

一种混合式的实时智能信息融合系统设计

黄 鹏

(中国电子科技集团公司第 28 研究所 南京 210007)

摘 要 面对复杂实时的工作环境,设计一个高性能的、可靠的信息融合系统尤为重要。针对这一问题,以专家系统技术为基础,综合运用数据库技术、黑板理论和神经网络理论,对复杂融合系统进行了一些研究,在此基础上,设计了一种混合式实时智能信息融合系统,并对系统中的融合功能系统、知识库、知识获取模块、数据库和黑板分别进行了具体阐述。

关键词 信息融合,系统结构,知识库,知识获取,黑板,数据库

中图法分类号 TN953,V243.2 **文献标识码** B

Design of a Hybrid Real-time Intelligent Information Fusion System

HUANG Kun

(No. 28 Research Institute of Electronics Technology Group Corporation of China, Nanjing 210007, China)

Abstract Confronting with complex real-time working environment, designing a high-performance reliable information fusion system is uppermost important. Aiming at this problem, on the basis of expert system technology, by comprehensively using database technology, blackboard theory and neural network theory, complex fusion system was studied. On the basis of it, a hybrid real-time intelligent information fusion system was designed, and fusion function system, knowledge base, knowledge acquisition module, database and blackboard in the fusion system were stated in detail respectively.

Keywords Information fusion, System architecture, Knowledge base, Knowledge acquisition, Blackboard, Database

1 引言

在信息化时代,进入系统的信息越来越多,来源越来越广,相关层次越来越复杂。因此,在信息处理中心,绝不允许多源的观测信息仅仅是持续简单的堆积,需要对其进行有效的融合处理。而信息表现形式的多样性、信息容量以及信息的处理速度等要求,都已大大超出了人脑的信息综合能力。因此,信息融合技术便应运而生。

所谓信息融合^[1],是指利用计算机技术对按时序获得的多源的观测信息在一定准则下加以自动分析、综合,以完成所需的决策和估计任务而进行的信息处理过程。由于信息融合具有突出的优点,1988 年美国国防部将它列为 22 项关键技术的第 13 项。各国近年来也先后投入了大量人力和物力进行信息融合技术的研究,并将其应用于众多军用和民用领域,其应用范围包括 C³I 系统、战场信息管理系统、机器人、智能制造、智能交通、医疗诊断、监控系统、金融系统和多源图形处理等。

在一个信息融合系统的构造过程中,设计者不可避免地会面临以下 3 个重要的问题^[2]:

(1) 如何合理选择数据处理结构来保证信息融合的有效性,最大限度地发挥多源信息融合(数据融合)的优势;

(2) 面对以“奇”、“快”著称的实际应用需求,如何利用知

识从多源信息当中提炼融合信息仍为瓶颈问题,有待解决;

(3) 为了支持融合算法所需的各种数据交互,如何建立一个实时高效、安全可靠的数据库系统?

针对上述 3 个问题,本文设计了一种混合式实时智能信息融合系统,并对系统进行了介绍。

2 信息融合系统结构和功能

实时智能融合系统(如图 1 所示)主要由以下几个方面组成^[2]。

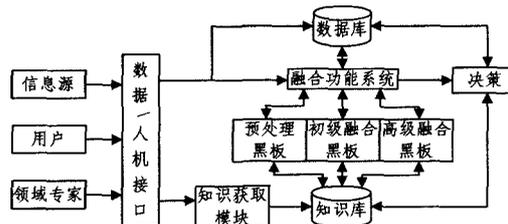


图 1 系统结构

(1) 数据/人机接口:它是系统与外界交互的渠道,可以完成多源信息的输入、用户多种形式的维护、自动获取领域专家的知识、融合结果显示与解释。

(2) 融合功能系统:信息融合系统的主要组成部分,用于处理多源输入信息。本文系统将多源信息的融合分为 3 步进行,即预处理、初级融合和高级融合^[3],共同实现融合功能。

(3) 知识库:用于存储专家知识,包括事实、可行的操作以及规则。

(4) 知识获取模块:通过与专家交流,运用人工神经网络,不断地获取专家用于信息融合的、定性的、经验性的知识,从而使得知识库的知识不断更新和完善。

(5) 数据库:主要包括综合数据库和数据事务处理模块两大部分。其中,综合数据库用于存储被融合对象的初始数据、当前事实数据和融合结果等数据;数据事务处理模块用于数据的实时任务调度、访问调度和管理等。

(6) 黑板:黑板是一个全局数据存储区,存放着输入数据、部分解、选择对象和最终解。对应于融合功能系统,本文黑板也分为3部分,即预处理黑板、初级融合黑板和高级融合黑板。

3 融合系统工作原理

3.1 融合系统功能

融合功能系统主要任务是处理数据。数据处理结构有很多种,目前使用最广的主要有3类:中心式、分布式和混合式^[4,5]。其中,中心式是指把所有的原始数据或经过预处理的数据都送入中心处理器进行融合处理;分布式是指各局部节点先利用自身的测量信息进行局部融合处理,然后通过数据链路,将各局部融合结果送入中心,由中心形成最终的决策;而混合式是指根据特定的实际需要,选择性组合上述两种形式。

在实际应用中,上述3类体系结构各有各的优缺点^[4]。总的来说,集中式融合处理的精度高,算法修改容易,缺点是对硬件资源要求(如存储空间、计算速度和通信带宽等)高、可靠性低、需处理的数据量大,难以实现;分布式融合处理对通信带宽需求低、计算速度快、可靠性好,但跟踪精度不如集中式高;而混合式融合处理正是根据特定的实际需要,在速度、带宽、跟踪精度和可靠性等相互影响的各种制约因素之间取得平衡。

本文融合功能系统采用一种混合式的数据处理结构,具体如图2所示。

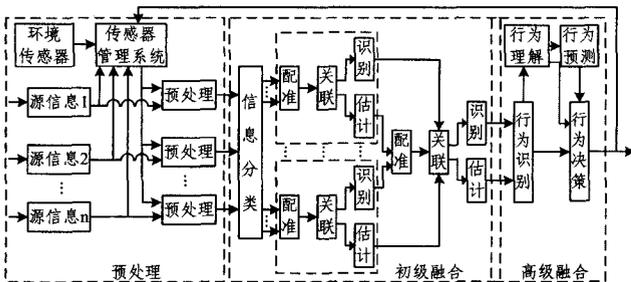


图2 数据处理结构

3.2 知识库与知识的获取

知识库存放的是知识。知识的表示方法有很多种,常用的有规则结构、框架结构、逻辑表示法和原型表示法等。本文采用基于关系数据库的知识库表示方法^[6],具体由7张表构成:

(1) 元事实表(元事实编号 ID_MATA,变量 VAR,谓词类型 OP TYPE,谓词名 OP NAME,值 VAL);

(2) 事实表(事实编号 ID_FACT,组成 CONSITUTE);

(3) 规则表(规则编号 ID_RULE,前提 PREMISE,结论 CONCLUSION,置信度 CONFIDENCE);

(4) 方法表(事实编号 ID_METHOD,参数 PARAMETER,描述 DESCRIPTION);

(5) 事实索引表(元事实编号 ID_MATA,包含该项的事实编号 ID_FACT);

(6) 规则索引表(元事实编号 ID_MATA,包含该项的规则编号 ID_RULE);

(7) 方法索引表(元事实编号 ID_MATA,包含该项的方法编号 ID_METHOD)。

知识获取主要有两种机制:一种是使用人工知识获取方法,将得到的专家知识直接送入知识库;另一种是用神经网络的BP学习算法来获取。本文集中这两种机制,运用神经网络技术来实现知识的自动获取,具体知识获取过程如图3所示^[7]。

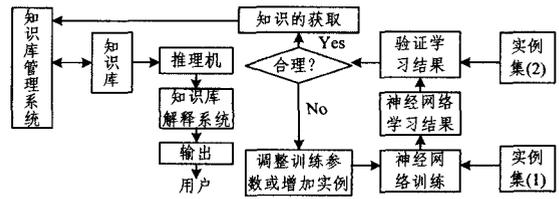


图3 用神经网络实现知识自动获取原理图

3.3 数据库

对于多源信息融合系统,实时高效、安全可靠既是设计融合数据库系统的核心内容,又是设计的基本出发点。其中,实时高效是指融合数据库系统的时间特性,在融合过程中,所有数据、事件、活动都有与之相联系的时间限制,必须充分考虑各种时间限制及其引起各种的一致性约束条件;安全可靠是指信息交互时的安全性和可靠性,在融合过程中,各种数据一直处于实时调度与传输之中,数据的安全性和可靠性尤为重要。

针对上述问题,本文融合数据库系统采用3层结构,具体结构如图4所示^[8]。

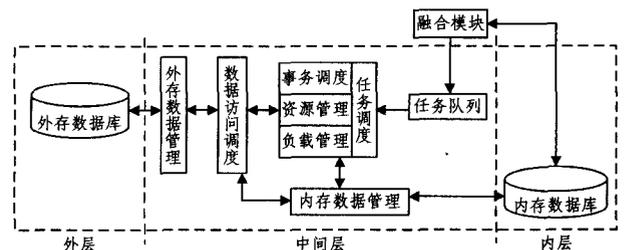


图4 数据库系统结构

3.4 黑板系统

本文黑板系统如图5所示^[9,10]。

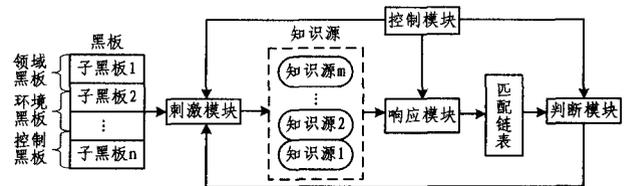


图5 黑板结构

本文所设计的黑板分为领域黑板、环境黑板和控制黑板
(下转封3)

拓展。以 RAID-6 编码策略为基础,总结了已有的能容许 3 个设备故障的多种编码方案,发现扩展都是基于水平及混合编码的。概括了造成该现象的原因和难点,垂直 RAID-6 编码的扩展应用将是今后工作的研究方向。

参考文献

- [1] Plank J S. The RAID-6 Liberation Codes [C]// Proceedings of FAST '08: 6th USENIX Conference on File and Storage Technologies. USENIX Association, 2008: 97-111
- [2] Chao Jin, Hong Jiang, et al. P-Code: A New RAID-6 Code with Optimal Properties [C]// Proceeding of ICS'09: International Conference of Supercomputing. York Town Heights, New York, USA, 2009
- [3] Blaum M, Roth R M. On Lowest Density MDS Codes [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1999, 45(1): 46-59
- [4] Blomer J, Kalfane M, et al. An XOR-based Erasure Resilient

- Coding Scheme [R]. TR-95-048. International Computer Science Institute, August 1995
- [5] Blaum M, Bruck J, Vardy A. MDS Array Codes with Independent Parity Symbols [J]. IEEE Trans. Inform. Theory, 1996, 42(2): 529-542
- [6] 万武南, 索望, 等. 基于 EOOD 码的一种有效的数据分布策略 [J]. 电子科技大学学报, 2007, 36(5): 834-838
- [7] Feng Gui-liang, Deng R H, et al. New Efficient MDS Array Codes for RAID Part I: Reed-Solomon-Like Codes for Tolerating Three Disk Failures [J]. IEEE Trans. on Computers, 2005, 54(9): 1071-1080
- [8] Cheng Huang, Xu Li-hao. STAR: An Efficient Coding Scheme for Correcting Triple Storage Node Failures [J]. IEEE Trans. on Computers, 2008, 57(7): 889-901
- [9] 余成波, 张冬梅, 许超明, 等. 缺陷硬盘数据恢复新技术中的影子方法 [J]. 重庆工学院学报: 自然科学版, 2009, 23(6): 40-44

(上接第 270 页)

3 层,相应地知识源也分为领域知识源、环境知识源和控制知识源 3 层。控制机构是黑板系统中最复杂同时也是最重要的部分,主要由刺激、响应、判断和控制 4 大部分模块组成,用于监督和调度知识源和黑板之间的交互^[10]。

(1) 刺激模块

刺激模块根据黑板状况的变化自动刺激合适知识源。黑板的层次关系通过刺激顺序来体现,先从最低级黑板开始刺激知识源,依次类推。

(2) 响应模块

响应模块将知识源受刺激后产生的中间结果存入匹配链表,其算法步骤如下:

Step 1 根据刺激模块产生的中间结果找到相应匹配链表;

Step 2 在该链表中寻找匹配节点:

a) 若有,则对该节点的匹配计数加 1,并比较节点与中间结果的可信度大小,若节点可信度小,则用中间结果的可信度代替之;

b) 否则,创建新节点并赋值,即写入该中间结果内容(结论、可信度及决策优先级),匹配累计计数设置为 1,并将新节点添加到匹配链表末尾。

(3) 判断模块

判断模块算法对匹配链表节点逐一比较,找出匹配累计计数和可信度都为最大者。若匹配累计计数和可信度最大的节点不是同一个,则应进行取舍。相应的算法步骤如下:

Step 1 搜索匹配链表中匹配累计计数及可信度均最大项;

a) 若有且仅有一项,则该项即为判断结果;

b) 若有且多于一项,则取决策优先级最高者(称为决策优先级法);

c) 若匹配累计计数及可信度最大者不为同一节点,则采用可信度最大-最小阈值法;若匹配累计计数最大节点的可信度小于某阈值,而可信度最大节点大于某阈值,则取后者为判断结果;反之,取前者。

Step 2 用判断结果更新黑板中的相应内容。

(4) 控制模块

完成总控,决定另外 3 个模块的执行顺序。

结束语 信息融合最初起始于 C³I 系统,并由多传感器融合发展而来。与单传感器数据处理相比,多传感器数据融合(多源信息融合)具有很多突出的优点。当然,相应地,多传感器数据融合(多源信息融合)的复杂性也大大增加了,由此在设计算法和实现系统时也就产生了一系列不利因素,例如成本提高、功耗增加和隐蔽性降低等。相比而言,本文混合式实时智能信息融合系统具备以下特点:

(1) 由于采用混合式数据处理结构,因此数据处理量适中、实时性强;

(2) 由于采用知识库系统,且运用神经网络技术来实现知识的自动获取,因此智能性强,具有良好的自学习、自适应能力;

(3) 由于采用 3 层数据库结构,因此可兼顾系统的实时高效与安全可靠;

(4) 由于采用黑板进行数据和知识的调度,因此可减少交叉访问,提高访问和处理速度。

参考文献

- [1] Waltz E, Llinas J. Multisensor data fusion [M]. Boston: Artech House, 1990
- [2] 刘同明, 等. 信息融合技术及其应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1998
- [3] Hall D L. Mathematical techniques in multisensor data fusion [M]. New York: Artech House, 1992
- [4] 罗明, 等. 多源数据融合系统中基于知识处理的推理策略 [J]. 电讯技术, 1999(3): 42-45
- [5] Wang Jun, et al. COM-based software architecture for multisensor fusion system [J]. Information Fusion, 2001(2): 261-270
- [6] 李晓强, 等. 基于关系数据库的知识库结构设计 [J]. 计算机工程与应用, 2001(24): 102-103
- [7] 王宗军, 等. 嵌入神经网络专家系统的智能化城市评价 DSS [J]. 系统工程理论与实践, 1995(4): 25-31
- [8] Ricardo M, Fricks A. Performance analysis of distributed real-time databases [J]. Performance Evaluation, 1999, 35: 145-169
- [9] Llinas J, et al. Blackboard concepts for data fusion applications [J]. International Journal of Pattern Recognition and AI, 1993, 7(2): 285-308
- [10] 徐从富, 等. 面向通侦信息融合的多层黑板模型 [J]. 电子学报, 2001, 29(3): 361-363