

# 虚拟企业生产协调的实现研究\*

李业丽 常桂然

(东北大学软件中心 沈阳 110006)

**摘要** 由于虚拟企业的分布式特点,其内生产的相互协调尤其重要。为此提出用互操作 Petri 网(IPN)的同步协调机制来实现虚拟企业的功能。

**关键词** 虚拟企业, Petri 网, 协调, 模型

**分类号** TP 39

## Research on Implementing Virtual Enterprise Correspond Production

Li Yeli, Chang Guiran

(Northeastern University)

**Abstract** Due to the distributed characteristic, some new management problems need to be solved, specially the correspond production in the enterprise. The IPN (Interoperable Petri Net) to implement the synchronization correspond mechanism is proposed.

**Key words** virtual enterprise, Petri net, correspond, model

### 1 引言

随着生产的全球化,企业生产的意义已经超越了国界,企业生产不只局限于一个工厂、一个城市、一个国家。因此,进行全球范围内的资源优化配置是有效利用全球资源的理想方案。快速响应市场,以客户需求为目的的企业运营方式是迎合市场经济较为成功的方法,虚拟企业(VE)就是在此需求下产生的。全球范围内的生产使原有的生产企业变成一个生产小组,一个 VE 是多个生产小组为了共同的生产目标而组织起来的分布式小组集。在项目(生产目标)生命周期中,VE 中的各个小组息息相关,互相制约;随着项目的结束,VE 自行消失。一个 VE 具有如下一些主要特征:

**分布性:** VE 中各生产小组具有地理上的分布性;

**依赖性:** VE 中各生产小组间为了完成同一设

计和生产目标具有相互依赖性;

**独立性:** VE 中各生产小组具有自治的管理生产过程的独立性;

**完整性:** VE 具有选择生产、设计、制造整个生命周期中的全部功能;

**一致性:** VE 中各生产小组间具有通信界面的一致性;

**可变性:** VE 中生产小组的组合和再组合具有可变性;

**暂短性:** VE 的生命周期只与其项目的存在而存在。

当一个项目开始运作时,就是一个 VE 中各个小组优化组合的开始。为了提供最佳的资源配置,如何协调已构成的小组集是 VE 正常运行的关键。本文采用互操作 Petri 网(IPN)<sup>[1]</sup>来实现同步协调机制。

### 2 互操作 Petri 网

一个 VE 将在一个信息系统的支持下完成其整

个生命周期。可将每个生产小组看作一个对象,则各个对象间的同步协调便成为VE生产任务顺利完成的关键。本文采用Yahya<sup>[1]</sup>提出的IPN来实现各个生产小组间的同步协调机制。

**定义1 IPN 模块/对象:**为处理元、端口和端口界面的一个抽象和封装。一个模块可以封装若干个端口和/或处理元。

**定义2 IPN 处理元:**为IPN模块的行为语义,由Petri网来表示。是描述与外部或内部刺激相关模块行为的IPN模块内部分解。

**定义3 IPN 端口:**为模块中产生或消费消息的部分,每个IPN端口与一个特定端口相关。

**定义4 IPN 端口界面:**为允许通过端口的有效消息类别集。一个端口界面是IPN对象(模块)的封装外壳的开始,且为其它模块的可见部分。

**定义5 消息:**为信息表示的离散单位,是IPN模块间交互的唯一方法。由令牌表示的消息通过端口传送和接收,并通过通道传播。

**定义6 IPN 虚连接:**两个或更多的IPN的虚连接是指建立其输入和输出端口的通信通道。虚通道由使用的互操作虚连接协议建立,涉及到的端口必须是相容界面。

**定义7 虚IPN:**由多个IPN模块组成的IPN去完成某项任务。虚IPN在组成的IPN中连接具有时间行为,当任务完成后即断开连接。

IPN的点火规则如下:

1) 当每个通过有序弧连接的输入位置包含未锁定的令牌数匹配相应的弧标志时,跃迁 $t_i$ 立即点火,且这些令牌估算跃迁警界为真。如果跃迁是一个输出端口,则在跃迁点火前其界面警界必须为真。如果 $t_i$ 在一个抑制弧上是一个事件,则为了 $t_i$ 点火,此弧上的位置事件必须为空。

2) 一旦点火,跃迁 $t_i$ 便从每个输入位置移出令牌,依据弧标志把令牌加到每个输出位置。

3) 在收到一个令牌后,位置 $p_i$ 在指定的区间 $T_j$

内保持活动状态。在 $T_j$ 期间,令牌被锁定。当位置 $p_i$ 变为非活动( $T_j$ 到期)时,令牌变成非锁定。

两个对象 $X$ 和 $Y$ 在实现时有如下时间关系: $X$  Before  $Y$ ( $X$ 在 $Y$ 之前实现),简记为 $X(b)Y$ ;  $X$  Meets  $Y$ ( $Y$ 紧随 $X$ 后实现),简记为 $X(m)Y$ ;  $X$  Equals  $Y$ ( $X$ 与 $Y$ 同时实现),简记为 $X(e)Y$ ;  $X$  Overlaps  $Y$ ( $X$ 与 $Y$ 有重叠时间),简记为 $X(o)Y$ ;  $X$  During  $Y$ ( $X$ 在 $Y$ 实现过程中实现),简记为 $X(d)Y$ ;  $X$  Starts  $Y$ ( $X$ 与 $Y$ 同时开始),简记为 $X(s)Y$ ;  $X$  Finishes  $Y$ ( $X$ 与 $Y$ 同时完成),简记为 $X(f)Y$ 。这些时间关系可用IPN来实现,例如 $X$  Before  $Y$ 的IPN模型如图1所示,其它模型参见文献[1]。

IPN模型的操作协定如下:

表示对象实现的IPN时间间隔由产生的令牌给定;

跃迁的延迟表示为 $\delta$ ,当其为零时,在IPN模型中不标出;

令牌有 $x, y$ 和 $\tau$ 3种。 $x(y)$ 是 $X(Y)$ 的实现时间, $\tau$ 是间隔时间。

当时间没有精确给出时,令牌 $x, y$ 和 $\tau$ 由空令牌 $e$ 表示,并对空令牌赋予一个小的时间间隔 $\epsilon$ 。

在空令牌的情况下,完成时间不是预先决定的,因此令牌需返回其初始位置以确保实现进程;

每个时间关系具有某些隐含的条件(限制),如 $X$  Before  $Y$ 隐含着 $X$ 与 $Y$ 之间的间隔必须大于零。

对于图1所示的 $X$  Before  $Y$ ,其实现过程如下:

作为初始标定,两个令牌 $x, y, \tau, X_{source}, Y_{source}$ 置于位置 $A$ 。若 $x$ 是精确给定的(非空),则它将被置于输出端口界面(位置探索器),在延迟 $\delta = x$ 后,跃迁 $finish X$ 点火,并移动一个令牌到位置 $\tau$ (执行间隔)。若 $x$ 非精确给出(即 $x = e$ ),则将一个小间隔 $\epsilon$ 分配到令牌, $x$ 被传到输出端口界面,跃迁 $continue X$ 保持点火,直到 $X$ 执行完

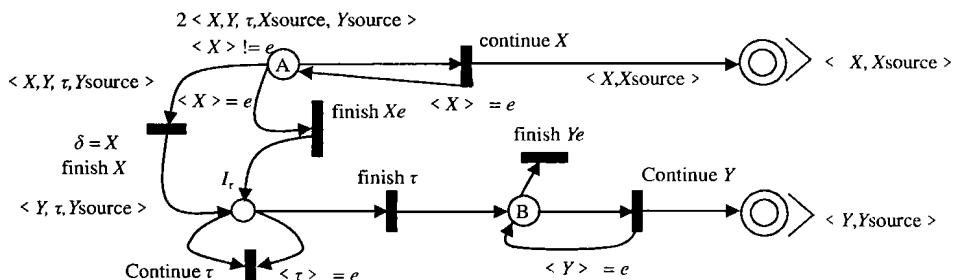


图1 X Before Y的IPN模型

成后, 跃迁 finish  $X$  点火, 并从位置  $A$  移动两个令牌到位置  $\tau$ 。

在位置  $\tau$ , 若间隔时间确定, 则  $I_\tau$  依此给定; 否则, 对  $I_\tau$  分配一个小的值  $\epsilon$ , 并且跃迁 Continue  $\tau$  继续点火, 直到间隔时间在继续进行。一旦间隔时间结束, 跃迁 finish  $\tau$  点火, 并置一个令牌为  $y$  的值到位置  $B$ 。类似于  $x$ ,  $y$ , 令牌同样处理, 并置于输出端口界面(位置探索器)。

置一个令牌到输出端口促使此界面从正常状态到兴奋状态。这使得输出端口界面准备将数据传送到由  $X_{source}$  或  $Y_{source}$  给定的目的地。

### 3 VE 协调机制的实例实现

设  $E$  为一个虚拟企业,  $U_i$  为第  $i$  个生产单位, 可称每个生产单位为小组。这些小组按其生产目标中所处的位置提供必要的服务, 则  $E = \{U_i | U_i \in P, i = 1, 2, \dots, N\}$ , 其中  $P$  为构成 VE 的小组集。一个虚拟企业能否快速响应市场, 虚拟企业内小组间的协调尤为重要。我们采用上述 IPN 模型来实现虚拟企业内小组间在生产过程中的协调。为简化说明, 假设  $E$  是一个开发 VCD 软件产品的虚拟企业, 并由 4 个小组组成, 它们分布于中国和泰国两个国家 4 个不同的地点  $S_1, S_2, S_3, S_4$ , 假设  $S_1$  和  $S_4$  在中国,  $S_2$  和  $S_3$  在泰国。即  $E = \{U_i | U_i \in P, i = 1, 2, 3, 4\}$ , 其中  $U_1$  位于  $S_1$ ,  $U_2$  位于  $S_2$ ,  $U_3$  位于  $S_3$ ,  $U_4$  位于  $S_4$ 。  $U_1$  中有两项任务  $P_{11}$  和  $P_{12}$ , 分别要完成设计和开发工作;  $U_2$  中有一项任务  $P_{21}$ , 要求生产出符合开发要求的 VCD 盘片;  $U_3$  中有两项任务  $P_{31}$  和  $P_{32}$ , 分别进行 VCD 目录印制和产品包装;  $U_4$  中有两项任务  $P_{41}$  和  $P_{42}$ , 分别要完成产品测试及销售。它们之间的时间关系如图 2 所示。

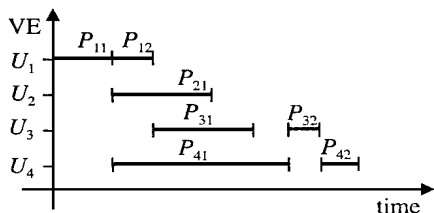


图 2 各小组任务的时间关系

上述关系可表示为

$$\begin{aligned} & \{ \{ P_{11}(m) \{ P_{12}(s) \{ P_{21}(s) P_{41} \} \} \} \\ & \{ P_{21}(o) P_{31} \} \quad \{ P_{31}(d) P_{41} \} \\ & \{ P_{41}(m) \{ P_{32}(m) P_{42} \} \} \} \end{aligned}$$

当  $t = 0$  时任务  $P_{11}$  开始执行, 即设计工作开始进行, 由  $X(m)Y$  模型,  $X = P_{11}, X_{source} = P_{11}$  的地址,  $Y = P_{12}, Y_{source}$  在后面确定。此时刻  $X, X_{source}$  界面与  $X$  界面建立虚连接。当  $t = P_{11}$  时, 有 3 个源  $P_{12}, P_{21}, P_{41}$  同时开始执行, 即开发、生产 VCD 盘片和测试工作同时开始运作,  $X(s)Y$  模型将开始操作。虚连接协议将这 3 个对象组成一个组, 上述  $Y_{source}$  在此阶段确定, 虚连接在  $Y_{source}$  和组成的组之间形成。类似于上述操作, 在  $t = P_{11} + P_{12}$  时  $P_{31}$  紧随  $P_{12}$ , 即当开发工作完成后, 印制盘片目录工作开始进行( $X(m)Y$ ); 在  $t = P_{11} + P_{14}$  时  $P_{32}$  紧随  $P_{41}$ , 即当产品测试完成后, 进行产品包装; 最后, 在  $t = P_{11} + P_{41} + P_{32}$  时  $P_{42}$  紧随  $P_{32}$  发生, 即当产品已成型后销售工作开始。当销售工作完成时, 整个过程结束, 即虚拟企业生产的一个周期结束。

### 4 结 语

本文描述了使用 IPN 模型实现 VE 中的协调机制, 该方法利用 IPN 的同步协调特点, 给出了虚拟企业内生产协调需求的一个较好的解决办法。VE 中的生产协调、任务分配、风险承担、资源供应优化等均为具有挑战性的研究课题, 而智能信息系统为虚拟企业的生产提供了必要的支持。这方面的研究是非常重要的一个研究方向。

### 参 考 文 献

- 1 Yahya Y AL-Salqan, Carl K Chang. Media ware: A distributed multimedia environment with interoperability. In: Proc of the 4th IEEE Workshop on Enabling Technology: Infrastructure of Collaborative Enterprise-WET-ICE. 1995
- 2 Tadao Murata. Petri nets: Properties, analysis and applications. Proc of the IEEE. 1989, 77(4): 541 ~ 580
- 3 袁崇义. Petri 网原理. 北京: 电子工业出版社, 1998

### 作 者 简 介

李业丽 女, 1962 年生。东北大学软件中心博士生。研究方向为系统工程, 数据挖掘, 信息处理。

常桂然 女, 1946 年生。东北大学软件中心教授。研究方向为系统工程, 网络研究, 数据挖掘, 信息处理。