



中国科学院软件研究所

杰出青年人才发展专项计划年度进展报告书

(2011 年度)

姓名	乔颖	课题名称	面向复杂反应式系统的实时推理技术研究
资助金额	160 万	课题起止时间	2009 年 9 月 2013 年 9 月
资助类别	应用基础研究	所在部门	人机交互与智能信息处理实验室
研究工作主要进展和阶段性成果（含论文、研究生培养等）			
1. 主要进展与阶段成果 (1) 硬实时系统中的实时推理方法研究 对于航空航天、智能电网、生产过程控制等硬实时应用来说，推理的实时约束必须予以保证，而推理过程的不可预测性，则对此提出了极大的挑战。为应对这一挑战，本课题首次给出了硬实时系统中实时推理问题的定义，并提出了面向硬实时系统的实时推理方法。该方法将规则推理过程转化为一系列硬实时推理任务，每个推理任务采用基于规则图的搜索完成各规则的匹配。同时，采用具有共享资源的 EDF 调度算法对实时推理任务进行调度以控制整个推理过程的执行，并利用抢占式调度的可调度分析方法来保证推理任务的可调度性，从而使系统中各规则推理延迟的截止期能够得到保证。 (2) 复合事件检测最坏情况运行时间分析方法研究 估算实时推理任务的最坏情况运行时间对提高硬实时系统推理的可预测性具有至关重要的作用。而复合事件检测又是实时任务在进行规则匹配时的重要环节，因此，本年度重点对基于图的复合事件检测的最坏情况运行时间估算进行了研究，并提出了事件风暴模型下，基于分层结构的复合事件检测的最坏运行时间分析方法。该方法利用线性规划，通过寻找线性约束并进行求解，以达到估算基于图搜索的复合事件检测的最坏运行时间的目的。然而，与已有的基于线性规划的任务最坏运行时间分析方法不同，该方法在硬件模型分析层与程序路径分析层的基础上，加入了算法分析层用来分析程序的算法逻辑结构归纳线性约束，从而			

能够提取在程序路径分析中难以发现的线性约束，提高了估算的精确度。模拟实验表明，所提出的基于分层结构的复合事件检测最坏运行时间估算方法，比传统的任务最坏运行时间分析方法在准确度上提高了一个以上的数量级。

（3） 分布式主动规则推理方法研究

分布式主动规则推理是复杂实时系统推理方法研究中的重要内容，本年度，本课题对此进行了研究。本课题提出了一种基于主动规则分解的分布式推理方法。该方法采用贪心算法对主动规则集中的规则进行了分解，将规则分配到各处理器上使网络负载尽可能小。而每个处理器则采用基于图的启发式搜索算法完成对这些规则的匹配，从而获得整个推理结果。此外，本年度，本课题还研发了实时多智能体开发平台 **AgiBuilder**。该平台在传统多智能体平台的基础上，引入了实时智能体模型与相关调度算法，从而为分布式主动规则推理提供了实现框架。

（4） 不确定实时推理方法研究

本年度，本课题对不确定实时推理方法的研究主要集中在基于模糊的不确定推理与基于概率的不确定推理上。在基于模糊的不确定推理研究上，本课题研究了基于模糊主动规则的推理方法，提出了可描述模糊时序事件的模糊 **ECA** 规则模型。在基于概率的不确定推理研究上，本课题提出了不确定复合事件模型，并拟利用贝叶斯网络求解实现不确定复合事件的检测。

（5） 基于主动规则的实时推理系统原型实现

本年度对基于主动规则的实时推理系统原型进行了实现。该系统可针对输入的事件，根据规则库中的 **ECA** 规则，推理出响应事件的动作决策。同时，用户可在线地对规则库中的规则进行增加、修改与删除，且在此期间，推理机不必停机。系统的主要部件包括：基于 **ECA** 规则的实时推理引擎、**ECA** 规则处理中间件、**ECA** 规则制定工具、**ECA** 规则推理可视化工具以及规则调试与分析工具。

2. 国内外学术交流情况、研究生培养情况与论文发表情况

本年度所进行的学术交流情况如下：

（1） 2011 年 5 月 25 日—2011 年 6 月 3 日：课题组与来自美国 Washington University at st. Louis 的吕晨阳教授进行了学术交流。吕晨阳教授做了题为“Real-time scheduling for Wireless Control Networks”的学术报告，其所提出的端对

端延迟分析方法对我们突破实时推理中的关键技术难点—调度分析方法具有重要的借鉴意义。同时，课题组还与吕晨阳教授就硬实时推理的形式化定义与实时推理方法的框架进行了深入讨论。

(2) 2011 年 11 月 17 日：美国维吉利亚理工大学的 John Stankovic 教授访问实验室。课题组向 Stankovic 教授介绍了在面向硬实时系统的实时推理方法研究上的进展。Stankovic 教授肯定了该研究的创新性与意义，并针对硬实时系统中实时推理的体系结构提出了一系列的建议。

(3) 2011 年 12 月 14 日—2011 年 12 月 16 日：课题组与来自加拿大 AutoDesk 公司的李维博士进行了学术研讨。李维博士做了题为“Performing Large Scale Bayesian Inference by Weighted Model Counting”的学术报告。课题组与李维博士就不确定复合事件模型与检测方法进行了深入讨论。同时，还针对 ECA 规则推理算法的优化求解进行了深入交流。

此外，本年度通过本课题培养硕士生三人，其中一人获得硕士学位；发表国际会议论文一篇。

下一年度工作计划，包括国内外合作与交流计划

1. 下一年度研究工作计划

- (1) 面向硬实时系统的实时推理算法研究：继续深入研究在单机环境下的硬实时推理算法；在本年度分布式规则推理方法的研究基础上，研究多机环境下基于实时多智能体的硬实时推理算法；研究 ECA 规则推理算法的优化，提高推理效率。
- (2) 不确定实时推理方法研究：继续研究不确定复合事件模型，并研究基于贝叶斯网络求解的复合事件检测方法；继续研究基于模糊 ECA 规则的实时推理方法，提出模糊 ECA 规则的表达语言。
- (3) 进一步完善基于主动规则的实时推理系统原型，集成在分布式实时推理、不确定实时推理上的研究成果。
- (4) 在相关领域顶级会议上发表文章 1-2 篇。
- (5) 申请专利 1-2 项。

2. 下一年度国际合作与交流计划 (1) 继续与吕晨阳教授就硬实时推理中的调度算法与可调度分析方法进行交流与合作 (2) 继续与李维博士就不确定事件检测算法进行讨论与合作 (3) 参加 IEEE Real-time and Embedded Technology and Applications Symposium 会议 (4) 参加 IEEE Real-time Systems Symposium 会议
年度经费使用情况概要
课题总经费 160 万元，截止目前共到账 95 万元，其中，于 2011 年 6 月 22 日到帐 40 万元。2011 年度支出共 47.93 万元，其中设备费 6.73 万元，主要用于设备的购置；测试化验加工费 2.40 万元；燃料动力费 5 万元，主要用于设备耗电和空调运行费用；差旅费 3.67 万元，用于项目差旅交通费用；出版费用 1.8 万元，主要用于出版、文献、信息传播及知识产权事务费；劳务费 19.93 万元，支付学生及聘用职工劳务费以及间接费用 8.4 万元。
存在的问题、建议及其他需要说明的情况
进一步加强国际学术合作与交流，争取高质量学术论文的发表。

备注：1、杰出青年人才入选者应实事求是地填写此报告，禁止弄虚作假；
2、此报告作为专项计划跟踪、管理的主要依据，每年报送人力资源处；
3、此报告将在所网站对外发布。