# 第3章 云制造服务发布和组合方法需求分析

## 3.1 制造云服务需求背景分析

### 3.1.1 制造云服务技术背景

当前，智能制造已经成为全球工业发展和世界先进国家产业转型升级的共同目标，各国政府相继提出了一系列以智能制造为主导的工业振兴战略。2008年金融危机后，为了拉动美国经济、重塑美国制造业的全球竞争优势，美国启动了制造业振兴战略，加快发展技术密集型先进制造业，实现再工业化。作为世界最大的多元工业集团，2012年美国通用电气公司（GE）提出了自己的“工业互联网”概念，是数字世界与机器世界的深度融合，其实质也是工业化和信息化的融合。2013年4月，德国政府提出“工业4.0”国家战略，是以智能制造为主导的第四次工业革命，是革命性的生产方法。该战略旨在通过信息物理融合系统（Cyber Physical System, CPS）相结合的手段，将制造业向智能化转型。英国、法国和日本也相继颁布了“英国制造2050”、“工业振兴新计划”以及“2014制造业白皮书”等一系列发展高端装备制造业的战略举措，强化高端装备制造业的竞争力。

在市场应用需求的牵引下，在先进制造技术与迅猛发展的信息技术持续深化融合的推动下，制造业正以前所未有的深度和广度向前发展，呈现出“全球化、精益化、专业化、服务化、绿色化、智能化”的发展趋势。云制造是在制造业应用持续需求牵引以及新兴信息技术与制造技术深度融合的推动下，提出的一种新的制造业信息化模式与技术手段。云制造是一种基于网络的、面向服务的智慧化制造新模式和手段，它将各类制造资源和制造能力虚拟化、服务化，构成制造资源和制造能力的云服务池，并进行统一的集中的优化管理和经营，从而用户只要通过云端就能随时随地按需获取制造资源与能力服务。

### 3.1.2 制造云服务面临的问题及仿真的应用

云制造中的用户角色主要有三种，即资源提供者、制造云运营者、资源使用者。资源提供者通过对产品制造过程中的制造资源和制造能力进行感知、虚拟化接入，以制造服务的形式提供给云制造运营平台（制造云运营者）；制造云运营者主要实现对云服务池中的制造服务（即云制造服务）的高效管理、运营等，可根据资源使用者的应用请求，动态、灵活地为资源使用者提供服务；资源使用者能够在制造云运营平台的支持下，动态按需地使用各类云制造服务（接出），并能实现多主体的协同交互。

云制造需要解决的一个基本问题是如何对制造资源实现服务化描述，云服务的发布是实现资源共享的前提，制造云服务的形式化描述是云服务选择与语义匹配的基础，也是实现云制造应用的关键。此外，对云服务及其组合进行评价优选也是一个研究热点。对于云平台上制造服务的执行来说，服务组合方案的评价是一个关键问题。系统必须从大量的待选云服务中选择最佳的云服务或组合云服务来执行任务，也就是云服务优选。面向仿真的制造云服务发布与组合方法，首先需要将制造资源和制造能力服务化，即实现云服务的发布，在这个过程中，利用设计的WSDL2OWL转换工具，将服务发布时创建的WSDL文件转化成OWL-S文件，在各个服务的OWL-S文件中注入对仿真组件的映射。最后，对服务OWL-S文件进行组合，自动生成仿真模型信息，结合仿真结果对制造云服务进行评价。服务需求方通过评价结果可以对云制造服务进行组合和优选，服务提供方可以得到服务执行结果的反馈作为服务改进意见，进而提高企业竞争力。

通过仿真的方法来评价制造服务，避免了使用传统分析方法来描述复杂系统和组合服务的困难性。此外，通过仿真的方法分析服务，可以得到一系列需要的仿真指标，通过仿真指标能够转换为服务评价指标，进而服务需求方能根据服务评价指标选择合适的服务，而服务提供方能够根据服务评价指标改进他们的服务，提高竞争力。对比于传统分析方法，仿真方法能够对制造服务的加工能力做出更准确和可靠的评价。

## 3.2 制造云服务相关本体构建分析

在制造产品全生命周期活动中，云制造的服务内容可以分为云制造资源服务及云制造能力服务两类内容。云制造资源服务内容包括软制造资源服务MSRaaS（manufacturing soft resource as a service），如制造过程中的各种模型、（大）数据、软件、信息、知识等及硬制造资源服务MHSaaS（manufacturing hard resource as a service），如制造生产加工硬设备（如机床、机器人、加工中心）、计算设备、仿真试验设备、测试设备等。云制造能力服务内容包括论证能力为服务、设计能力为服务、仿真能力为服务、生产加工能力为服务、试验能力为服务、经营管理能力为服务、运营能力为服务、维修能力为服务、集成能力为服务等。其中，仿真为服务SimaaS（simulation as a service）的具体体现为：产品的虚拟样机仿真和半实物仿真需要大量软硬仿真资源的支持，云制造服务平台可根据仿真任务的需求，动态构建虚拟化的仿真环境，将所需的计算资源、各种专业仿真软件、仿真模型和仿真数据等封装为云仿真服务，支持在广域网范围内和在高效能计算环境内开展联合仿真。对于仿真专用的半实物设备，能够提供远程使用、监控服务，使得用户无需关心设备的具体位置。同上，用户如果对仿真这块业务不是很擅长的话，可以利用制造云中的仿真能力即服务完成产品仿真。本文主要研究制造生产加工硬设备（如机床）和生产加工能力发布为服务。

### 3.2.1 资源的本体描述方法

### 3.2.2 云制造资源服务和能力服务的本体构建

## 3.3 云制造服务发布方法分析

资源提供者为了向云制造运营平台（制造云运营者）发布服务（即公开自己所能共享的制造资源服务或制造能力服务），需要以某种标准的形式来对云制造服务进行描述。目前常用的一种标准格式就是符合OWL-S规范的服务描述方法。云制造服务的发布就是资源提供者把自己的制造服务按照某种标准格式，形成云制造服务描述文件，把这个文件传输给云制造运营平台，由云制造运营平台进行发布的过程。

本论文中，云制造服务描述文件中包含了仿真信息，图3.1展示了包含仿真信息的云制造服务描述文件的构建方法，该方法包括以下步骤：

1. 将实体制造资源或制造能力进行服务抽象，获得制造服务模型；
2. 将实体制造资源或制造能力进行仿真抽象，获得仿真模型；
3. 将仿真模型与制造服务模型进行结合，形成包含仿真信息的云制造服务描述文件。

资源仿真模型

包含仿真信息的云制造服务描述文件（基于扩展的OWL-S规范）

服务发布/仿真信息添加

制造服务模型

实体制造资源或制造能力

服务抽象

仿真抽象

图3.1 云制造服务描述文件的构建方法

### 3.3.1 云制造服务的服务抽象方法

云制造服务的服务抽象就是将物理的制造资源抽象化成符合Web Service表示规范的过程。如图3.2为云制造服务的服务抽象过程，首先需要明确实体制造资源或制造能力的概念，用对应的数据结构将实体资源数据化表示；其次，通过面向对象的思想将实体制造资源或制造能力封装成类；最后，通过JAX-WS框架，根据类信息生成WSDL文档，WSDL（Web服务描述语言）对制造资源与制造能力进行描述，形成制造资源或制造能力的一个WSDL文件。

分析实体资源特征

将实体资源数据化表示

将实体资源封装成类

使用JAX-WS，根据类的信息生成WSDL文档

制造服务模型（基于WSDL规范的描述文件）

图3.2 服务抽象过程

### 3.3.2 云制造服务的仿真抽象方法

云制造服务的仿真抽象是通过传统仿真建模的方法将制造资源映射为仿真平台的仿真模型。一般而言，对于制造资源或制造能力，用基于离散事件仿真的思想构建仿真模型是比较常见的。该阶段将制造资源划分为加工工位粒度、生产线粒度、车间粒度，不同粒度的制造资源映射为相应的仿真对象。这个过程就是把制造资源或制造能力抽象成仿真模型的过程，如图3.3所示。

分析制造资源或制造能力特征

根据仿真平台特点，建立制造资源或制造能力对应的仿真对象

选择合适的仿真平台，如Plant Simulation

资源仿真模型（基于XML规范的描述文件）

抽取仿真对象要素，构建XML格式的描述文件

图3.3 仿真抽象过程

### 3.3.3 制造服务模型与仿真模型的组合方法

制造服务模型（基于WSDL规范的描述文件）

M1：将WSDL描述文件转换为OWL-S描述文件

基于OWL-S规范的描述文件

M2：仿真信息加入到OWL-S描述文件

资源仿真模型（基于XML规范的描述文件）

包含仿真信息的云制造服务描述文件（基于扩展OWL-S规范的描述文件）

## 3.4 云制造服务的需求发布和服务匹配

需求发布，就是资源使用者发布自己的云制造服务需求，将制造服务需求通过统一描述模板发布至云制造运营平台。例如，加工某批产品、需要完成某个设计等等。

服务匹配和优选，是根据资源使用者发布的服务需求，找到某个服务，为其提供云制造服务的过程。

在云制造系统中，根据用户需求或任务粒度，可以将用户需求分为单一资源服务需求任务和多资源服务需求任务。由于制造活动一般需要多个步骤来完成，因此在云制造服务执行过程中，更多的是多资源需求任务。多资源服务需求是指要完成一个制造加工任务，需要多种云制造服务按照一定的组合次序，依次执行共同完成。

由于云制造平台上服务众多，需要在海量的服务中选择符合客户需求的服务，形成服务组合。这个过程一般是用户在（云制造服务平台上）发布需求之后，根据制造加工的步骤要求，针对每一个步骤搜索符合各子任务需求的云制造服务形成待选云制造服务集合，然后根据制造加工的次序，依次从每个子任务的待选云制造服务集合中选择一个服务，形成能完成这个加工需求的服务组合。用户可能会选择形成多个服务组合，然后用某种评价方法，待选的服务组合进行评价，根据评价指标的优劣选择一个最佳的服务组合，作为自己的服务优选。具体流程如图2所示。

## 3.5 云制造服务组合方法分析

OWL-S文档结构的Service Model中定义了三种过程，其中：

原子过程是不可再分的过程，即其没有子过程，并可以被直接调用。类似数据库中的事务，原子过程要么全部执行，要么全部不执行。当服务过程为该类型过程时，必须给其提供Service Grounding信息。

简单过程不能被直接调用，也不与某个Service Grounding相关联。简单过程可以被用来提供原子过程的视图，或者对复合过程进行简化表示。

组合过程是可以被拆分为其他原子或组合过程的过程。组合过程的定制主要通过OWL-S的控制构造（如Sequence，Split等），将被组合的制造服务有序地封装起来，形成一个逻辑上的整体。OWL-S本体模型中的控制结构主要包括：Sequence，Split，Split + Join，Any-Order，Choice，If-Then-Else，Iterate，Repeat-While，Repeat-Until。此类结构可以用来控制服务的组合过程，如Split表示一个分离过程的所有子过程组成一个需要同时执行的过程包，一旦所有子过程都执行完毕，该分离过程也完成，它主要用于定义需要同步执行的子过程。

控制构造符（Control Constructs）如表3.1所示。

表3.1 控制构造符

|  |  |
| --- | --- |
| 控制构造符 | 描述 |
| Sequence | 组顺序执行的过程 |
| Split | 一组可以同时执行的过程 |
| Split + Join | 一组存在部分同步的过程 |
| Any-Order | 一组不指定执行顺序，但是必须全部执行完毕的过程 |
| Choice | 一组可以在其中选取若干过程进行执行的过程 |
| If-Then-Else | 一组根据条件选择执行的过程 |
| Iterate | 一组反复执行的过程 |
| Repeat-While，Repeat-Until | 一组在特定条件下反复执行的过程 |

为了方便仿真平台对OWL-S文档的读取，论文对文档有如下约定：

1. 构建仿真模型所需的服务组合信息保存在Service Profile当中。

2. 构成服务组合的原子服务或者组合服务具有一定的组合顺序，在Service Profile当中，以节点“list:first”描述的服务为前续服务，以节点“list:rest”描述的服务为后续服务，从外层开始，逐级向内层读取。

3. 为了便于仿真平台进行解析，将所有“list:first”节点和“list:rest”节点的服务，形成顺序描述，不同的原子服务或者组合服务用“+”连接，存在OWL-S文档的“profile:textDescription”节点中作为节点值，方便仿真平台进行读取。

## 3.6 云制造组合服务仿真结果分析

## 3.X 本章小结