  为服务概要信息,  $des$  是对制造服务的简要描述,  $EnterName$  是提供服务的企业名称,  $EnterLocation$  是提供服务的企业位置,  $EnterTel$  是提供服务企业的联系方式,  $EnterUrl$  是服务的网络地址,  $Other-Infor$  是其他需要说明的信息。  $Ability$  为制造服务的能力信息,根据制造服务类型的不同,分别定义为:产品/部件型  $Ability ::= \langle 生产类型 \rangle \langle 出品率 \rangle \langle 生产率 \rangle \langle 废品率 \rangle \langle 产品/部件类别 \rangle$ ; 零件型  $Ability ::= \langle 零件类别 \rangle \langle 零件材料 \rangle \langle 加工范围 \rangle$ ; 工序型  $Ability ::= \langle 几何特征 \rangle \langle 工序类型 \rangle \langle 加工精度/质量 \rangle$ ,  $Resource$  为制造服务所拥有的资源,  $State$  表示制造服务的状态,  $Evaluation$  表示对制造服务的历史评价信息,  $Other-Att$  为其他扩展参数,为可选项。

定义2 制造服务逻辑关系

$MSR ::= \{sequence, and-split, xor-split, and-join, xor-join\}$

假定存在制造服务  $a, b, c$ , 三者的逻辑关系如图3所示,其中,  $sequence$  表示制造服务  $b$  在制造服务  $a$  执行后开始执行,  $and-split$  表示制造服务  $a$  结束后,制造服务  $b$  和制造服务  $c$  可以分别开始执行,  $xor-split$  表示制造服务  $a$  结束后,执行制造服

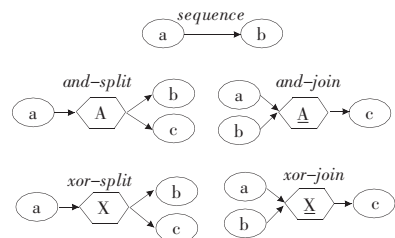


图3 制造服务的逻辑关系

务 b 或者制造服务 c 其中之一, *and-join* 表示制造服务 c 只有在制造服务 a 和制造服务 b 都结束时才开始执行, *xor-join* 表示制造服务 c 在制造服务 a 和制造服务 b 任意一个结束时, 就可以开始执行。

**定义 3** 协同制造服务链(Collaborative Manufacturing Service Chain, CMSC)

$$CMSC := [ProMS][AMS][PMS][WPMS] < MSR >$$

其中, CMSC 表示协同制造服务过程链; ProMS、AMS、PMS、WPMS 分别表示产品型制造服务、部件型制造服务、零件型制造服务和工序型制造服务; MSR 表示 ProMS、AMS、PMS、WPMS 之间的逻辑关系。

### 4 制造服务逻辑关系的确定

制造服务链的生成过程主要包括制造任务和制造服务的匹配、制造服务的优化选择和制造服务合成定义, 其中的制造服务合成定义是对制造服务流程的描述, 主要目标是产生具体的合成结构, 即制造服务的执行顺序。前面定义了制造任务的时序关系和制造服务间的逻辑关系, 下一步需要解决的问题就是如何根据制造任务的时序关系和其他约束确定制造服务间的逻辑关系, 形成可执行的协同制造服务过程链。

制造任务的时间、成本、质量约束以及选择的策略均影响相应制造服务的逻辑关系。其中, 制造任务的时间约束, 特别是时序关系, 是决定制造服务逻辑关系的主要因素。因此, 制造任务的时序关系决定了制造服务的大部分逻辑关系。前面定义的 *sequence*、*and-split* 和 *and-join* 三种制造服务逻辑关系主要根据制造任务时序关系确定, 规则如下:

**规则 1** 存在非空的制造任务集合  $T$  和制造服务集合  $S$ ,  $mtu_1 \in T, mtu_2 \in T, msu_1 \in S, msu_2 \in S$ 。并且,  $msu_1$  和  $msu_2$  为  $mtu_1$  和  $mtu_2$  在  $S$  中的映射。在同一时间轴上, 如果  $mtu_1, mtu_2$  执行时段分别为  $d_1$  和  $d_2$ , 时序关系为 *before* ( $mtu_1, d, mtu_2$ ) 或 *meets* ( $mtu_1, mtu_2$ ), 则  $msu_1$  和  $msu_2$  的逻辑关系为 *sequence* ( $msu_1, msu_2$ )。

**规则 2** 存在非空的制造任务集合  $T$  和制造服务集合  $S$ ,  $mtu_1 \in T, mtu_2 \in T, msu_1 \in S, msu_2 \in S$ 。并且,  $msu_1$  和  $msu_2$  为  $mtu_1$  和  $mtu_2$  在  $S$  中的映射。在同一时间轴上, 如果  $mtu_1, mtu_2$  时序关系为 *overlaps* ( $mtu_1, mtu_2$ )、*finishes* ( $mtu_1, mtu_2$ )、*during* ( $mtu_1,$

$mtu_2$ )、*starts* ( $mtu_1, mtu_2$ ) 或 *equal* ( $mtu_1, mtu_2$ ), 则  $msu_1$  和  $msu_2$  的逻辑关系为并发的逻辑关系 *and-split* ( $msu_1, msu_2$ ) 或者 *and-join* ( $msu_1, msu_2$ )。

对于另外两种制造服务间的逻辑关系 *xor-split* 和 *xor-join*, 在制造服务链中并不常见。*xor-split* 和 *xor-join* 不能只根据制造任务的时序来确定, 需要由制造任务的其他约束来确定, 规则如下:

**规则 3** 存在非空的制造任务集合  $T$  和制造服务集合  $S$ ,  $mtu_1 \in T, msu_1 \in S, msu_2 \in S$ 。如果  $msu_1$  和  $msu_2$  均被选择为执行  $mtu_1$  的制造服务, 并且其中一个为另一个的备选服务, 则  $msu_1$  和  $msu_2$  的逻辑关系为 *xor-split* ( $msu_1, msu_2$ )。

**规则 4** 存在非空的制造任务集合  $T$  和制造服务集合  $S$ ,  $mtu_1 \in T, msu_1 \in S, msu_2 \in S, msu_3 \in S$ 。 $msu_1$  与  $msu_2$  为  $mtu_1$  分批量后而选择的两个制造服务,  $msu_3$  为  $mtu_1$  后续任务所对应的制造服务, 即存在 *sequence* ( $msu_1, msu_3$ ) 和 *sequence* ( $msu_2, msu_3$ ) 的关系。无论是  $msu_1$  结束还是  $msu_2$  结束,  $msu_3$  都可以开始执行, 则  $msu_1$  和  $msu_2$  的逻辑关系为 *xor-join* ( $msu_1, msu_2$ )。

确定了制造服务逻辑关系转换规则后, 制造服务链的构建过程如图 4 所示, 主要步骤为:

- (1) 核心企业设定项目的开始时间和结束时间, 并根据产品结构将项目划分为若干个制造任务, 每个制造任务根据额定工时及加工、装配顺序, 确定任务的开始时刻和结束时刻。
- (2) 利用制造服务平台的匹配引擎, 在能力、时间、质量、成本的约束下, 为每个任务匹配到满足约束条件的多个候选制造服务。
- (3) 考虑物料的运输距离, 在服务链优化模块支持下, 基于总成本最低、总工期最短和质量最佳原则, 在多个候选制造服务或制造服务组合中, 为每个制造任务选择一个最优的制造服务。对于需要备选制造服务的制造任务, 由人工来选择。
- (4) 系统根据逻辑关系转换规则, 确定制造服务之间的逻辑关系, 形成制造服务过程链。

### 5 结束语

提出了以产品结构为划分原则, 建立了时序约束的制造任务模型和逻辑关系约束的制造服务模型, 并给出了制造服务逻辑

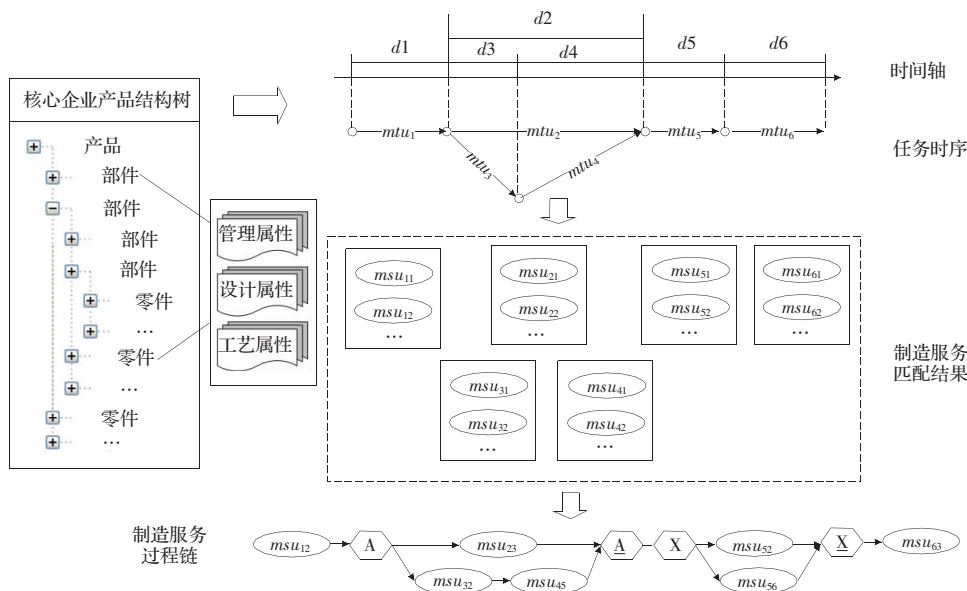


图 4 制造服务逻辑关系确定过程图

(下转 220 页)