

基于 SLAM 的图形建模仿真环境^{*}

易瑰然 李 群 王维平

(国防科技大学系统工程与数学系 长沙 410073)

摘 要 本文详细介绍了基于 SLAM 的图形建模仿真环境的设计与应用, 包括图形建模环境的实现, SLAM 网络的进程交互仿真策略以及仿真器的设计, 并进一步探讨了该系统用于协同仿真进行混合异构建模的思想。

关键词 SLAM 网络仿真, 面向对象, 图形建模, 进程交互法, 事件表扫描机制

分类号 TP391.9

SLAM Based Graphical Modeling and Simulation Environment

Yi Guiran Li Qun Wang Weiping

(Department of Systems Engineering and Mathematics, NUDT, Changsha 410073)

Abstract This paper presents in detail the design and application of SLAM, including the implementation of graphical modeling environment, the process interaction network simulation strategy and the design of the simulator. Finally the authors propose the idea of embedding SLAM into a collaborated modeling/simulation environment to do hybrid heterogeneous modeling.

Key words SLAM network simulation, Object-oriented, graphical modeling, process interaction, Event Table Scanning Mechanism

SLAM 是连续—离散事件相结合的仿真语言, 它的出现大大地推进了仿真技术的创新。可视化仿真、多媒体仿真成为仿真技术的发展热点。面向对象技术的成熟, 使得面向对象仿真成为一种新型的仿真建模观念。原有 SLAM 语言的弊端日益显露出来, 为此我们利用 Visual C++ 5.0 开发了一个 SLAM 图形建模、仿真一体化环境。该系统的用户界面友好, 采用人机交互的图形化方式建模, 使得建立、修改模型非常容易, 并且基本上保持了原有 SLAM 网络建模的风格, 构模能力很强。整个系统的设计采用了面向对象的方法, SLAM 网络模型被看作一个基本对象模型, 既能很好地支持模型的重用, 又能与其它对象模型进行混合异构建模。

SLAM 网络仿真是一种面向过程的动态离散仿真系统, 它由实体流驱动, 具有内在的仿真时钟推进机制, 在内部嵌入的随机数发生器支持下, 可以适应现实系统中多种随机因素和动态运行的需要, 构造出丰富多彩的随机网络模型。SLAM 网络是描述实际系统的框架, 它反映了实际系统内部的逻辑结构, 在外部实体流的触发之下, 显示出特定的逻辑功能, 从而完成系统的仿真运行。

1 SLAM 图形建模环境

1.1 SLAM 网络模型的特点和结构

SLAM 网络由节点和分支两大类建模元素组成, 节点有创建、队列、终止、等待、抢占、释放、改变、开门、关门、选择、累积、赋值、统计等十几种, 分支则有一般、活动、概率、条件等四种。它采用有向图的方式建立模型, 通过分支将各种节点按一定的规则连接起来, 以说明对象的宏观行为。各种节点都有它自身的行为描述: 分支并不只是一种简单的连接关系, 它也有自身的行为描述。资源是系统建模中一个很重要的概念, SLAM 网络模型一般要处理资源, 而且还有一种特殊的资源——门。SLAM 网络仿真还要规定一些必要的仿真参数, 如仿真次数、仿真开始时间、仿真结束时间等, 以控

* 重大试验技术研究项目资助

1998年10月5日收稿

第一作者: 易瑰然, 1970年生, 硕士生

制仿真的运行。由此可以看出，SLAM 网络建模主要在于定义模型和建立模型的图形描述

1 2 SLAM 网络的模型定义

模型定义主要包括实验框架定义、资源模块定义、统计数据定义等。

实验框架定义主要给出仿真次数、仿真开始时间、仿真结束时间。资源模块定义包括两部分：资源定义和门定义，具体表现为一个资源列表和一个门列表，建模者可以对话的形式对其进行交互式的增加、删除和修改。该模块是可选的，当模型没有用到资源和门时，不需要定义该模块。统计数据定义主要由用户选取需要输出的结果数据，这些数据包括队列的长度、服务台的利用率、资源的利用率等等；若不给出，则采用缺省设置。

1 3 SLAM 网络的图形建模

SLAM 网络模型的图形描述以有向图为主，图形建模环境主要包括以下几个方面：

- (1) 节点工具：用于生成各种节点，每种类型的节点有相应的生成工具。当用户选择了一种工具后，只要在建模区中合适的位置，就可以在该位置建立相应的节点。
- (2) 分支工具：用于建立节点之间的有向连接，各种类型的分支也有相应的生成工具。在选择了起始节点、连接分支和终止节点后，环境将自动建立起止节点的有向连接。
- (3) 注释工具：允许用户在建模区输入帮助文本，便于对模型的理解。
- (4) 编辑工具：主要用来完成对建模元素的操作，包括以下几种：
 - ① 选择工具：选择建模区中的建模元素，以便对其进行编辑、移动、删除等操作。
 - ② 属性工具：对各类建模元素的行为模式进行编辑。节点和分支均有一般属性和特殊属性，用属性页来实现。节点的一般属性页包括节点的名称、类型、位置参数和节点描述；分支的一般属性页可以用来改变分支的线形、颜色和宽度。节点和分支的特殊属性页均是对不同类型的节点和分支显示不同的对话内容，由用户进行查询的修改。帮助文本只有一般属性页，可以对帮助文本的内容进行编辑，并可以设置其字体和颜色。
 - ③ 移动工具：将选中的建模元素移动到新的位置，使绘制的模型显得清晰、美观。
 - ④ 删除工具：删除选定的建模元素。
 - ⑤ 清除工具：清除整个建模区中的建模元素。

1 4 建模环境的设计与实现

(1) 建模环境的结构

图形建模环境由模型定义、图形建模以及环境设置与帮助三大模块组成，如图 1 所示。

(2) 建模环境的对象类设计

① 节点定义类及其管理类：首先定义上层的节点类，对节点的基本属性进行操作；然后在此基础上派生出十几种具体节点类，对各类节点的特殊属性进行操作。节点管理类则对节点进行管理，包括添加、删除等操作。

② 分支定义类及其管理类：首先定义上层的分支类，对分支的基本属性进行操作；然后在此基础上派生出四种具体分支类，对各类分支的特殊属性进行操作。分支管理类则对分支进行管理，包括添加、删除等操作。

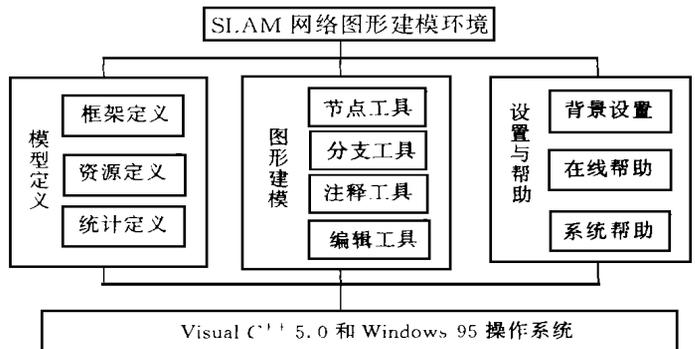


图 1 SLAM 图形建模环境的结构

Fig. 1 The Architecture for SLAM Graphical Modeling Environment

- ③ 模型定义类：用于模型的定义，包括资源定义、节点定义、分支定义等等。
- ④ 节点显示类及其管理类：由类库中的 CObject 类派生，用于节点的显示与管理。
- ⑤ 分支显示类及其管理类：由类库中的 CObject 类派生，用于分支的显示与管理。

⑥ 节点、分支编辑类: 由类库中的 CPropertySheet 类派生, 用于组织节点、分支的属性页编辑, 每个属性单中有若干个属性页

⑦ 节点、分支属性页类: 用于编辑各类节点、分支的属性数据, 均由类库中的 CPropertyPage 类派生

2 SLAM 仿真器

2.1 设计思路——面向对象的仿真器

(1) 仿真策略——进程交互法

在 SLAM 网络中, 实体对象由创建节点产生, 然后在由节点和分支组成的网络中流动, 最后在终止节点消失, 从而完成了它的生命周期。这正是面向过程的思想。SLAM 网络是一种面向过程的离散事件仿真系统, 故而采用进程交互法实现仿真运行控制, 对流动实体建立进程, 由永久实体和连接分支建立网络框架。实体进程很容易用面向对象的概念进行描述, 实体从创建到消失的过程, 正体现了对象的构造和析构, 因此 SLAM 仿真器是一种面向对象的仿真器, 考虑到图形建模和面向对象的特点, 它必须具备以下一些功能: 产生内存对象模型, 并获取在建模环境中用户输入的对象信息; 实体对象的构造和析构; 采用事件表扫描方法实现实体对象活动进程的控制; 对每一个实体对象的具体事件(包括条件事件和无条件事件)进行操作; 统计仿真数据并打印输出

(2) 仿真机制——事件表扫描机制

在进程交互法中, 实体的进程需要不断地推进, 直到某些延迟发生后才会暂时锁住, 这些延迟有无条件延迟和条件延迟两种。我们在仿真器中建立两个事件表: 未来事件表 (FEL, Future Event List, 保存处于无条件延迟中的实体记录) 和当前事件表 (CEL, Current Event List, 保存处于当前可解锁的无条件延迟中的实体记录和处于条件延迟中的实体记录)。通过扫描 FEL 表, 找出复活时间最小的实体记录; 然后将仿真时钟推进到该实体的复活时间, 并将当前可解锁的实体记录由 FEL 表移到 CEL 表中, 再通过扫描 CEL 表来处理当前可解锁的确定事件和条件事件。如此循环往复, 直到仿真结束

2.2 仿真器设计

(1) 仿真器的组织结构

仿真器用于对 SLAM 网络对象模型进行解释执行, 由以上 SLAM 仿真器的设计思想及其所具备的功能来看, 它主要由以下几部分组成: 模型的内存组织模块, 事件表管理模块, 节点逻辑处理模块, 公用模块, 人机交互接口及仿真控制模块, 如图 2 所示。

(2) 功能模块设计

① 仿真控制模块: 仿真控制模块是整个仿真器的核心, 由仿真器类来实现, 主要由运行函数来体现控制流程, 以协调各模块实现仿真运行, 其设计思路是事件表扫描机制

② 事件表管理模块: 事件表管理模块将模型在仿真运行时需要处理的实体记录以链表形式进行管理, 记录仿真过程中实体的具体活动状态信息, 实体由仿真器建立并操作, 便于仿真器对仿真进程的控制。它也是在仿真器类中实现的

③ 内存组织模块

内存组织模块将 SLAM 网络模型转换为仿真运行中便于解释执行的形式(内存对象模型), 获取在建模环境中输入的各种资源、节点、分支的属性数据, 管理节点之间的连接关系, 并负责实体对象的构造和析构

④ 节点逻辑处理模块

该模块主要负责处理 CEL 表中实体事件的具体操作以及解锁实体在进程推进过程中各个节点、分支的具体操作, 在各种内存节点类和内存分支类中设计了处理函数

⑤ 公用模块

公用模块主要提供一些公共子程序, 用于生成随机数流、管理实体队列、收集统计数据、产生仿真结果统计报告等, 分别用随机数类、队列类、仿真结果类等进行实现。

⑥ 人机接口 模块

人机接口模块采用界面设计进行实现, 主要包括菜单、工具条和输出公告牌。输出公告牌通过一些文字和数据, 显示仿真运行过程中得到的关于系统状态的瞬时值, 并能供用户翻页浏览。菜单和工具条的功能差不多, 主要控制仿真的开始、暂停、继续和终止, 以协调仿真的进度, 便于用户查询公告牌的数据, 以验证模型的正确性。仿真运行过程中人机交互功能的实现, 是面向对象 SLAM 仿真器外在表现的最大特点

3 系统的设计特点及其扩展

协同仿真是一种处于不同地点、基于不同的计算机平台的仿真人员采用不同的建模方法, 建立混合异构层次化仿真模型并在分布式环境上进行仿真运行、表现和分析的复杂系统仿真方法。它是适应复杂大系统仿真的需要而产生的, 仿真实理论和计算机技术的迅猛发展使协同仿真成为可能。SLAM 作为一种优秀的仿真建模方法, 有着自身的特点和适合应用的范围, 并且拥有广大的用户, 完全可以在协同仿真中发挥作用, 但是传统的 SLAM 语言是无法融入协同仿真环境之中的。

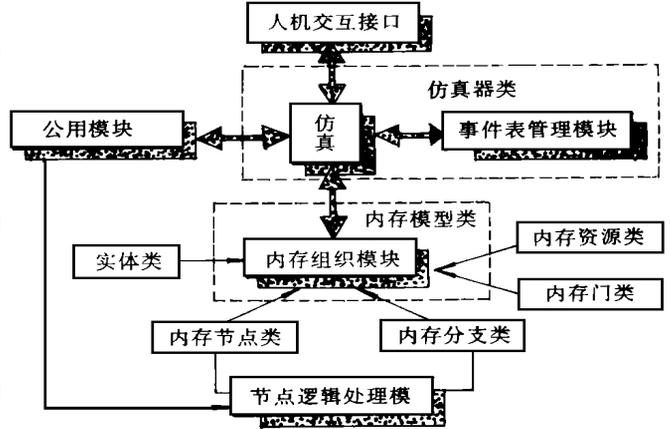


图 2 SLAM 仿真器的组织结构及类关系

由上述分析可以看到, SLAM 图形建模 Fig. 1 The Organization of SLAM Simulator and its class Relationship chart 仿真环境的设计和应用均包含了面向对象的思想。

系统将 SLAM 网络模型看作一种基本对象模型, SLAM 对象模型对实际系统的分析、设计和实现与人们对客观世界的认识是一致的, 因而增强了仿真建模的直观性。交互式的图形建模方式给用户建立、修改模型带来了极大的方便。面向对象的建模方法使得模型的可重用性大大提高, 从而减少了重复劳动。面向对象仿真器采用的界面设计便于用户控制仿真进度, 随时浏览输出数据, 以验证模型的正确性。更重要的是, 面向对象的设计方法具有很强的可扩充性, 使得系统可以很容易地扩充到连续-离散事件混合仿真, 并易于融入协同仿真环境之中。建模环境中的节点定义类及其管理类, 分支定义类及其管理类, 仿真器中的实体类、内存节点类、内存分支类等, 均与协同仿真环境中的相应类对应, 易于对象类的扩充及与上层环境的相连。SLAM 网络模型作为一种基本对象模型, 可以在协同仿真环境中成为对象节点, 而且在模型定义类中设计了输入输出端口, 在内存模型类和仿真器类中提供了消息处理机制, 便于 SLAM 基本对象模型与其它对象模型交换信息。因此, 该系统既可以作为单一的 SLAM 建模仿真环境来使用, 又可以融入协同仿真环境中进行混合异构建模。

参考文献

- 1 Alan B. Pritsker Introduction to Simulation and SLAM, Professor Purdue University, 1979
- 2 Kevin Watkins Discrete Event Simulation in C. Professor D. Ince, 1993
- 3 George W. Zobrist, James V. Leonard Object-Oriented Simulation. IEEE PRESS, New York, 1997
- 4 冯允成, 杨光. 新型多用途仿真语言——SLAM. 北京: 中国铁道出版社, 1989
- 5 王维平等. 离散事件系统建模与仿真. 长沙: 国防科技大学出版社, 1997
- 6 朱一凡等. 基于 Token 的对象 Euler 网仿真策略. 系统仿真学报, 9(2): 11-15, 1997
- 7 李群等. SinStudio 仿真建模环境的设计与实现. 系统仿真学报, 9(2): 17-21, 1997