

**基于课题1和2的成果，可对数字化模型进行仿真，获得模型的运行状态数据。下面初步提出状态转移时序仿真方法。**

在介绍仿真流程之前，首先给出仿真参数、仿真状态、收件箱、进程池等的定义，如图1-3-13所示。**仿真参数**是仿真前需要设定的参数，在仿真过程中不会改变，包括模型节点数*n*、仿真总时长*T*、仿真步长Δ*t*等。**仿真状态**指仿真过程中节点和边的状态值，会随仿真时刻的变化而改变，如当前仿真时刻*t*、节点仿真计数*i*等。**收件箱**用于接收前承节点传递的信息。**进程池**由多个进程共同组成，由节点创建并控制，用于完成功能任务，当任务完成后进程会自动关闭。



图1-3-13 *t*时刻仿真模型说明



图1-3-14 模型仿真简要流程图

初步设计的仿真流程如图1-3-14所示。

**S1、输入数字化模型及仿真参数，初始化仿真状态，令*t* = 0、*i* = 1。**

该步骤涉及图1-3-13中①的部分。输入模型包括节点和边的结构体；输入仿真参数包括模型节点数*n*、仿真总时长*T*和仿真步长*t*。

**S2、在*t*时刻，选择第*i*个节点进行扫描，判断该节点的激活状态。对处于激活状态的节点执行第S3步；对未激活的节点不作处理，直接跳到第S5步。**

该步骤涉及图1-3-13中②的部分。通过查询节点状态中“是否激活”的值，判断节点激活情况。如果“是否激活”为“是”，则节点处于激活态，该节点可以执行任务；否则，节点未被激活，不会执行任务。

**S3、处理第*i*个节点的收件箱。判断收件箱是否为空，若为空，执行第S4步；若有信息，则根据信息指引在节点进程池中建立新任务，然后执行第S4步。**

该步骤涉及图1-3-13中③的部分。不考虑节点“处理能力”造成的堵单问题，对每个待处理任务，都可在节点进程池中新增一个进程来执行该待处理任务。

**S4、处理第*i*个节点的进程池任务。处理完成后，跳转到S5。**

该步骤涉及图1-3-13中④的部分。通过扫描进程池中每个进程任务的状态，对每个进程任务进行相应功能处理，包括任务计时、后续任务选择和任务信息发送。

**任务计时**使节点在仿真过程中保持正在处理任务的状态，模拟实际任务处理用时。

对有多种后续任务的任务，在任务结束后需要选择具体的后续任务。例如，图1-3-13中节点2完成任务后会选择节点3或4或5继续新的任务。由于模型中节点功能并没有实际开发，需要设置**后续任务选择**功能，通过概率采样选择后续任务。初步算法设计为：假设节点*i*的所有前承节点集合为***Na***，后继节点集合为***Nb***，输入任务为*d*，则后续任务选择概率为*P*(***Nb*** | *d*, ***Na***)；对*P*(***Nb***|*d*, ***Na***)进行采样，可确定后续任务及其目标节点。

通过**任务信息发送**，节点将本时刻处理完的任务信息发送给后继节点中。

**S5、判断在该时步下所有节点的激活状态是否都已扫描。若是，则执行第S6步；若不是，则置*i* = *i*+1，并重新执行S2。**

在*t*时刻，如果模型中所有节点的激活状态都已经被扫描，即*i*和*n*相等，则说明该时步的节点仿真已完成；如果仍有节点的激活状态未被判断，即*i*<*n*，则说明该时步的节点仿真未完成，需要回到S2继续遍历节点的激活状态。

**S6、判断仿真的总时间是否已到。若是，则输出仿真结果；若不是，则置*t* = *t*+*t*、*i*=1，并跳转到第S2步。**

**有了上述仿真方法，就能对多类仿真场景进行状态转移时序仿真。根据仿真中输入入口的数量以及输入任务的数量，可分为单一源头业务场景、单一源头流水业务场景和多源头流水业务场景等**。

* 单一源头业务场景：该场景只有一个任务输入入口，每次仿真只输入一个任务，待该任务执行完毕后，才启动下一个任务的仿真。
* 单一源头流水业务场景：该场景只有一个任务输入入口，会把多个任务持续输入到该入口中，实现对多个任务的流水仿真。
* 多源头流水业务场景：该场景有多个任务输入入口，每个入口会有多个任务持续输入，是多个单一源头流水业务场景的叠加。

**随着项目的不断推进，将考虑更多约束、更多场景的仿真方法。**

电网调控业务组织架构图形化语言对节点的本体论定义如附图A-1所示，对边的本体论定义如附图A-2所示。按照深度优先搜索的原则，节点和边的字段含义解释分别如附表A-1、A-2所示。



附图A-1 节点的本体论模型



附图A-2 边的本体论模型

附表A-1 节点的本体论定义解释

|  |  |
| --- | --- |
| **名词** | **解释** |
| ID | 节点的唯一标识符，标识符的形式可以有多种。 |
| ID名 | 节点的唯一标识名字。 |
| ID编号 | 节点的唯一标识编号。 |
| 属性 | 用于刻画节点的固有特征。 |
| 职级 | 用于描述节点的等级，可限定节点传递消息的对象，具体规则为：同职级节点或具有隶属关系的跨职级节点之间可以进行信息传递。 |
| 处理能力 | 节点并发或并行处理多个任务的能力。该属性将在课题3.3考虑资源约束的仿真中应用。 |
| 处理用时 | 本节点执行业务功能的平均处理时长。该属性对课题3中时序过程仿真有影响。 |
| 概率 | 节点完成某项功能后，其结果为真的概率，用于模拟节点在完成某项功能的过程中存在的不确定性。在实际调控业务中，该属性模拟了人工操作可能存在的失误率，为后继节点提供了情报可信度依据。 |
| 功能 | 用于表示节点具备完成某项任务的能力。 |
| 基本功能 | 分为业务功能和管理功能两类。 |
| 业务功能 | 指实现某一业务流程或数学计算的任务，如信息通信、流程处理、知识推理等。 |
| 管理功能 | 指对业务任务进行管理和分配的任务，包括任务调度等。 |
| 学习功能 | 指对节点基本功能进行提升或新增基本功能的任务，包括基本功能学习和新功能学习两类。 |
| 基本功能学习 | 主要用于提升原有基本功能的性能，例如修改原有功能的参数、调整原有功能的策略等。 |
| 学习新功能 | 指节点通过学习后能处理原本不能处理的任务。 |
| 状态 | 节点在数字化模型运转过程中的形态或态势，包括是否激活和工作状态两类。 |
| 是否激活 | 用于描述节点是否被激活。对于激活的节点，又分为正在工作状态或等待工作状态。 |
| 工作状态 | 指节点在工作时所具有的状态，包括前承节点、后继节点、负荷率、并行任务数、收件箱、待处理任务集和已处理任务集等。 |
| 前承/后继节点 | 每个节点可以根据边的属性查询到与其相连且处于激活状态的节点。如果根据边属性查询到的节点为当前节点的父节点，则称为前承节点；如果根据边属性查询到的节点为当前节点的子节点，则称为后继节点。 |
| 负荷率 | 指当前节点的资源占用情况，该状态将描述某节点工作量情况。 |
| 并行任务数 | 指该节点当前正在并行完成的任务数量。 |
| 收件箱 | 用于存储该节点未开始处理的任务：当任务传递到某节点后，这些任务会被存储在收件箱中，等待该节点处理。 |
| 待处理任务集 | 用于存储正在排队等待处理的任务。该属性将在课题3.3考虑资源约束的仿真中应用。 |
| 已处理任务集 | 用于存储该节点已处理完成的任务，作为历史处理记录。 |

附表A-2 边的本体论定义解释

|  |  |
| --- | --- |
| **名词** | **解释** |
| ID | 边的唯一标识符，标识符的形式可以有多种。 |
| ID名 | 边的唯一标识名字。 |
| ID编号 | 边的唯一标识编号。 |
| 属性 | 用于刻画边的固有特征。 |
| 方向 | 信息的流向，包括单方向和双方向。单方向指信息只能从一侧节点流向另一侧节点；双方向指信息可以从任意一侧节点流向另一侧节点。 |
| 通信时长 | 此边在进行通信时所需要的平均通信时长。 |
| 最大承载量 | 边的通信信道所能承受的最大信息流量。 |
| 功能 | 这里指边选择的通信方式。 |
| 同步直接通信 | 通信双方首先建立同步，然后在同步时钟控制下直接完成通信。 |
| 异步直接通信 | 通信双方不需要建立同步，发送端直接向接收端发送信息，接收端时刻做好接收的准备。 |
| 间接通信 | 通信双方不直接进行交互，而是通过共享区媒介实现交互。例如，发送端把信息传送到共享区，而不需要关注接收端是谁；接收端从共享区中取走相关信息，而不需要关注发送端是谁。 |
| 状态 | 边在数字化模型运转过程中的形态或态势。 |
| 是否激活 | 用于描述边是否被激活。对于激活的边，又分为正在工作状态或等待工作状态。 |
| 实时通信量 | 描述了边在某一时间点输入、输出总信息的统计。 |