



项目批准号	60603088
申请代码	F020503
归口管理部门	
收件日期	

国家自然科学基金 资助项目进展报告

资助类别： 青年科学基金项目

亚类说明：

附注说明：

项目名称： 基于反例压缩的自动程序修正方法研究

负 责 人： 沈胜宇 电话： 0731-4573678 转 803

电子邮件： syshen@nudt.edu.cn

依托单位： 中国人民解放军国防科学技术大学

联 系 人： 徐小平 电话： 0731-4572317

资助金额： 27.0000(万元) 累计拨款： 27.0000 (万元)

执行年限： 2007.01-2009.12

填表日期：2008 年 12 月 24 日

国家自然科学基金委员会制（2004 年 11 月）



关于填报《国家自然科学基金资助项目进展报告》的说明

- 一. 项目负责人每年须填报《国家自然科学基金资助项目进展报告》(简称《进展报告》), 以此作为自然科学基金资助项目跟踪、管理的主要依据。
 - 二. 项目负责人应认真阅读自然科学基金项目管理和财务管理有关规定、办法(查阅 <http://www.nsfc.gov.cn>), 在年度工作的基础上, 实事求是地撰写《进展报告》。
 - 三. 项目依托单位认真审核, 于每年 1 月 15 日前将本单位受资助项目的《进展报告》统一报送国家自然科学基金委员会归口管理部门。
 - 四. 《进展报告》由报告正文和附件两部分组成, 报告正文请参照“《进展报告》报告正文撰写提纲”撰写, 并可根据需要增设栏目, 要求层次分明, 内容准确。项目执行过程中的进展或研究成果、计划调整情况等, 须在报告中如实反映。
 - 五. 国家自然科学基金委员会归口管理部门负责审核项目年度《进展报告》、跟踪项目进展与研究成果、核准项目负责人的次年度研究计划和调整要求, 确定项目继续资助的情况。对不按要求填报《进展报告》, 或项目执行不力, 或内容、人员等调整不当而影响项目顺利进展的, 视其情节轻重要求负责人和依托单位及时纠正, 或给予缓拨资助经费、中止或撤消项目等处理。
 - 六. 《经费执行情况报表》由重大项目的课题和重点项目填报, 重大项目每年度填报随进展报告一同报送, 重点项目在进行中期检查的年度填报。其他项目无需填报《经费执行情况报表》, 只需在《进展报告》中对经费使用情况和下一年度经费安排做出必要的说明。
- 注: 国家自然科学基金强调科学道德和良好的学风, 反对弄虚作假和浮躁作风, 要求工作认真、填报材料实事求是。部分探索性研究内容, 虽经过努力, 也可能没获得理想结果或甚至失败, 特别是面上项目。如有这种情况, 也请在报告中实事求是地反映出来, 说明工作状况和发展态势, 供国家自然科学基金委员会和专家参考。



报告正文撰写提纲

1. **年度计划要点和调整情况。**简要说明是否按计划进行，哪些研究内容根据国内外研究发展状况及项目进展情况做了必要的调整和变动，哪些研究内容未按计划进行，原因何在。
2. **研究工作主要进展和阶段性成果。**(本部分是进展报告的重要部分,请认真撰写)。请分层次叙述所开展的研究工作、取得的进展或碰到的问题等，给出必要的数据、图表。根据实际情况提供国内外有关研究动态的对比分析及必要的参考文献。本部分亦包括国内外合作与学术交流、研究生培养情况等。
3. **下一年度工作计划，**包括国内外合作与交流计划。如要求对原研究内容和主要成员作重要调整，需明确要求调整的内容，并说明理由、必要性以及对项目实施的影响。(注：为保证基金项目顺利进行，研究人员要求稳定，一般不作变更。如确需变更，须按基金项目管理辦法规定的要求提出申请，经自然科学基金委归口管理部门核准后方可变更。)
4. **当年经费使用情况与下一年度经费预算。**给出必要的经费使用情况的说明，逐项列出固定资产超过 5 万元的设备的名称、使用情况等有关说明。
5. **存在的问题、建议及其他需要说明的情况。**说明项目执行中的问题和建议。对部分探索性强的研究，有可能未获得理想结果或甚至失败，请如实地反映，说明原因、工作状况、发展态势和建议等，供基金委管理人员或同行专家参考。
6. **附件：**给出标注基金资助的已发表和已有录用通知的论文目录、其他成果清单和必要的证明材料复印件等。发表论文按常规文献引用方式列出。



报告正文

一、 年度计划要点

本年度基本按照原计划开展研究工作。

在悖论分析算法的核心——不可满足核算法上，取得重要研究成果，并在数个重要刊物和会议发表了我们的研究成果。

同时，为了改进一般性博弈算法的运算复杂性，我们将研究重点集中于有明确限界的问题形式上。即设计者根据自身的设计意图和对待修复系统的了解，给出一个限界。而待修复系统的行为可以在限界之内完全描述。

二、 研究工作阶段性进展和成果

第一、将不可满足子式的求解算法扩展到 SMT

由于 SAT 问题本身的描述能力受限，无法描述诸如数组和链表等具有更为丰富语义的对象，因此基于非量化一阶逻辑的 SMT 算法在近年获得了飞速的发展。因此，求解 SMT 的不可满足子式也成为了研究热点。

在自顶向下方法的研究中，我们提出了基于深度优先搜索与宽度优先搜索策略的极小 SMT 不可满足子式求解算法。算法基于 SMT 公式搜索树的结点与极小不可满足子式之间的关系，通过为公式构造一个搜索树，在深度优先或宽度优先的搜索策略指引下，启发式地删除短句；在搜索过程中，利用 $DPLL(T)$ 算法进行可满足性判定，通过共享子公式之间的冲突短句实现增量式求解，并融合了动态变元排序与子公式 Cache 技术等优化方法，尽早移除冗余的可满足性检测，从而快速地得到极小不可满足子式。实验结果表明，当公式较小时，两种算法性能相当；随着公式的复杂度增大时，深度优先搜索算法优于宽度优先搜索算法。

而另一方面，在自底向上方法的研究中，提出一种基于冲突分析与否证蕴含的极小 SMT 不可满足子式求解算法。算法基于否证蕴含图中正向及逆向可达结点集与不可满足子式之间的关系，首先记录 $DPLL(T)$ 算法在证明公式不可满足性的过程中产生的消解否证，构造其否证蕴含图。而后依次选择蕴含图中的原始短句，通过检测原始短句的正向不可达结点集的可满足性，从而确定该短句是否属于极小不可满足子式。算法中集成了蕴含图剪枝技术，以减小变元赋值的搜索空间。实验结果表明，该算法优于深度优先搜索算法；并且随着公式复杂度的增大，性能优势更加显著。

第二、将博弈运算的求解范围限制在限界反应系统中

为了改进一般性博弈算法的运算复杂性，我们将研究重点集中于有明确限界的问题形式上，即设计者根据自身的设计意图和对待修复系统的了解，给出一个限界。而待修复系统的行为可以在限界之内完全描述。该思想非常类似于 CAV07 上发表的“On Synthesizing Controllers from Bounded-Response Properties”。



该方法的另一个优点在于，可以直接与不可满足核算法进行接口，而无需为了追求完备性而陷入不动点运算中。

事实上，在原型系统实现和实验过程中，我们发现绝大多数待修复系统在微观层面上，即 small step semantics 上，并不满足限界要求。也就是说，按照普通的 Kripke 结构进行建模，往往无法避免复杂的不动点运算。

但是，如果从 big step semantics 看，通过将不动点运算屏蔽在 big step 之内，则可以得到以 big step 为迁移关系的抽象状态机。而该抽象状态机在绝大部分情况下是满足限界要求的。

第三、基于限界假设的对偶综合

基于第二点的限界假设，我们提出了对偶综合的思想。

该思想的应用背景为，在通讯系统设计中，大部分电路具有对偶的特性，即一个电路 F^{-1} 的功能是另一个电路 F 的反，如编码解码器、打包解包电路和滑动窗口协议等。为了提高设计和验证对偶电路的效率，我们试图让设计人员仅设计 F ，而使用对偶综合工具自动产生 F^{-1} 。

事实上，该算法是第一点的不可满足子式算法和第二点的限界假设的结合。该算法有两个有待搜索的参数： l 和 d ，分别代表编码器的数据单位长度和编码延迟。算法的第一步，通过遍历 d 和 l 的各种组合，并在每一个组合内，将编码器的状态迁移关系 T 展开 $d+l$ 次，并验证其不可满足性以得到合法的 d 和 l 组合。算法的第二步，针对合法的 d 和 l 组合，提取从输出到输入的反向映射电路。

整个算法大量的使用了不可满足子式算法，而完全不依赖于 BDD，从而避免了空间爆炸问题，可以处理非常大型的复杂例子。我们以遵从 IEEE 802.3ae 标准的 XGXSPCS 软核为实验例子，结果表明，我们的方法可以在 200 秒内产生功能正确的解码器。

该研究成果已经投稿至 EDA 领域的顶级国际会议 DAC 2009。

第四、人才培养

指导一名博士生(2004 级张健民)完成博士论文，即将答辩。

指导一名本科生(2004 级杨昊林)完成毕业设计。

三、下一年度工作计划

在本年度的工作基础上，进一步推进下列工作：

- 1 继续推进 SMT 的不可满足子式算法研究。
- 2 以 1 为基础，继续推进对偶综合的研究工作，将其扩展到能够支持数组和未解释函数。
- 3 进一步深化限界假设下的博弈理论研究。



四、 当年经费使用情况与下一年度经费预算

2007年度拨款16.8万元。

2008年度拨款10.2万元。

2008年度经费使用情况

项目	经费
科研业务费	41249.42
实验材料费	5970.6
仪器设备费	4730
水电费	10339
总计	62289.02
结余	149650

2009年度经费预算：

项目	经费
科研业务费	10
实验材料费	1.0
水电费	1.0
总计	12

2009年度，我们将向多个顶级国际会议投稿，若录用将参加其中之一。预计将在科研业务费中安排6万元，用于参加国际会议。

五、 附注

本年度已发表和录用的文章列表：

- 1 Zhang Jianmin, Shen Shengyu, and Li Sikun. An Ant Colony Algorithm for Minimum Unsatisfiable Cores Extraction. Journal of Electronics(China), 2008, 25(5): 652~660.
- 2 Zhang Jianmin, Shen Shengyu, and Li Sikun. Tracking Unsatisfiable Subformulas from Reduced Refutation Proof. Special Issue, Journal of Computers, Accepted. (EI Compendex)
- 3 张建民, 沈胜宇, 李思昆. 最小布尔不可满足子式的求解算法. 电子学报, 已录用. (EI Compendex)
- 4 张建民, 沈胜宇, 李思昆. 求解极小SMT不可满足子式的宽度优先搜索算法. 计算机辅助设计与图形学学报, 已录用. (EI Compendex)
- 5 李思昆, 张建民, 沈胜宇. 布尔不可满足子式的求解方法研究进展. 计算机辅助设计与图形学学报, 2008, 20(10): 1253~1260. (EI Compendex)
- 6 张建民, 沈胜宇, 李思昆. 一种求解布尔不可满足子式的局部搜索算法. 计算机工程与科学, 已录用.
- 7 张建民, 沈胜宇, 李思昆. 极小SMT 不可满足子式的求解算法. 全国第十五届计算机辅助设计与图形学学术会议, 大连, 2008: 697~701.
- 8 张建民, 沈胜宇, 李思昆. 可满足性求解技术研究. 计算机工程与科学, 已录用.

**项目负责人签字及部门审核意见表****项目负责人承诺：**

我所承担的项目（编号：60603088 名称：基于反例压缩的自动程序修正方法研究）《进展报告内容》实事求是，数据详实。我在下一步研究中将认真工作并及时报告重大情况变动等。

项目负责人（签章）：

日期：

项目依托单位科研管理部门审查和对今后工作的意见：

经办人（签章）：

单位公章：

日期：

科学处审核意见：

1. 计划完成情况（在□内打 ，例☑）

☐ 按原计划完成任务☐ 基本按原计划完成任务☐ 未完成原计划任务

2. 经费拨款情况（在□内打 ）：

☐ 按计划拨款☐ 暂缓拨款☐ 中止拨款

3. 其它意见：

负责人（签章）：

日期：

科学部核准意见（对重点、重大、国家杰出青年科学基金等及拨款情况发生变化的项目）：

负责人（签章）：