

兼容控制流变化的精确数据竞争检测技术

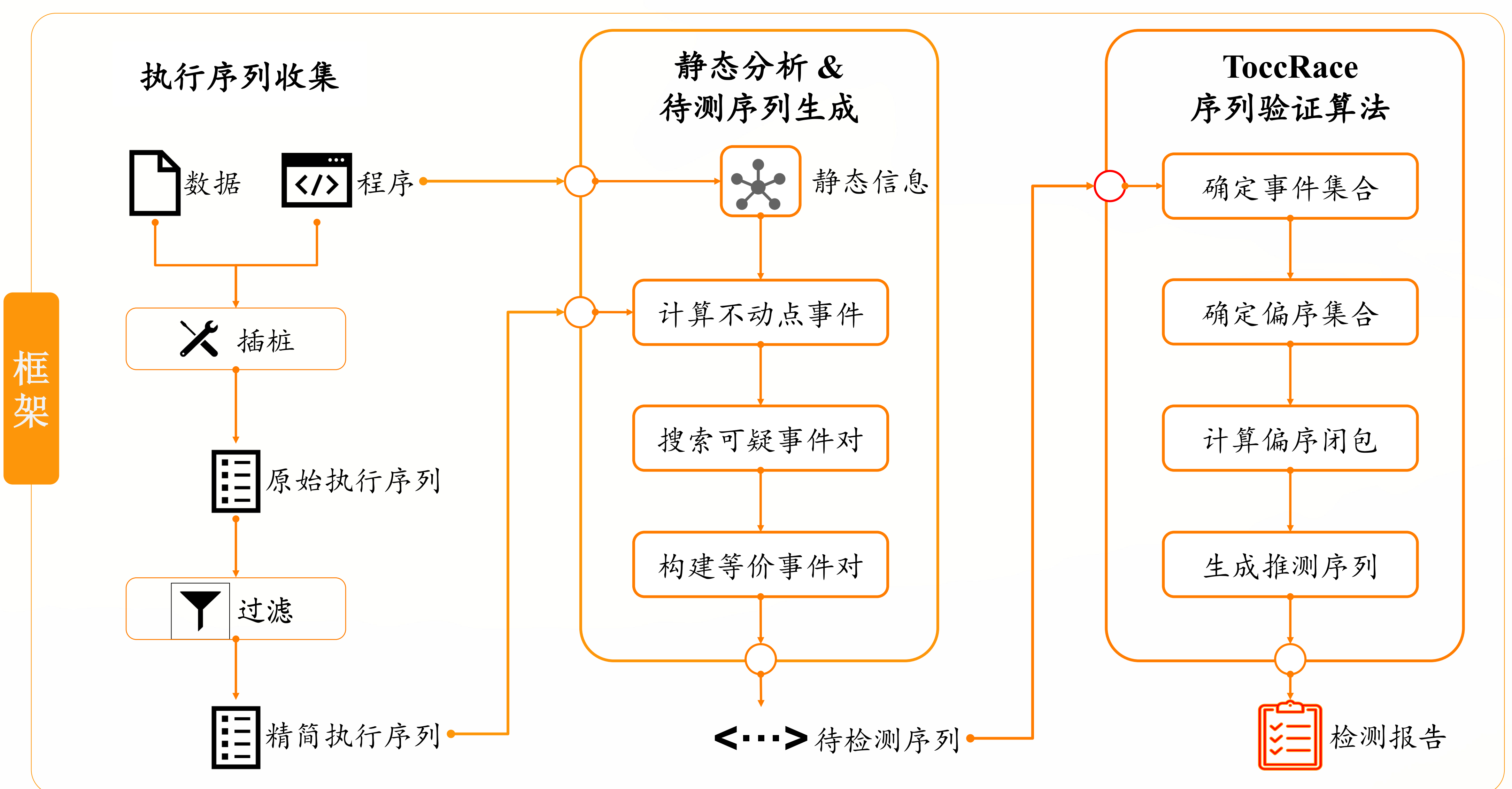
Tolerate Control-Flow Changes for Sound Data Race Prediction

祝世豪、郭宇琪、张龙、蔡彦 (yancai@ios.ac.cn)

中国科学院软件研究所，计算机科学国家重点实验室

并发缺陷严重威胁着并发程序，然而，由于线程间的交错顺序随机，并发缺陷检测面临状态空间爆炸的问题。基于动态方法的精确并发缺陷检测技术通过在已有执行序列基础上推测可能的执行序列来检测并发缺陷。近年来，该类技术取得了长足的发展，先后涌现的多种方法取得了越来越好的效果。

然而，现有动态并发缺陷检测技术存在严重的局限性：推测出的执行序列必须与原始序列有相同的控制流。针对这一缺点，本方法整合程序静态信息，提出了不动点事件和等价对的概念，通过等价对来间接检测数据竞争，在保证无误报的情况下，一定程度上兼容了控制流变化，实现了比现有最先进同类方法更好的数据竞争检测效果。



给定图1所示实际执行序列，其中 e_3 为 e_2 的不动点事件， (e_1, e_2) 为 (e_1, e_3) 的等价对。若推测序列中 e_1 与 e_2 可并发执行，则可通过线程调度证明 e_1 与 e_3 必然可以并发执行。在推测序列基础上，调度方法如下：

- (1) 令线程1在 e_1 执行前停止，
- (2) 令线程2继续执行直至 e_3 发生，
- (3) 令线程1继续执行 e_1 。

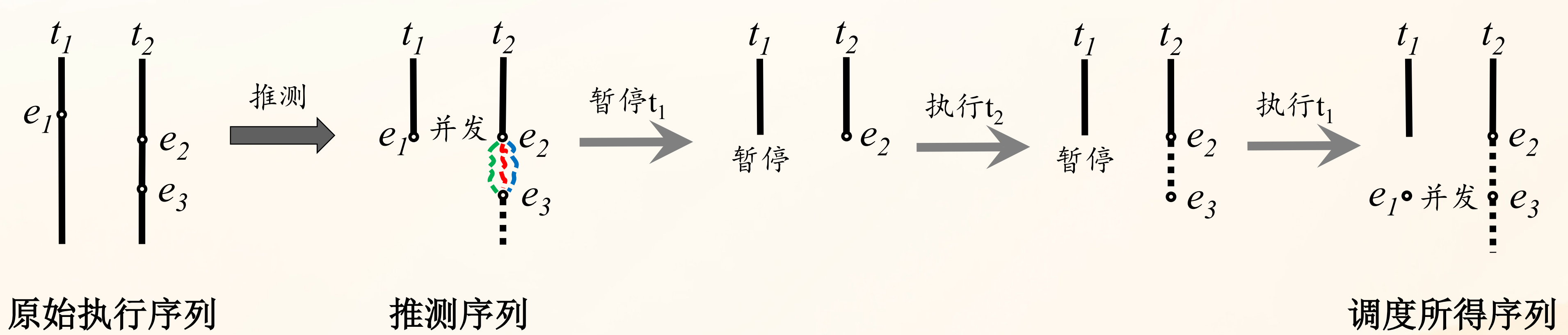
最终通过调度所得执行序列中， e_1 与 e_3 并发执行，且 e_2 与 e_3 之间的控制流可以发生变化。

通过以上方法，ToccRace实现了比现有最先进同类方法SeqCheck更好的数据竞争检测效果。

间接检测

不动点事件：给定 t_2 中 e_2 为结尾的前缀，若 e_3 必然发生且行为固定不变，则 e_3 为 e_2 的不动点事件。

等价对：若 e_3 为 e_2 的不动点事件，则 (e_1, e_2) 为 (e_1, e_3) 的等价对。



实验验证

		数据竞争数量		时间 (秒)	
小型程序 (7个真实应用)	未去重	ToccR	59	ToccR	497
		SeqC	32	SeqC	453
	去重	ToccR	477		
		SeqC	159		
		时间 (小时)			
大型程序 (MySQL)	未去重	ToccR	116986	ToccR	1306
		SeqC	79990	SeqC	129
	去重	ToccR	5049		
		SeqC	4009		

与SeqCheck相比，ToccRace在小型程序和大型程序上，分别以1.1倍和10倍的时间开销，多检测出46.2%(25.9%)和200%(84.3%)的数据竞争。在合理的时间开销内实现了更好的检测效果。