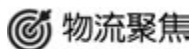




本章学习目标

- 熟悉事件调度法的步骤。
- 掌握活动扫描法的关键点与步骤。
- 了解进程交互法的关键点与步骤。
- 掌握分别从事件、活动和进程视角来实现仿真的区别。

本章分别介绍了事件调度法、活动扫描法和进程交互法的相关步骤和关键点。



银行离散事件系统仿真例

某银行只有一个服务台为顾客提供服务,顾客随机地以 1~8min 的间隔到达,到达时间间隔等概率出现。顾客到达后若服务台空闲则接受服务,否则排入队列等待,直到最后得到服务并离开,排队规则是先入先出(FIFO)。服务时间为 1~6min,也是等概率出现。假定顾客到达时间间隔及服务时间取整数值。要求对该系统进行 10 个顾客的仿真,并给出其运行情况的评价,如顾客平均等待时间、服务台的忙闲程度等。如表 5.1 所示为基本数据。

表 5.1 基本数据

顾 客	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
到达时间间隔/min	—	8	6	1	8	3	8	7	2	3
服务时间/min	4	1	4	3	2	4	5	4	5	3

手动仿真的关键是计算仿真(见表 5.2),根据需要处理的相关问题而设计。第一个顾客在 0min 时到达,立即开始接受服务,并在 4min 后结束其服务,该顾客在系统中停留 4min,第二个顾客在 8min 时到达,并能立即开始接受服务,此前服务台空闲 4min,同理可知第 3 个顾客、第 4 个顾客的到达时间,第 4 个顾客到达时服务台正在为第 3 个顾客服务,它需要等待 3min,并在第 18min 结束时接受服务,这个过程可以继续进行下去,直到 10 个顾客全部处理完毕。

表 5.2 计算仿真

顾客	到达时间间隔/min	到达时刻	服务时间/min	服务开始时刻	服务结束时刻	顾客在系统中的逗留时间/min	顾客在队列中的等待时间/min	服务台空闲时间/min
1	—	0	4	0	4	4	0	0
2	8	8	1	8	9	1	0	4
3	6	14	4	14	18	4	0	5
4	1	15	3	18	21	6	3	0
5	8	23	2	23	25	2	0	2
6	3	26	4	26	30	4	0	1



续表

顾客	到达时间 间隔/min	到达 时刻	服务时间 /min	服务开 始时刻	服务结 束时刻	顾客在系统中的 逗留时间/min	顾客在队列中的 等待时间/min	服务台空闲 时间/min
7	8	34	5	34	39	5	0	4
8	7	41	4	41	45	4	0	2
9	2	43	5	45	50	7	2	0
10	3	46	3	50	53	7	4	0
合计						44	9	18

离散事件系统仿真评价指标：

顾客在系统中平均逗留时间 = 顾客在系统中总的逗留时间/顾客总数 = $44/10 = 4.4(\text{min})$

服务台空闲概率 = 服务员总空闲时间/仿真运行时间 $\times 100\% = (18/53) \times 100\% = 34\%$

顾客在队列中的平均等待时间 = 顾客在队列中总的等待时间/顾客总数 = $9/10 = 0.9(\text{min})$

顾客需要等待的概率 = 等待的顾客数/顾客总数 $\times 100\% = (3/10) \times 100\% = 30\%$

需要等待的顾客的平均等待时间 = 顾客在队列中总的等待时间/等待的顾客数 = $9/3 = 3(\text{min})$

仿真结果表明,系统的功能是很好的,只有 30% 的顾客需要等待,平均等待的时间为 0.9min,大约 34% 的时间服务台是空闲的。

系统仿真是系统运行的快速拍照,是系统运行过程的真实再现。然而,在复杂系统中每一时刻都有若干事件发生,有多个系统状态变量在变化,那么如何推进仿真钟,使仿真能完整、准确地记录这一复杂过程呢?本章将解决这个问题。

仿真策略是确定仿真钟推进策略的控制方法,是仿真控制的核心。目前最常用的仿真策略有事件调度法、活动扫描法和进程交互法。

事件调度法是面向事件的,它记录事件发生的过程,处理每个事件发生时系统状态变化的结果。例如,工件到达加工机床时,如果等待则发生排队长度增加,如果加工则发生机床状态由闲变忙等系统状态变化。

活动扫描法是面向活动的,它记录每个活动开始与终止的时间,从而记录实体从一种状态变为另一种状态的过程。例如,料箱放入立体仓库某一货位,则该货位状态由“空闲”变为“占用”;当该料箱从货位取出,则该货位状态由“占用”变为“空闲”;而料箱占用货位的整个过程为“储存”活动。

进程交互法是面向进程的,它记录每个进程推进的过程。由于各个进程是并行的,为了便于计算机处理,进程交互法采用交叉推进的方法推进每个进程,最终完成全部进程的推进,即完成系统的全部运行过程。

离散事件系统的仿真时间需要自行管理,仿真钟的推进是算法的关键。仿真运行时,算法每次在某个时刻会处理某(些)事件、活动或所有进程,恰如系统运行的快速拍照,对某一时间截面(时刻)的一般场景(运行过程)的设计是算法的重要内容之一,整个仿真运行过程犹如放电影,形成系统运行过程的真实再现。

5.1 事件调度法

► 5.1.1 事件调度法概述

离散事件系统的一个基本概念是事件,事件的发生引起系统状态的变化。事件调度法以事件为系统分析的基本单元,通过定义事件及每个事件发生对系统状态的影响,按时间顺序确定并执行每个事件发生时有关的逻辑关系并策划新的事件来驱动模型的运行,这就是事件调度法的基本思想。

事件调度法的仿真钟采用变步长的推进方法。每推进一次仿真钟,就对该事件发生所引起的系统状态变化进行处理和记录。事件调度法的基本部件包括事件列表、时间控制子程序和事件处理子程序。事件列表按时间的顺序存放所发生的事件及这些事件的相关属性。时间控制子程序根据事件发生的间隔推进仿真钟。事件处理子程序处理每种事件发生时系统状态所发生的变化。事件调度法的程序框图如图 5.1 所示。

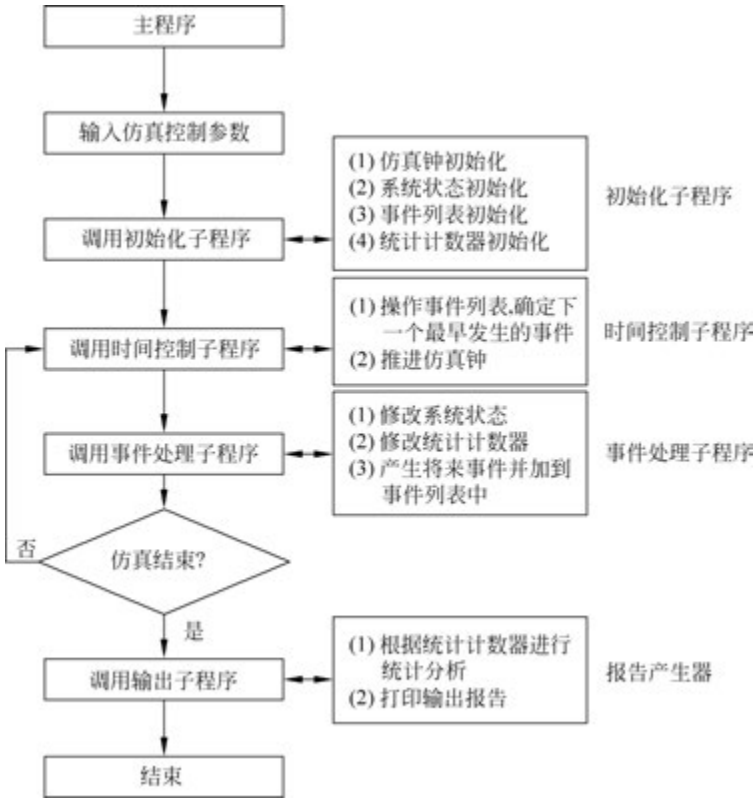


图 5.1 事件调度法的程序框图

在事件调度法中需要定义一些参数,用于描述实体、属性和系统状态。

1. 成分集合

成分集合定义为 $C = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 可分为主动成分和被动成分。

主动成分: $C_A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 。

被动成分: $C_P = \{a_{m+1}, a_{m+2}, \dots, a_n\}$ 。



2. 用来描述每个主动成分 a 的 C_A 的变量

a 的状态 s_a , 值域 S_a ; 下一时刻的时间变量 t_a 。

3. 描述每个主动成分 a 的 C_P 的变量

a 的状态 s_p , 值域 S_p 。

4. 描述所有成分属性的变量

参数集合 $p = \{p_1, p_2, \dots, p_r\}$ 。

另外, 还需要描述各成分之间的关系、事件处理流程、成分状态变化、处理优先级及解决规则等。

► 5.1.2 事件调度法的步骤

事件调度法的仿真过程如下。

(1) 初始化。设置仿真的开始时间 t_0 和结束时间 t_f , 设置各实体、统计计数器的初始状态, 事件列表初始化。

(2) 设置仿真时钟 $TIME = t_0$ 。

(3) 如果 $TIME \geq t_f$, 转至第(4)步, 否则执行:

操作事件列表, 取出发生时间最早的事件 $E, i = 1, 2, \dots, n$;

将仿真时间推进到此事件的发生时间, 即 $TIME = t_E$;

{Case 根据事件 E 的类型:

$E \quad E_1$: 执行 E_1 的事件处理模块;

$E \quad E_2$: 执行 E_2 的事件处理模块;

...

$E \quad E_n$: 执行 E_n 的事件处理模块。

End case};

更新系统状态, 策划新的事件, 修改事件列表; 重复执行第(3)步。

(4) 仿真结束。事件调度法第(3)步体现出仿真钟的推进机制, 即将仿真钟推进到下一个最早事件的发生时刻, 就是下次事件推进机制。

► 5.1.3 事件列表的处理

复杂系统运行中事件列表规模巨大, 如果采用传统的处理方式, 每处理完一个事件要将事件列表中的所有项向上平移一行。这样的处理显然需要占用时间。为了提高处理效率, 采用链表法是可取的。图 5.2 描述了用链表法对事件列表存储和操作的过程。

图 5.2(a) 表示在事件列表中已有三个未来事件, 事件发生时间分别为 10、15 和 25, 占用了链表中的节点(行号)2、3 和 1, 另有节点(行号)4、5 未被使用; 图 5.2(b) 表示又产生了一个新的未来事件, 事件发生时间为 40, 占用节点(行号)4, 还剩节点(行号)5 未被使用; 图 5.2(c) 表示发生时间为 10 的未来事件被移出事件列表, 释放节点(行号)2。

知识链接

GPSS 语言

这是一种离散事件系统仿真语言, 又称为通用系统模拟语言, 英文缩写为 GPSS。GPSS 语言是面向框图的进程型语言, 已在离散事件系统仿真中得到广泛应用。在交通、能源、通信、

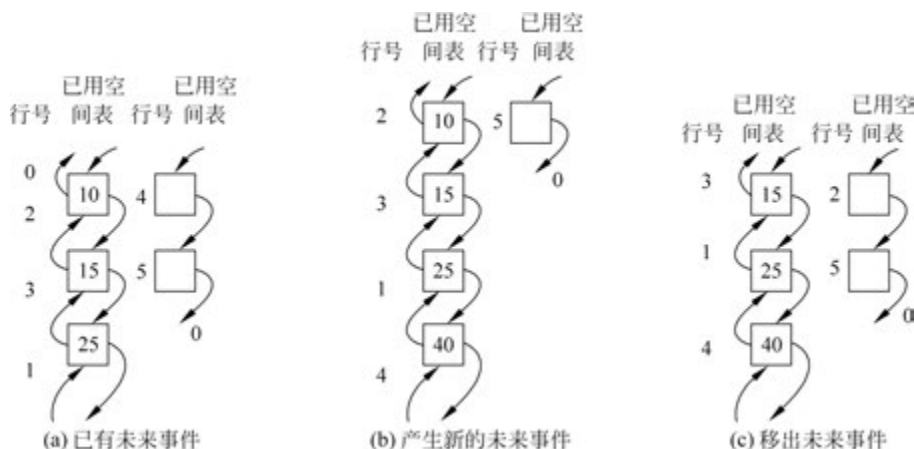


图 5.2 链表法处理事件表的原理

计算机网络、系统设计、计划调度、财政金融等方面常借助 GPSS 语言进行决策分析。GPSS 语言简单易学,功能很强。即使没有程序设计经验的用户也能选用各种模块组成框图,对于复杂系统的仿真所用程序也很短,并有大量的应用范例可供参考。

5.2 活动扫描法

► 5.2.1 活动扫描法概述

活动扫描法以活动为分析系统的基本单元,认为仿真系统在运行的每个时刻都由若干活动构成,每个活动对应一个活动处理模块。活动与实体有关,主动实体可以主动产生活动,如单机器加工系统中的工件,它的到达产生排队活动或加工活动;被动实体本身不能产生活动,只有在主动实体的作用下才产生状态变化,如单机器加工系统中的机器。

活动的激发与终止都是由事件引起的,活动周期图中的活动都可以由开始和结束两个事件表示,每个事件都有相应的活动处理。处理中的操作能否进行取决于一定的测试条件,该条件一般与时间和系统的状态有关,而且时间条件优先考虑。确定事件的发生时间事先可以确定,因此其活动处理的测试条件只与时间有关;条件事件活动处理的测试条件与系统状态有关。一个实体可以有几个活动处理,协同活动的处理只归属于参与的一个实体(一般为永久实体)。在活动扫描法中,除了系统仿真钟外,每个实体都带有标志自身时钟值的成分仿真钟(也称时间元),成分仿真钟的取值由所属实体的下一确定事件刷新。由此可知,活动扫描法建立在系统仿真钟、成分仿真钟和条件测试模块基础之上。

1. 系统仿真钟

与事件调度法一样,活动扫描法也需要设置一个系统仿真钟 TIME,用以标识系统全局仿真的进程时刻。

2. 成分仿真钟

这里的成分是指系统模型中的临时实体,其在仿真模型中会分别取不同的名称,成分仿真钟用来标识每个成分活动发生的时刻。由于成分的进程包含若干活动,因此它是一个变量。在仿真的每一时刻,成分仿真钟 t_a 与系统仿真钟 TIME 的关系有三种。

(1) 当 $t_a > \text{TIME}$ 时,成分的集合为 $\text{FUTURE}(S)$,即 $\text{FUTURE}(S) = \{a | t_a > \text{TIME}\}$ 。



(2) 当 $t_a = \text{TIME}$ 时,成分的集合为 $\text{PRESENT}(S)$,即 $\text{PRESENT}(S) = \{a \mid t_a = \text{TIME}\}$ 。

(3) 当 $t_a < \text{TIME}$ 时,成分的集合为 $\text{PAST}(S)$,即 $\text{PAST}(S) = \{a \mid t_a < \text{TIME}\}$ 。

成分仿真钟的取值方法通常有两种。绝对时间法将成分仿真钟的时钟值设定在相应实体的确定事件发生时刻;如果将成分仿真钟的时钟值设定在相应实体确定事件发生的时间间隔上,则为相对时间法。

3. 条件测试模块

条件测试模块是对每一仿真钟时刻的成分活动是否可以开始或结束进行测试的模块,用 $D_a(S)$ 表示。当活动可以开始或结束时,定义为 $D_a(S) = \text{true}$;若 $D_a(S) = \text{false}$ 则表示活动不能开始或结束。

4. 活动处理子程序

活动处理子程序用来处理活动发生时(主要是开始或结束)状态变量的变化,并将变化的结果输出到统计模块中。

活动扫描法的基本思想是用各个实体成分仿真钟的最小值推进仿真钟,将仿真钟推进到一个新的时刻,按优先顺序执行可激活实体的活动处理,使测试通过的事件得以发生,改变系统的状态并安排相关确定事件的发生时间。因此,与事件调度法中的事件处理子程序相当,活动处理是活动扫描法的基本处理单元。

知识链接

仿真效率与仿真精度

仿真效率是指对同一系统在同样一段时间的行为进行一次仿真时,所耗费计算机时间的多少。费时少则效率高,费时多则效率低。

仿真精度是指仿真结果与实际系统行为结果(实际结果)的接近程度。仿真结果与实际结果越接近,仿真精度越高。

► 5.2.2 活动扫描法的步骤

活动扫描法的仿真过程如下。

(1) 初始化。分为以下几步。

仿真钟初始化: $\text{TIME} = T_0$ 。

设置初始时间 $t = t_0$, 结束时间 $t_\infty = t_e$ 。

设置主动成分的仿真钟: $t_0(i), i = 1, 2, \dots, n$ 。

成分状态初始化: $S = ((S_{a_1}, t_{a_1}), (S_{a_2}, t_{a_2}), (S_{a_2}, t_{a_2}))$ 。

(2) 设置条件测试模块,并将满足下列条件的成分置于可激活成分集合中:

$$a \in \text{PRESENT}(S) \cup \text{PAST}(S)$$

$$D_a(S) = \text{true}$$

即

$$\text{ACTIVABLE}(S) = \{a \mid a \in \text{PRESENT}(S) \cup \text{PAST}(S), D_a(S) = \text{true}\} \quad (5.1)$$

(3) 逐一处理可激活成分中的活动,直至可激活成分集合中的活动全部被处理完。

(4) 将系统仿真钟推进到下一最早发生的活动时刻,即

$$\text{TIME} = \min(t_a \mid a \in \text{FUTURE}(S))$$

上述过程用程序流程表示如下。

初始化时间和成分状态;

设置系统仿真钟 $TIME = t_0$;

while($TIME \leq T_{\infty}$)则执行扫描

for $j =$ 最高优先级数到最低优先级数

将优先级数为 j 的成分设置为 i

if $t_a(i) \leq TIME$ and $D_a(S) = \text{true}$

执行活动处理子程序 i

退出,重新扫描

end for

$TIME = \min(t_a | a \in \text{FUTURE}(S))$

end while

图 5.3 为活动扫描法的程序框图。

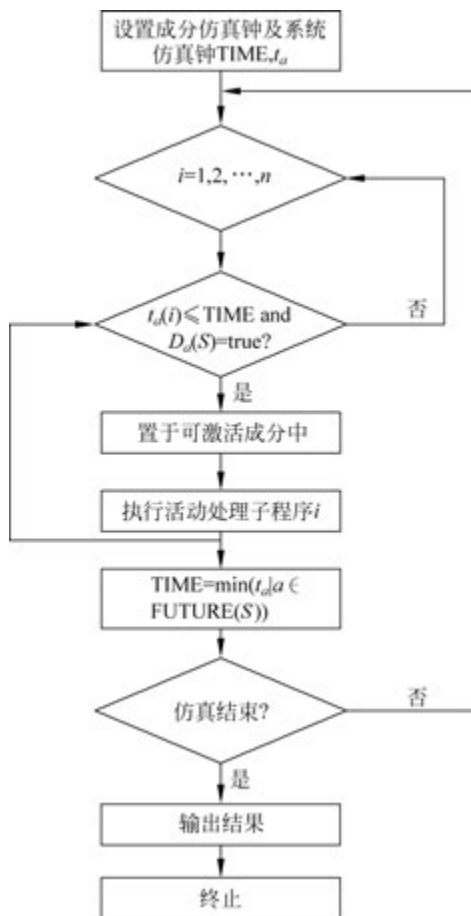


图 5.3 活动扫描法的程序框图

5.3 进程交互法

事件调度法和活动扫描法的基本模型单元是事件处理与活动处理,这些处理都是针对事件而建立的,且在策略中各个处理是独立存在的。进程交互法的基本模型单元是进程,它是针对某类实体(通常为临时实体)的生命周期而建立的,因此一个进程要处理实体流动过程中发生的所有事件,包括确定事件和条件事件。



► 5.3.1 进程交互法的设置

1. 系统仿真钟

和事件调度法与活动扫描法一样,进程交互法也需要设置一个系统仿真钟 $TIME$,用以标识仿真全局的进程时刻。

2. 成分仿真钟

与活动扫描法相同,进程交互法不仅要设置系统仿真钟,还要设置成分仿真钟 t_a 。 t_a 是成分 a 的仿真钟。在仿真的每一时刻,成分仿真钟与系统仿真钟的关系也可以归结为三种,即 $t_a > TIME$ 、 $t_a < TIME$ 和 $t_a = TIME$ 。

3. 条件测试模块

与活动扫描法类似,进程交互法也设置了条件测试模块,当系统仿真钟推进到某时刻时,对每一事件进行条件判断。如果该事件发生的条件已满足,即 $D_a(S) = \text{true}$,则对该事件进行处理,并记录事件发生的状态变化。如果条件不满足,则不对该事件进行处理,该事件仍留在当前事件列表中,等待下一次仿真钟推进时再进行条件判断。

4. 将来事件列表

将来事件列表(Future Event List, FEL)是将来某个时刻发生的事件记录。所谓事件记录是指该事件全部属性的记录。当仿真钟开始推进时,将所有成分的事件记录放到将来事件列表中。仿真钟推进过程中逐渐将其中的某些成分事件移到当前事件列表中。

5. 当前事件表

当前事件列表(Current Event List, CEL)是当前时间点开始有条件执行的事件记录。在仿真钟推进过程中,不断将所有条件满足 $t_a = TIME$ 和 $t_a < TIME$ 的成分事件从将来事件列表移到当前事件列表中,然后依次处理。

6. 进程表

将时间与活动按时间顺序进行组合,一个成分一旦进入进程,在条件允许的情况下,它将完成该进程的全部过程。这种处理方法有别于活动扫描法。活动扫描法是每推进系统仿真钟一步,对所有的活动进行扫描,对每个条件满足的活动仅进行一次处理,因此所有进程的推进是步步为营的;而进程交互法的各进程推进则是交替进行的,进程结束的时间将参差不齐。这种推进法符合思维逻辑,但是需要特别注意记录每个由于条件暂时不满足而必须暂停推进的进程断点,以便在后续的仿真时刻对其进行处理。当系统复杂、进程较多时,进程断点的记录将十分复杂。

► 5.3.2 进程交互法的步骤

1. 基本步骤

(1) 初始化,包括时间初始化;事件表初始化:设置初始化事件并置于 FEL 中,将 FEL 中有关事件记录置于 CEL;成分状态初始化;系统仿真钟初始化,令 $TIME = t_0$ 。

(2) 扫描 CEL,依次测试成分事件是否满足执行条件。如果成分事件满足执行条件,则推进成分仿真钟,直到成分事件执行完毕或无法继续执行;如果成分事件不满足执行条件,则继续测试下一个成分事件。

(3) CEL 扫描完毕之后,扫描 FEL,找到下一个可以最早执行的事件,推进仿真钟。

(4) 将 FEL 中满足条件的事件记录移到 CEL 中。

2. 基本流程

进程交互法的步骤用程序流程表示如下。

(1) 初始化时间、成分状态和事件列表。

(2) 设置系统仿真钟 $TIME = t_0$ 。

```

while(  $TIME \leq T_{\infty}$  )则执行
    while(CEL 中最后一个记录未处理完)则
        while (  $D_a(S) = \text{true}$  且当前成分未处理完)则
            执行该成分事件
            确定该成分的下一事件
        end while
    end while
    TIME = FEL 中安排的最早时间
    if(  $TIME \leq T_{\infty}$  )则
        将 FEL 中所在 TIME 时刻发生的事件记录移到 CEL 中
    end if
end while
  
```

图 5.4 是进程交互法的程序框图。

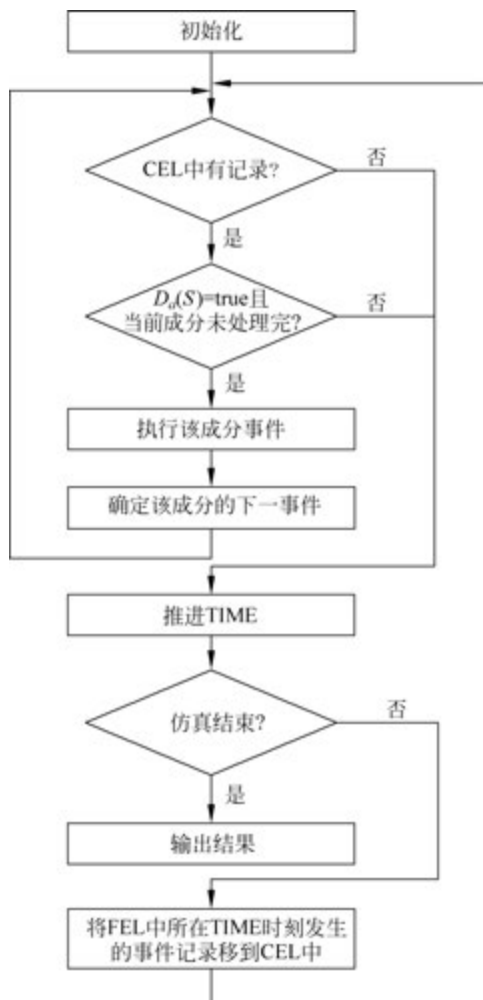


图 5.4 进程交互法的程序框图



► 5.3.3 三种方法的比较

前述三种方法分别站在不同的角度实现离散事件的系统仿真,可大致认为:事件调度法站在临时实体与系统中任一固定实体发生作用关系的开始或结束时刻来看,活动扫描法站在临时实体与系统中任一固定实体发生作用关系从开始到结束的角度来看,而进程交互法则站在临时实体与系统中所有固定实体发生作用关系从开始到结束的角度来看。总体来看,它们之间的差异主要体现在系统描述、建模要点、仿真钟推进和执行控制等方面,各有优缺点,如表 5.3 所示。

表 5.3 各种上网接入方式的比较

项 目	事件调度法	活动扫描法	进程交互法
系统描述	主动成分可施加作用	主动成分、被动成分均可施加作用	主动成分、被动成分均可施加作用
建模要点	对事件建模,事件处理子程序	对活动建模,活动处理子程序	进程分步,条件测试与执行活动
仿真钟推进	系统仿真钟	系统仿真钟,成分仿真钟	依据 CEL,最早发生的事件时间执行活动
执行控制	选择最早发生的事件记录	扫描全部活动,执行可激活成分	扫描 CEL,执行 $D_a(S) = \text{true}$ 的记录断点

事件调度法建模灵活,应用范围广泛,但是只适用于成分相关性小的系统仿真。活动扫描法对于各成分相关性很强的系统来说模型执行效率高,但是用户建模时应对各成分的活动建模,仿真执行程序结构比较复杂,流程控制要十分小心。进程交互法建模直观,模型接近实际系统,特别适用于活动可预测、顺序比较确定的系统,但是其流程控制复杂,建模灵活性不如事件调度法。



课程思政

如何从认识论、实践论和方法论角度来总结本章知识? 欢迎读者从自己的理解角度加以总结,此处推荐内容供参考。

在认识上,仿真算法策略是机器世界实现仿真的基础,三类典型的系统仿真策略关联着离散事件系统仿真的事件、活动和进程,再次印证了它们是分析离散事件系统的三个视角。

在实践中,可以依托 AnyLogic 等软件实现物流系统的建模与仿真,而且理解系统仿真策略有助于更好地了解和熟悉软件中相关操作及操作间的关系。

在方法上,三种系统仿真策略对仿真时间的管理是重点。



补充阅读

由于活动扫描法将确定事件和条件事件的活动同等对待,都要通过反复扫描来执行,因此效率较低。1963 年,Tocher 借鉴事件调度法的某些思想对活动扫描法进行了改进,提出了三段扫描法(Three Phase, TP)。三段扫描法兼有活动扫描法简单和事件调度法高效的优点,因此被广泛采用,并逐步取代了最初的活动扫描法。

同活动扫描法一样,三段扫描法的基本模型单元也是活动处理,但是在三段扫描法中,活动被分为两类: B 类活动和 C 类活动。B 类活动,描述确定事件的活动处理,在某一排定时刻必然会被执行,也称为确定活动处理。B 源于英文 Bound,表示可以明确预知活动的起始时

间,该活动将在界定时间范围内发生。C类活动,描述条件事件的活动处理,在协同活动开始(满足状态条件)或满足其他特定条件时被执行,也称为条件活动处理或合作活动处理。C源于英文 Condition,表示该类活动的发生和结束是有条件的,其发生时间是不可预知的。

显然,像事件调度法中的事件处理一样,B类活动处理可以在排定时刻直接执行,只有C类活动处理才需要扫描执行。在这种仿真策略下,仿真过程不断地执行一个三阶段的循环,以实现活动的平行性,同时防止死锁,这种仿真过程的三个阶段描述如下。

A 阶段:找到下一个最早发生的事件,并把仿真钟推进到该事件预计发生时刻。

B 阶段:执行所有的预期在此时刻发生的B类活动处理(确定发生的活动)。

C 阶段:该阶段尝试执行所有的C类活动(这类活动的发生与否取决于资源和实体的状态,而这些状态可能在B阶段已发生改变)。

这三个阶段不断循环直至仿真结束。



案例分析

电梯群控系统仿真

电梯群控系统运行并不按预定的时间进行,它的状态变化不但与时间有关,还与其他一些条件有关,如梯内乘客及门厅乘客等。而这些条件是否成立是事先不能确定的,只有到那个时间才能够知道条件是否成立。也就是说,在该系统中某个事件是否发生不但与时间有关,还与条件有关,条件成立则事件发生,否则不发生。据以上分析我们认为采用活动扫描法对该系统仿真是合适的。

从逻辑上说,乘客是主动成分,电梯是被动成分。只有有乘客时电梯才运行,但进一步分析会看到,电梯反过来会对乘客产生影响。当电梯到达某一层时,该层与电梯运行方向相同的门厅乘客会被消去。因此,我们进行以下两点考虑。

(1) 把电梯也作为主动成分。

(2) 将梯内乘客与门厅乘客统一起来当作一个成分,乘客的变化(包括新乘客的到达)仅作为该成分的状态发生了变化。

从下面的仿真模型及算法中会发现,这样处理后会使得模型及算法得到简化。

根据以上论述,电梯群控系统的仿真模型如下。

成分集合: $C = (a_0, a_1, \dots, a_M)$, 其中, a_0 表示电梯群控系统中的乘客(B, H), a_i 表示第 i 台电梯($i = 1, 2, \dots, M$)。

主动成分集合: $C_A = C$, 其中, $S = (E, B, H)$ 为所有成分的状态变量, t_{ai} 为成分 a_i 的状态下一次发生变化的时刻。

$D_{ai}(S)$ 可用于判断成分 a_i 在系统状态 S 下条件是否满足。 $D_{ai}(S) = \text{true}$ 表示条件满足; $D_{ai}(S) = \text{false}$ 表示条件不满足。

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_{NP}\}$ 为成分 a_0 的属性集合。

TIME 为系统仿真钟的值。

各子例程及发生的条件如下。

(1) 子例程 0。

$D_{a_0}(S)$ 恒为 true, $t_{a_0} = P_{l3}$, l 为新乘客的序号。

(2) 子例程 i ($i = 1, 2, \dots, M$)。

条件:



if $b_{ij} < 0$ or $h_{ij} < > 0$

then $D_{ai}(S) = \text{true}$

else $D_{ai}(S) = \text{false}$

$S = | \text{电梯当前所在楼层一下次停靠楼层} | \times \text{楼层高度}$

$$t_{ai} = t_c + d_1 + d_2$$

式中, t_c 为电梯运行时间,按给定公式计算, d_1 为电梯开关门时间, d_2 为该电梯内乘客的下梯时间和梯外乘客上梯时间。

记录上梯乘客的等待时间和电梯停靠次数。评价电梯服务质量的主要指标是乘客的平均等待时间和最大等待时间。电梯耗能主要发生在停靠与启动时,占总能耗的 70%~80%。

记: $\text{FUTURE}(S) = \{a_i | t_{ai} > \text{TIME}\}$

$\text{PRESENT}(S) = \{a_i | t_{ai} = \text{TIME}\}$

$\text{PAST}(S) = \{a_i | t_{ai} < \text{TIME}\}$

仿真算法如下。

设置初始时间 $t = t_0$, 结束时间 $t_\infty = t_c$ 。

设置主动成分仿真钟 $t_{a0} = P_{l3}$, $t_{ai} = t_0 (i = 1, 2, \dots, M)$ 。

设置系统仿真钟 $\text{TIME} = t_0$ 。

While($\text{TIME} \leq t_\infty$) 执行扫描

for $i = 0$ to M

if ($t_{ai} \leq \text{TIME}$ and $D_{ai}(S) = \text{true}$)

执行子例程 i

end if

end for

end while

小结

本章深入探讨了实现系统仿真的三种主要方法:事件调度法、活动扫描法和进程交互法,为设计和执行仿真提供了多样化的策略。事件调度法,作为最常用的仿真策略之一,侧重于事件的管理和调度,强调在特定时间点触发和处理事件。这种方法适用于事件驱动的系统仿真,能高效处理大量离散事件。活动扫描法则通过不断扫描系统中的所有活动来决定下一步的行动,适用于活动状态频繁变化的仿真环境。进程交互法引入了对进程的直接模拟,允许模拟实体之间更复杂的交互和同步,为复杂系统提供了更灵活的仿真框架。通过对这三种仿真策略的详细介绍和比较,读者能够根据具体的仿真需求和系统特性,选择最合适的仿真策略,优化仿真设计,提高仿真的效率和准确性。

习题 5

一、填空题

1. _____ 是确定仿真钟推进策略的控制方法,是仿真控制的核心。
2. 离散事件系统的一个基本概念是事件,事件的发生引起系统状态的变化。事件调度法以 _____ 为分析系统的基本单元。
3. 事件调度法的仿真钟采用 _____ 的推进方法。



在线测试



表 5.4 用户每次的需求量

需 求 量	概 率	需 求 量	概 率
1	1/8	3	3/8
2	3/8	4	1/8

公司用安全库存方法管理库存,即确定最低库存水平 s 和最高库存水平 S 。在每个月月初检查库存量,如果当前库存量 I 小于最低库存水平 s ,采购数量为 $Z=S-I$ 。最高库存水平为 60 件,最低库存水平为 20 件。发出订单后,到货的滞后期为 0.5~1 个月的均匀分布。假设该产品的初始库存量为 60 件。请用事件调度法仿真产品库存量在 3 个月内的变动情况。

软件实践

学习并完成 10.1 节和 10.2 节试验。