

管理信息系统

定时事件序列

控制技术

(17)

计算机科学 2000 Vol. 27 No. 12

多Agent

基于多 Agent 的定时事件序列控制技术研究*

Multi-Agent-Based Control Technology for Timed Process Series

69-72

夏洪山 张瑶新

C931.6

TP399

(南京航空航天大学民航学院 南京 210016)

Abstract Timed process series (TPS) is the time-based process flow in MIS. It not only has all properties of normal workflow in MIS, but also has the concurrent process based on timing system. This paper presents the statements describing the timing properties of TPS in MIS, and then the analysis to it is given. The impacts of timing and controlling characteristics on information flow in TPS are analyzed. The definition of agent function, data sharing, communication and synchronization among agents in multi-agent system are described and a multi-agent-based TPS system model is given sequentially. In this paper, an application of the model in civil airport flight scheduling system and the evaluations are presented finally.

Keywords AI, MIS, Agent, Multi-Agent, Timed-process-series, Process flow, Information flow, Workflow, Production scheduling

0 引言

定时事件序列是 MIS 中一种以时间为过程控制基础的处理对象,它不仅具有以管理信息处理为主体的一般事务处理 workflow 的特点,而且具有基于定时标准的并发控制处理过程。随着 AI 领域 Agent 理论及其应用技术的深入研究,这种类人化控制技术在 MIS 系统的设计过程中越来越广泛地被采用,以适应生产工具自动化程度不断提高的生产过程管理要求。

本文根据 MIS 系统的特点,对定时事件序列的特征进行分析,建立适合其特征的多 Agent 控制模型,并对实现多 Agent 系统互操作性的几个相关问题进行探讨。本文还将结合民航机场航班生产过程给出多 Agent 技术的应用实例,并对其性能进行分析与评估。

1 定时事件序列及其特征分析

MIS 系统处理的主要对象为业务管理过程,以及管理过程中所涉及的各种信息。假设业务管理事务为 Sm ,它由若干实现其功能的事件序列 $\{P(t)\}$ 组成,形成处理管理事务的“工作流”^[1-5]。管理事务工作流可以表示成下列表达式:

$$Sm\{P(t)\} = \{P_1(t), P_2(t), \dots, P_i(t), \dots\} \quad (1)$$

在(1)式中, t 为工作流中事件序列 $P_i(t)$ 的时间变量, $i(0 < i < N)$ 是事件序列变量。对于第 i 个事件序

列,我们有:

$$P_i(t) = \{P_{ij}(a_1, a_2, a_3, \dots, a_k, \dots), \dots, P_{ij}(b_1, b_2, \dots, b_n, \dots), \dots\} \quad (2)$$

其中, $P_{ij}(b_1, b_2, \dots, b_n, \dots)$ 为 t 时刻工作流中第 i 个事件序列 $P_i(t)$ 的第 j 个事件处理,变量 b_n 为该处理的不分割的最小事件。

在这种具有定时特征 MIS 中,如图 1 机场航班生产过程所示,由于 Sm 中事件处理的时限要求,因此事件序列 $P_i(t)$ 的处理过程必须满足下列定时要求:

$$t_i - t_{i-1} = T_i \pm \Delta_i \quad (3)$$

式中 T_i 为完成事件序列 $P_i(t)$ 的规定时间长度。 Δ_i 为容许的时间误差。当 $\Delta_i = 0$ 时,为定时完成;当 $\Delta_i < 0$ 时,为提前完成;当 $\Delta_i > 0$ 时,为延时完成。当 Δ_i 超过容许值时,作异常处理。

另一方面,由于事件序列 $P_i(t)$ 中的事件 $P_{ij}(b_1, b_2, \dots, b_n, \dots)$ 相互关联, $t+1$ 时刻的事件序列 $P_i(t+1)$ 的处理依赖于 t 时刻事件序列 $P_i(t)$ 的处理结果。对于任何一个事件序列 $P_i(t)$,虽然它与相邻事件或其他事件有关联,但是事件序列 $P_i(t)$ 的内部处理过程基于定时要求,可以是相对独立的,事件序列的这种相互关联性和相对独立性,体现了事件序列 $P_i(t)$ 的可交互性和相对自治性。

我们知道,在 MIS 中,事件序列 $P_i(t)$ 处理过程蕴含着信息流 $F_i(t, d)$,事件序列之间的关系和信息流

* 民航基金课题(项目号:MH9701)、夏洪山 副教授,研究方向为信息管理与网络通信、软件工程、多 Agent 系统。

向取决于 t 时刻的事件处理状态 d ，通常 d 的取值有以下几种可能性：

$d=T$ (真)，事件序列 $P_i(t)$ 中的事件处理之间存在关联性；

$d=F$ (假)，事件序列 $P_i(t)$ 中的事件处理之间存在冲突；

$d=NULL$ (空)，事件序列 $P_i(t)$ 中的事件处理之间无关联性。

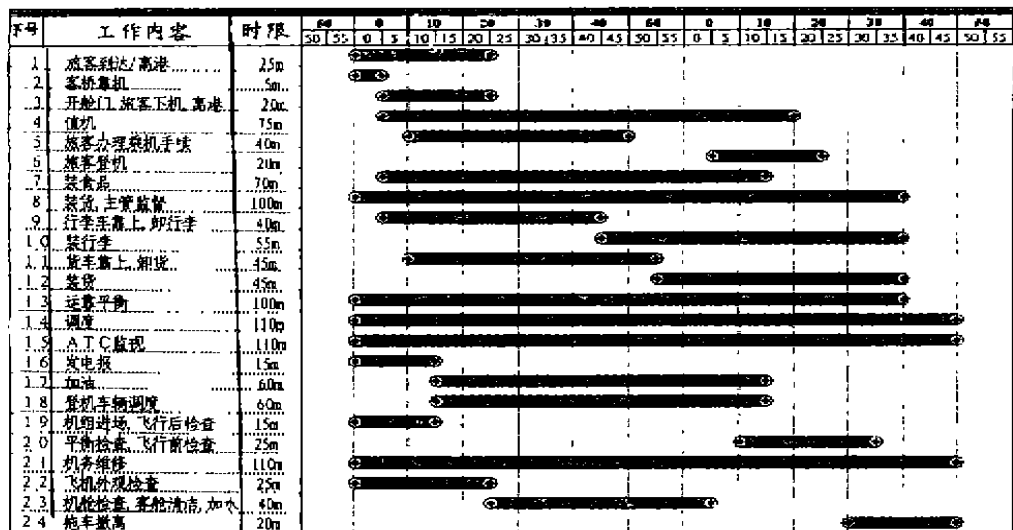


图 1 典型的定时事务处理流程——机场航班生产流程图(部分)

因此,时刻 t 状态 d 的变化,不仅影响事务 S_m 的处理过程,还将影响信息流 $F^i(t,d)$ 的流向控制,上标 x 为信息流向(x 为 in 时,信息流入, x 为 out 时,信息流出),参见图 2。实际上,信息流 $F^i(t,d)$ 中不仅包含事件序列 $P_i(t)$ 处理过程需要的信息,还包括处理过程中产生的信息和控制处理流程的指令。从式(1)可以看出,定时事件序列处理,一方面需要建立公共定时机制(Timer),用作事件处理的定时基准;另一方面由于事件序列中的某些事件处理具有并发性,系统需要建立协调机制,控制事件处理和信息传输。

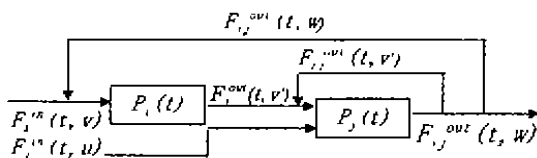


图 2 事件序列处理中的信息流

2 基于多 Agent 的定时事件序列控制模型

多 Agent 理论及其应用技术的研究,试图模仿人类行为,通过记忆、感知、学习、推理和计算等方法,构造一个具有自主性、反应性、适应性和社会性的计算机系统,实现对目标行为的智能控制^[2,3,4,6,7]。根据式(1)的定时特点,图 3 给出了一个基于多 Agent 的定时事件序列控制模型。模型中每个单 Agent 分布在不同的

事务处理结点,根据知识库的事件处理规则,其处理功能具有相对独立性的定时事件序列 $P_i(t)$,并根据定时要求,自主地协调与其他 Agent 的同步处理,控制信息流 $F^i(t,d)$ 的传输。虽然 Agent 自身具有一定的外界协调能力,但是具有全局性的同步控制和资源协调控制等处理,仍然需要一个协调控制 Agent 负责。为使 Agent 之间有效地协同控制,系统需要解决以下问题:

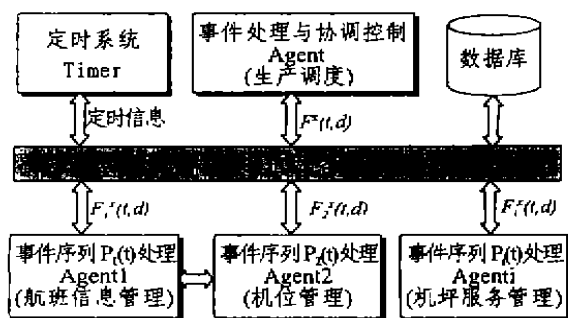


图 3 基于多 Agent 的定时事件序列处理系统逻辑结构框图

2.1 Agent 功能定义问题

多 Agent 事务处理系统是多个单 Agent 协同操作的群体,每个单 Agent 在该群体中承担不同事件序列的处理任务。单 Agent 的设计基础在于事务处理系

统的过程和功能的优化。在(1)式中,若事件序列 $P_i(t)$ 与 $P_j(t)$ 为同类,或(2)式中的 $P_{i1}(a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots)$ 与 $P_{j1}(b_1, b_2, \dots, b_j, \dots)$ 为同类,则需要归并和优化处理过程。这种优化,不仅简化处理流程,而且将减少 Agent 之间的功能重迭。这样,对于发生在同一时刻的事件序列,由 Agent 的实例处理。

在划定 Agent 功能范围的同时,还必须考虑使用资源的便利性,避免交叉引用而增加互操作控制的复杂性。

2.2 Agent 之间信息共享问题

Agent 在事件序列处理过程中的信息主要有两类。第一类是静态信息,如储存在数据库中的知识、数据等;第二类是在处理过程中产生的动态信息,如学习的新知识、控制指令、传递的数据等。在多 Agent 系统中,处理事件序列的 Agent 分布在事务处理结点,Agent 之间通过计算机网络系统直接访问数据库,实现静态信息共享,如图 3 所示。由于动态信息存在于事件处理过程之中,因此需要在 Agent 之间通过计算机网络建立直接通信连接,实现动态信息共享。

实现 Agent 之间的信息共享,需要根据处理的事件序列,建立能够共同理解的信息内容描述模式,避免对信息理解的歧义。另一方面,需要建立 Agent 之间的通信规程,包括通信语言格式、语义规范和通信控制机制。

2.3 Agent 之间的同步问题

在定时事件序列处理过程中,Agent 内部事件处理由 Agent 自身根据事件处理规则和定时要求进行调控。Agent 之间的协同操作和互操作控制比较复杂。根据式(3), t 时刻的 Agent 同步控制,取决于 Agent 处理事件序列的两种状态。第一种状态,两个 Agent 在 t 时刻同时满足同步处理条件。在这种情况下,Agent 将按照事件序列处理规则顺序进行;第二种状态,如果某一 Agent 完成事件处理产生的 Δ 大于零(即超时)时,Agent 必须根据知识库中的知识作出相应处理,并通知系统中的其他相关 Agent 作出相应的协调措施。

2.4 系统定时问题

系统定时是实现事件序列定时处理要求和同步控制的基准。在人工控制的系统中,日常使用的时钟是主要的定时工具,因时钟不准确或人为因素而影响工序协调时有发生。在图 3 所示的控制模型中,系统采用唯一的定时系统,对整个系统的事件序列处理提供定时基准,以确保事件序列的定时处理和事件处理之间的同步控制。

3 应用实例及性能评估

基于多 Agent 的定时事件序列控制技术的研究,

在生产过程控制中具有广泛的实用价值。在如图 1 所示的机场航班运输生产过程管理的典型应用中,采用了如图 3 所示的多 Agent 控制模型。在机场航班生产过程中,通常,机场当局生产指挥中心按照航班运行计划(即航班时刻表)和生产流程,定时下达生产指令和资源(如值机柜台、登机口、廊桥、停机位、摆渡车等)调配指令(参见图 1),并根据航班运行情况(正点航班、延误航班、紧急处理等),协调业务部门之间的生产过程和生产进度。这一生产调度控制过程,由事务处理协调控制 Agent 承担。其他 Agent 赋予部门生产管理者的职能,分别根据航班生产指令、工序定时标准、岗位职能要求和生产质量指标进行具体业务处理以及相关资源管理。这一生产过程随航班飞机的起飞和降落按照航班计划定时地重复。在机场航班运输生产控制系统中创建以下几个 Agent:

航班信息服务 Agent,负责接收生产指挥中心输入的航班动态信息,及时向各生产部门、公众社会以及旅客发布航班信息,并根据航班信息和定时系统,触发相关的生产管理 Agent。通过事务处理协调控制 Agent,协调与该航班相关的整个生产过程。数据通信 Agent 在航班定时信息的触发下启动相应服务,对远程的服务 Agent 进行数据同步处理和生产过程协同处理。

值机服务 Agent,根据生产指令和航班动态信息,进行值机柜台、行李传送等设备以及候机厅和贵宾(VIP)室分配与资源回收管理;根据定座系统中最新旅客定座信息,进入旅客换票和行李收运业务管理处理过程;进行旅客登机时间控制和登机信息发布。

机位分配 Agent,根据航班信息、机型、航线、VIP、可用登机门和停机位等多种信息,为进出机场的飞机进行机位预分配和实时分配,并对机位信息进行管理和发布。

机坪服务 Agent,根据航班信息,以及机型、停机位、客货等信息,对当班飞机进行例行维护、注油、机舱清洁、装载机上服务用品、装货等业务过程的管理。

配载控制 Agent,根据航班机型、旅客人数、货物重量和几何尺寸以及航线等信息,按照飞机配载规则,制作当班飞机客货配载图,并对航班飞机吨位配载信息进行管理。

由于各航班的处理流程相似,因此系统将根据航班信息和定时信息,为每一个航班产生相应的 Agent 实例(Instance),进入相应的航班生产服务与过程控制。

南京机场航班生产管理系统基于图 3 所示的多 Agent 控制模型,模仿人工管理的思想,实现航班生产过程各个环节的自主控制,避免了集中控制过程中不

同事件序列(多航班)并发处理的控制问题,简化了整体控制的复杂性,提高了系统处理的灵活性和系统的可靠性。尤其在航班高峰期间,更体现出系统智能化控制的高效、准确、及时等优越性,使航班处理速度从平均 20 分钟每架次最小间隔时间可以缩短到 3 分钟,航班正点率提高 40%,显著地提高了生产服务质量。

结束语 MIS 中定时事件序列的特征研究对于如何有效地管理和控制事务处理过程是十分重要的,它不仅有利于优化 MIS 系统性能,而且有利于应用 Agent 技术对系统进行灵活的管理和控制。随着 Agent 理论及其应用技术的发展,MIS 的事务管理和过程控制智能化程度将越来越高。

参考文献

- 1 Xie Hongshan, et al. Process-Driven Analysis & Design of MIS. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 1999, 16(2)
- 2 Tambe M, Adibi J, et al. Building Agent Teams Using An Explicit Teamwork Model And Learning. Artificial Intelligence, 1999, 111, 215~239
- 3 Shoham Y. Agent-Oriented Programming. Artificial Intel-

ligence, 1993, 60

- 4 Jennings N. Controlling cooperative problem solving in industrial multi-agent systems using joint intentions. Artificial Intelligence, 1995, 75, 195~210
- 5 Mylopoulos J. Representing and Using Nonfunctional Requirements: A Process-Oriented Approach. IEEE Transactions Software Engineering, 1992, 18(6), 483
- 6 Singh M P. Multi-Agent System: A Theoretical Framework. Intentions, Know-how and Communications. Springer-Verlag, 1994
- 7 胡舜耕,张莉,等.多 Agent 系统的理论、技术及其应用.计算机科学,1999,26(9)
- 8 周永林,潘云鹤.面向 Agent 的分析与建模.计算机研究与发展,1999,4
- 9 陈善国,等.一种基于 Agent 的工作流模型的设计与实现.计算机科学,2000,27(4)
- 10 宋德舜,等.基于 Agent 的分布式业务过程管理系统 DBPM/AB 的设计和实现.计算机科学,2000,27(3)
- 11 杨鲲,翟永顺,等. Agent: 特性与分类.计算机科学,1999,26(9)
- 12 陈善国.一种基于 Agent 的工作流模型的设计与实现.计算机科学,2000,27(4)

(上接第 68 页)

时,为了便于编辑算法自动生成结果,软件也支持拓扑信息的交互修改。

4.4 符号和颜色管理

地图本质上就是一个符号表示系统,而各种类型的符号是构成地图的基本单位。一个符号上的参数可以相当复杂,包括位置、大小、角度、颜色、定位点等。许多行业都有自己的行业的地图符号规范。采用计算机交互式地设计和使用地图符号与原来手工地图编绘相比,不但方便了许多而且提高了效率。在实现时为了方便使用者,我们在同一界面下进行地图的编绘和符号的设计。此外,软件也通过符号编辑器提供符号的制作、分类和管理。在颜色管理上,软件采用符合 ICC 标准的 CMYK 与 RGB 之间的颜色转换算法^[3]。

4.5 地图配准与误差矫正

地理数据采集过程中误差是难以避免的,因此,软件初始提供了线性、二次和三次坐标变换功能,这些配准变换很好地解决了一幅地图中数据所存在的整体误差。但在了一幅地图中不同区域数据的误差分布规律一般是不相同的,这样基于整幅地图的整体误差矫正方法就难以满足要求。为此,我们采取选取控制点,根据控制点建立三角网,然后将落在三角网中的地图数据按该三角网内的参数进行配准的算法来进行配准,即

分块配准,分块配准有效地解决了地图上不同区域上误差分布不同的问题。

结束语 本篇所述是北大方正技术研究院开发的具有自主知识产权的地理数据采集和出版系统“方正智绘”的核心内容。“方正智绘”在国家科技部“九五”国家重点攻关项目的支持下,已经取得了良好的技术和市场成果,并在 1998 和 1999 连续两年被国家科技部评为优秀产品。今后,我们将继续完善该软件的对象模型,并将基于同一对象模型实现对 OLE Automation 和 ActiveX Control 的支持,从而为软件应用自动化和再开发提供手段^[7]。

参考文献

- 1 A. H. 罗宾逊,等.地图学原理.北京:测绘出版社,1989
- 2 周大良.全数字化制图生产系统的建立与应用.见:中国 GIS 协会 99 年会论文集. P460~466
- 3 Larman C. Applying UML and Patterns. Prentice Hall PTR, 1998
- 4 刘威,等.地图数据矢量化方式采集发展与实现.见:中国 GIS 协会 99 年会论文集. P451~455
- 5 曹五丰,等. GIS 制图中的地图投影处理.见:中国 GIS 协会 99 年会论文集. P421~424
- 6 胡成发.印刷色彩与色度学.印刷工业出版社,1993
- 7 尹伟强.基于代理方式为面向对象系统提供二次开发能力.计算机工程与应用.已录用