

# Lucifer: 面向微服务应用的自动化失效测试工具

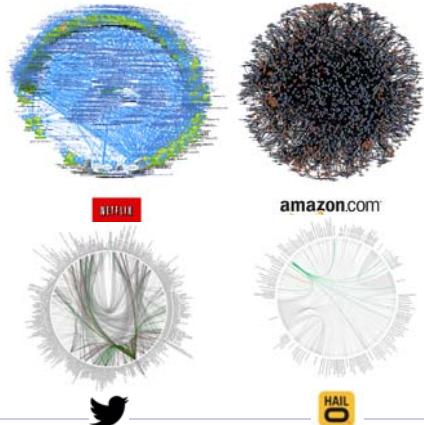
崔承旭, 吴国全, 魏峻

软件工程技术研发中心

{gqwu, cuichengxu16, wj}@otcaix.iscas.ac.cn

## 微服务失效测试

微服务架构目前已被大量企业广泛用于开发云环境下的分布式应用。但由于底层运行环境的复杂性和不确定性，导致系统在运行时可能出现各种常见的故障（如：网络断连、服务不可用等）。这些故障如果没得到及时处理，可能在相关依赖的微服务之间传播，最终导致系统不可用。单元测试与集成测试难以暴露微服务应用在故障处理方面的缺陷。微服务失效测试旨在检测系统应对运行时故障并从中进行恢复的能力，目前已经受到工业界和学术界的广泛关注。



## 面临挑战

### 故障空间巨大

- ✓ 手动指定扩展性有限，受限于认知能力
- ✓ 随机探测缺少引导，测试效率低下
- ✓ 需要高效自动的故障空间探测算法

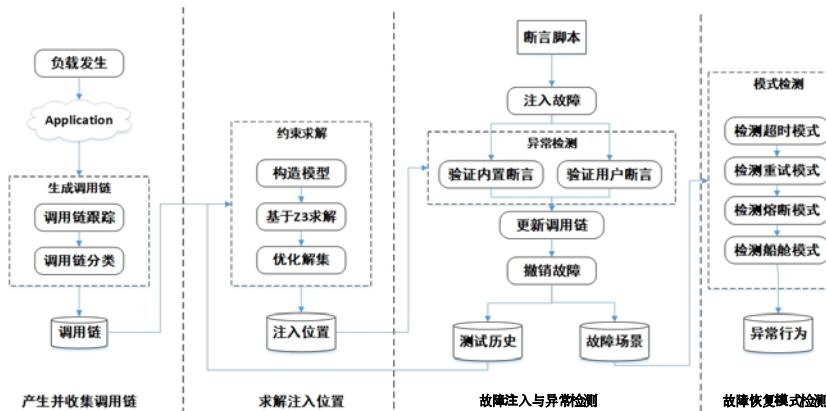
How to Inject

Where is Bug

### 修复Bug耗时

- ✓ 理解应用行为是修复bug过程中最耗时步骤
- ✓ 需要自动针对注入故障后的应用行为分析
- ✓ 辅助测试人员快速理解故障恢复逻辑

## 方法流程



## 关键步骤

### 1. 产生并收集调用链

以待测应用为输入，跟踪用户请求并产生调用链信息，然后根据调用链的组成对请求分类，避免重复测试相似请求，最后输出经过分类的调用链集合。

### 2. 求解故障注入位置

首先构造由约束表达式构成的约束模型，然后基于Z3约束求解器计算解集，最后解码并根据历史信息剪枝，输出待测的故障注入位置。

### 3. 故障注入与异常检测

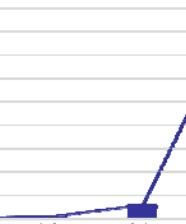
首先基于步骤（2）的结果注入故障，然后分别进行内置断言和用户断言的验证，记录无法处理的故障场景并更新测试历史，最后撤销故障。

### 4. 故障恢复模式检测

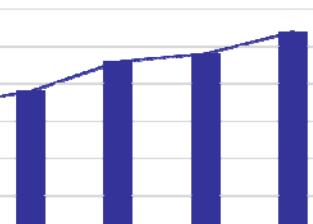
针对应用无法应对的故障场景，从四个角度（超时模式、重试模式、熔断模式以及船舶模式）依次分析故障恢复行为，输出相应的异常结果。

## 工具效果

冗余机制失效注入次数 (随机策略)



冗余机制失效注入次数 (Lucifer)



算法中间结果



本轮计算



故障注入类型集合



当前测试接口集合



与随机策略相比，Lucifer具有更高的故障探测效率，并支持识别常见的故障恢复模式。