

面向对象数据库在多机器人系统中的应用研究*

徐伟华, 李迅波

(电子科技大学 机电学院, 四川 成都 610054)

摘要: 介绍了将面向对象数据库应用到多机器人主控系统的方案。根据多机器人主控系统和面向对象实时数据库的原理和结构, 给出了适合于多机器人主控系统的面向对象实时数据库系统的体系结构。

关键词: 多机器人系统 主控系统 面向对象 实时数据库

随着计算机技术、电子技术、控制理论以及传感技术的发展, 机器人在工业制造、军事、航空航天、核工业和医疗服务等领域都有了广泛的应用。随着机器人技术的发展, 机器人的能力不断提高, 机器人应用的领域和范围也在不断扩展。但是对于一些复杂的任务, 单个机器人不再是最好的解决方案, 而是采用多个机器人组成的系统完成。

在制造业中, 对于大型件的精确对拢装配, 如大型船体模块、飞机机身框架装配等, 采用单机机器人操作很难实现, 而采用多机器人协调搬运可实现误差小于 2mm 的装配。在海洋生物探索和开发中, 单机机器人无法实现同时对多个生物群体或一个生物种类的多个生物体进行追踪、观测、统计, 而采用多机器人系统则可以方便地实现。在太空中, 机器人化的观测、通讯卫星组成的多机器人系统通过协同工作不仅可以实时、稳定、可靠地完成一些必要的工作, 而且当个别卫星出现故障导致系统无法覆盖整个通讯区域时, 通过其他卫星相互协调进行轨道调整可以尽可能地覆盖最大的区域, 从而减少对用户的影响^[1]。

另外, 多机器人系统可以在军事上实现多点同时侦察、排爆、反控等。因此, 多机器人系统的研究成为一项具有现实意义和充满挑战的工作。

20 世纪 80 年代中期, 随着计算机、电子技术等的发展, 多机器人系统的研究逐步开展和活跃起来, 一些学者开始研制各种多机器人系统, 并将其作为实验平台以进行相关研究。但是由于多机器人系统需要计算机、电子、自动控制和社会学等多方面理论的支持, 因此到目前为止, 多机器人系统仍然处于理论研究阶段, 多数产品以实验为目的, 而对于多机器人控制系统的研究是促进多机器人系统发展的重要环节。

1 多机器人控制系统

多机器人系统不是物理意义上的单个机器人的简单代数相加, 其作用效果也不是单个机器人作用的线性求和, 它还应该包括一个“线性和”之外的基于个体之间

相互作用的增量。这种个体之间的相互作用包含两个因素: “协调”与“合作”。

多机器人系统是对自然界和人类社会中群体系统分工协作的一种模拟, 是通过协作共同完成任务的多台机器人个体。多机器人系统相对于单个机器人主要有以下优势:

- (1) 多机器人系统可以同时工作在不同的空间。
- (2) 多个不同功能的机器人可以实现资源(信息、知识和物理装置)共享, 协同工作完成任务。
- (3) 多机器人系统中单个机器人的故障或任务失败很多时候并不会影响整个任务的完成(可能降低完成任务的价值), 降低了完成任务的风险。

总体来说, 多机器人系统提高了系统的容错性、鲁棒性和灵活性, 同时也减低了设备损坏的风险性, 提高了完成任务的效率, 扩大了工作范围。

多机器人系统的体系结构主要分为集中式(Centralized)和分散式(Decentralized)两种, 如图 1 所示。

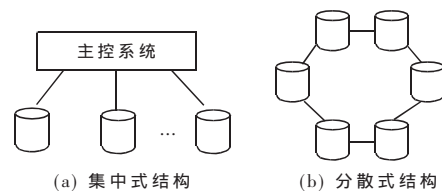


图 1 多机器人系统体系结构

本文主要针对集中式多机器人系统的主控系统进行讨论。在集中式结构中, 主控系统掌握全部环境信息以及各受控设备的信息, 运用规划算法和优化算法, 对任务进行分解和分配, 向各受控设备发布命令, 并组织多个设备共同完成任务^[1]。

图 2 是多机器人检测系统的主控系统结构。主控系统主要通过无线通讯方式和各机器人进行信息交换。主控系统将各机器人通过传感器获得的外界环境信息聚集, 进行分析, 提出任务解决方案, 然后将任务分解发送给每台机器人。

* 基金项目: 军事预研重点基金(基金项目号: 6140545)

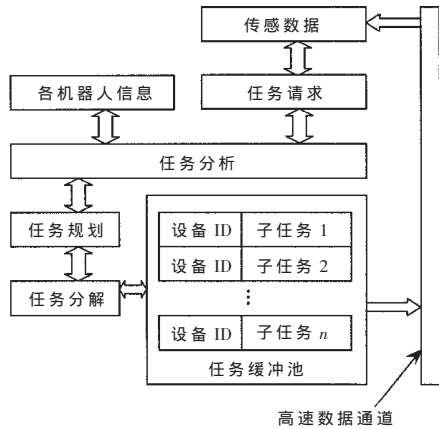


图2 多机器人主控系统结构

2 面向对象的数据库

面向对象是一种认识、描述事物的方法论。面向对象方法是以客观世界中存在的实体对象为基本元素,通过类和继承来表达事物之间具有的共性和关系,并采用一种比较直接的映射方式很好地实现抽象、封装、复杂性控制和信息隐蔽等机制。

面向对象的数据库与传统数据库的不同主要是数据模型的不同。传统的数据模型一般为网状、层次或关系模型,面向对象数据库采用面向对象数据模型。面向对象数据库系统相对于传统数据库系统主要有以下优点:

(1)面向对象数据模型支持空间的数据类型和相应的数据操作。传统的数据模型都是面向记录的,它将现实中许多完整的事物分割成较小的数据单元存储。这种方式简化了事物,但也使事物的部分信息在分割中丢失,造成事物的失真,这不利于对复杂事物的描述。

(2)面向对象数据模型支持用户自定义的数据类型和数据操作。这使数据库系统的语义更加丰富,有利于对客观世界的描述。

(3)面向对象的数据模型建立的标识是实体的,可以区分客观世界中属性不同的不同实体。对现实中两个相同物体的区分更加明确清楚。

(4)面向对象数据模型的封装性有利于对重要数据的保护。利用私有方式可以使重要数据对普通用户和其他对象是不可见的,而通过方法(Function)可以对这些数据进行操作。这种方式不仅有利于数据库的完整性,也使数据的使用丝毫不受影响。

(5)面向对象数据模型有利于表达每一个对象的语义并发控制信息,因为对象定义者可以定义对象所属方法以及这些方法之间的相容性函数,这些相容性函数反映了数据对象的语义信息。例如,如何权衡时间一致性和逻辑一致性的要求^[4]。

另外,在面向对象模型中,约束可直接表示为对象的组成部分,使得逻辑约束、时间约束和逻辑不一致量约束可以直接被加在各种对象上。

3 多机器人主控系统数据库

多机器人系统一般应用在完成复杂的具有空间分布性和时间分布性的领域。众多传感器对外界环境的描述更接近于真实事物,因此数据模型需要更多地支持空间的、复杂的和具有实体标识的数据类型和数据操作。如果数据模型不能对现实世界做出更为真实的描述,很可能导致任务的失败,甚至是设备的损坏。所以面向对象数据库更适合作为多机器人主控系统的数据库。多机器人系统一般具有实时性,因此数据库也是实时性的。图3为多机器人主控系统数据库体系结构。

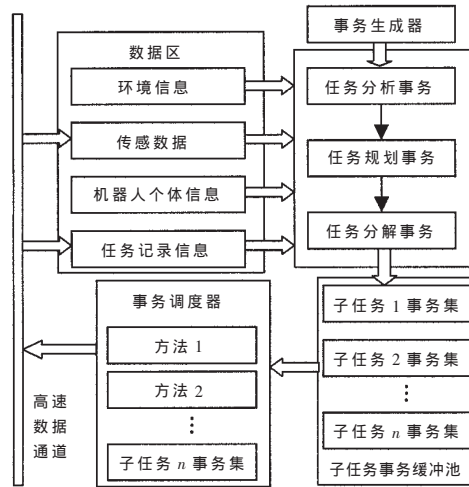


图3 多机器人主控系统数据库体系结构

3.1 数据模型

多机器人主控系统中对象数据的模型是 $\langle ID, D, V, F, R \rangle$ 。 ID 是数据对象的唯一标识。 D 表示数据对象的截止期,表达了数据的时间有效性,如果数据为非实时数据,则 D 为 $NULL$ 。 V 是数据对象的变量集合,表示对象的性质。 F 是对数据对象所能进行的操作的集合,这些是形成数据库事务的元素。 R 表示数据的正确性约束,表示数据在一定的范围内是正确的,这是由于实时数据库在准确性上相对于传统数据库有所降低的体现。

多机器人主控系统中聚集对象(Collection Object)表示若干个对象的聚合,如采用多个传感器对象描述某个事物的温度、距离、体积和加速度等。聚集对象数据模型可表示为 $\langle ID, D, V, F, R, O, OR \rangle$ 。 O 表示参与此聚合对象的集合, OR 表示各对象之间的内部约束,主要表达对象的相对一致性要求。其他字符与单一对象数据模型相同。

面向对象数据库存取的最小单元是对象,对象只属于某一个类并作为该类的实例。因此多机器人主控系统数据库的建立首先是将各种数据类型抽象为类。

由于多机器人主控系统中所有数据对象的共同特征是对象的惟一标识 ID ,所以可以将基类定义为:

```
class Base_Object
{
    Object_ID;
```

}

Object_ID 也是数据对象的键(Key)。基类没有任何行为(Function)。基类的主要继承类有机器人人类、传感数据类、固有信息类和任务结果类。

环境信息类是对机器人系统执行任务的外界环境中事物的抽象,是基类的继承类。这个类包括了显示比例、类型描述,且可根据实际情况有不同的继承类。一般分为动态障碍物类和静态障碍物类。

机器人人类(Robot Class)主要是机器人的属性(动作的参数、功能参数等)和行为(动作函数、报警函数、动作约束函数等)。这个类可能有继承类。如几种不同功能的机器人分别抽象为一类,则这个类是机器人人类的继承类。

传感数据类是机器人通过传感器对外界事物的信息描述的抽象。按照传感器的功能不同将传感器抽象成为不同的传感数据类的继承类,如温度传感类、声响传感类、碰撞传感类等。传感数据类的继承类也包括了几个传感器的数据组成的聚集对象类。

任务记录信息类是人工定义的类。根据完成任务的不同,将任务的结果抽象为不同的类。这个类主要记录任务结果的所有数据记录。

3.2 事务模型

多机器人主控系统面向对象数据库的事务模型是 $\langle ID, RT, D, P, V_t, F \rangle$ 。 ID 是事务的惟一标识。 D 为事务的截止期,如果为非实时事务,则此项取 NULL。 RT 是事务的紧迫度(Criticalness),一般可分为四种:硬实时 HRT、软实时 SRT、固实时 FRT 和非实时 NRT。 P 表示事务的优先级。 V_t 表示事务的时间变量集合,包括了实时事务的估算时间 t_e 、事务的到达时间 t_a 、事务已完成的时间 t_u 、事务价值为零的时间 t_z 等。 F 表示事务的方法集合。

事务主要是按一定顺序排列的对象方法的组合。事务生成器的功能是对数据对象方法进行排序,可以人工完成,也可以由程序完成。这样,事务生成更加灵活、快速,也使系统更加适应于复杂多变的环境。

3.3 并发控制机制

实时数据库并发控制的目的是必须保证硬实时事务截止期要求,尽量满足软实时事务的截止期要求,提高数据库系统的吞吐量。并发控制方法有很多,如基于锁的并发控制(2PL-HP、2PL-WP、RTL 等)、乐观并发控

制协议(OCC-FV、OPT-SACRIFICE、OPT-WAIT 等)、时间印并发控制协议等。

在多机器人主控系统中,多种并发控制方法被封装在事务对象中,事务可以根据需要选择不同的并发控制方法。这样可以使每类事务的并发性能达到最好,提高了数据库的吞吐量,但这是以占用系统资源为代价的。

在仿真实验中,采用自行设计的简单面向对象数据库,用 MultiSim 仿真平台对多机器人系统进行仿真实验。图 4 为仿真实验平台的结构框图。仿真实验主要是要求多个机器人在不同的设定空间中触发各种事件。机器人在协同工作和避障方面运行良好。



图 4 仿真实验平台结构框图

面向对象数据库系统虽然在概念、原理和技术上都还没有达成广泛的共识,但其相对于传统数据库系统的明显优势将会吸引更多的人进行深入研究,而且在复杂数据管理和操作应用领域将会发挥更大的作用。

参考文献

- 1 谭民,王硕,曹志强.多机器人系统[M].北京:清华大学出版社,2004
- 2 王耀南.机器人智能控制工程[M].北京:科学出版社,2004
- 3 王意洁.面向对象数据库技术[M].北京:电子工业出版社,2002
- 4 张子仲,迟忠先.实时数据库系统的面向对象数据模型及调度策略研究[J].大连理工大学学报,1999;39(6):820~825
- 5 刘云生,刘洁.实时数据库事务的主从并发控制方法[J].华中理工大学学报,1998;26(8):96~99
- 6 夏家莉.实时数据库系统中的并发控制协议及分析[J].计算机工程与应用,2002;(7)200~202
- 7 Alami R, fleury S, Herrb M et al. Multi-robot cooperation in the MARTHA project[J]. IEEE Trans on Robotics and Automation, 1998;14(2):220~240
- 8 刘震,罗欣.嵌入式实时数据库技术研究[J].电子产品世界,2005;(2):57~64 (收稿日期:2006-07-28)