Автоматизированный поиск багов в C/C++

Как экономить на своих ногах

О чём пойдёт речь

- Описание проблем и откуда они растут
- Способы решения этих самых проблем (и проблемы от этих решений)
- Опыт применения этих средств из жизни (если успею)
- Как это может быть вам полезно

Проблемы и откуда растут

- Языки C/C++ сложные (особенно C++)
- Из-за этого программисты ошибаются
- Ошибки не всегда находятся компилятором
- Опасность везде - undefined/unspecified behavior
- А должное качество ПО надо как-то обеспечивать
- Тестами всё покрыть очень сложно/долго/затратно/невозможно
    - И можно даже сделать ошибку в тестах :)

HOW TO CODE WITH NO BUGS

Типичные отстрелы ног

- Разыменование нулевого указателя
- Использование невалидного указателя/итератора
- Использование значения переменной после перемещения
- Переполнение знаковых чисел
- Нарушение контрактов стандартных алгоритмов
- Многократное освобождение памяти
- И много чего ещё :)

Почему меня это должно волновать

- Ядра ОС
- Браузеры
- Программы для работы с графикой\звуком
- Плееры
- Утилиты для разработки (IDE, компиляторы)
- Мне лень перечислять дальше

Это всё **зачастую** написано с использованием C/C++

Компиляторы

- Используйте больше компиляторов (Clang/GCC/etc)
- Включите больше предупреждений в ваших компиляторах
  - Будьте аккуратны с внешними зависимостями - это внешние предупреждения :)
  - Могут быть ложные срабатывания
- Обновление компилятора может принести новые диагностики
  - А может - новое поведение ~~неопределённое~~ программы :)
  - Внутри компиляторов тоже есть свои “анализаторы”
- Для поддержания чистоты кода - WARNINGS AS ERRORS

Статический анализ кода

- Не требует компиляции программы
- Не надо запускать тестируемую программу
- Интеграция в CI
- Находит довольно интересные ошибки:
    - Одинарное ‘=’ в if
    - Неправильные аргументы memset
    - Возможные переполнения переменных
    - Повтор условий в условных конструкциях
    - И много чего ещё :)
- Проверка кода на соответствие стандартам (MISRA, etc.)

```
template<typename Scalar> EIGEN_DEVICE_FUNC
inline bool isApprox(const Scalar& x, const Scalar& y,
  typename NumTraits<Scalar>::Real precision =
    NumTraits<Scalar>::dummy_precision())

template< .... >
void evalSolverSugarFunction(....)
{
  ....
  const Scalar psPrec = sqrt(test_precision<Scalar>());
  ....
  if (internal::isApprox(
        calc_realRoots[i], real_roots[j] ), psPrec)
  {
    found = true;
  }
  ....
}
```

```
void ExprParser::replaceBinaryOperands()
{
  char t1 = getOperandType(1);
  char t2 = getOperandType();
  popOperand();
  popOperand();
  if (t1 == t2)
    mOperands.push_back (t1);
  else if (t1 == 'f' || t2 == 'f')
    mOperands.push_back ('f');
  else
    std::logic_error
      ("failed to determine result operand type");
}
```

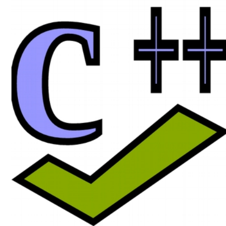
```
template<typename Scalar> EIGEN_DEVICE_FUNC
inline bool isApprox(const Scalar& x, const Scalar& y,
  typename NumTraits<Scalar>::Real precision =
    NumTraits<Scalar>::dummy_precision())

template< .... >
void evalSolverSugarFunction(....)
{
  ....
  const Scalar psPrec = sqrt(test_precision<Scalar>());
  ....
  if (internal::isApprox(
        calc_realRoots[i], real_roots[j] ), psPrec)
  {
    found = true;
  }
  ....
}
```

```
void ExprParser::replaceBinaryOperands()
{
  char t1 = getOperandType(1);
  char t2 = getOperandType();
  popOperand();
  popOperand();
  if (t1 == t2)
    mOperands.push_back (t1);
  else if (t1 == 'f' || t2 == 'f')
    mOperands.push_back ('f');
  else
    std::logic_error
      ("failed to determine result operand
type");
}
```

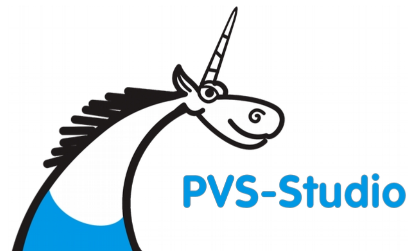
Как готовить?

- Запускать **регулярно**
- Исправлять баги **постепенно**
  - “Задушить” пока что старые баги
  - Разметить вручную ложные срабатывания
- Встроить в CI
  - Настроить уведомление разработчиков о проблеме
  - Желательно, чтобы уведомление не игнорировалось :)
- По возможности использовать несколько анализаторов
  - Будьте аккуратны - это может быть довольно долго
  - И может быть больше ложных срабатываний => больше разметки

Статические анализаторы



- Встроенные в IDE
- cppcheck
- clang-tidy
  - Как писать свои проверки: https://www.youtube.com/watch?v=WHgXn_ufY90
- clazy
- Проприетарные средства (Coverity, PVS-Studio, etc)



Большой список смотрите здесь:
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tools_for_static_code_analysis

Санитайзер - что за зверь?

Санитайзеры (sanitizers) - утилиты, которые идут в поставке нормальных компиляторов, которые могут найти ошибки в вашей программе **во время исполнения.**

- Требуют перекомпиляции программы
- Требуют запуска программы
- Требуют хорошего набора тестов
- Ведут к деградации производительности
  - Во время тестирования, разумеется :)

Санитайзеры - какие бывают

- **address** - находит ошибки работы с памятью (наиболее частые ошибки)
- **thread** - находит проблемы в многопоточном коде (гонки и deadlocks)
- **undefined** - находит неопределённое поведение в программе

Важно: не все санитайзеры друг с другом совместимы. Хотите проверить всеми - придётся пересобрать и запустить.

Как готовить санитайзеры?

- Запускать **регулярно**
- Обновлять - они тоже активно развиваются
- Встроить в CI
  - Настроить уведомление разработчиков о проблеме
  - Желательно, чтобы уведомление не игнорировалось :)
- Используйте все санитайзеры
  - Аккуратно - значительно замедляет процесс тестирования

Valgrind

- Фреймворк для построения анализаторов
- Это не только профилировщик
- Не требует перекомпиляции проекта
- http://valgrind.org/

Valgrind: утилиты (полезные нам)

- **Memcheck - аналог Address sanitizer**
- **Helgrind, DRD - аналог Thread sanitizer**
- **Здесь может быть ваша собственная утилита**

Представьте здесь какую-нибудь картинку, пожалуйста :)

Fuzzing

Фаззинг - техника тестирования путём подачи большого количества зачастую невалидных данных. А потом следим, как наше приложение обработает этот мусор.

- Помогает найти много ошибок
- Требует много вычислительных ресурсов
- Эффективность **очень сильно** зависит от способа приготовления

Фаззинг: как готовить

- Соберите набор “валидных” данных
- Соберите словарь символов, из которых может состоять ввод
- Запускайте вместе с санитайзерами
    - Значительно замедляет скорость тестирования
    - Находит больше ошибок
- Держите запущенным длительное время

Фаззинг: утилиты

- American Fuzzy Lop (AFL)
  - http://lcamtuf.coredump.cx/afl/
- LibFuzzer
  - https://llvm.org/docs/LibFuzzer.html
- И несчётное количество остальных
  - https://github.com/secfigo/Awesome-Fuzzing#tools

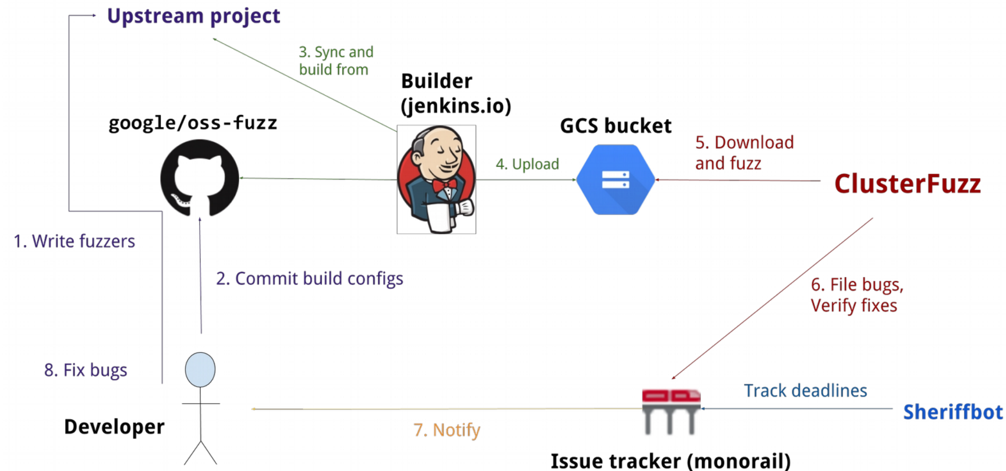
Пример

```
extern "C" int LLVMFuzzerTestOneInput(const uint8_t *data, size_t size)
{
    std::string str((const char*)data, size);
    parse(str.c_str());
    return 0;
}
```

```
clang++ -fsanitize=fuzzer main.cpp
```

Oss-Fuzz

- Проект от Google
- Автоматизированный фаззинг на ресурсах Google
- Очень популярный проект для тестирования Open Source ПО
- https://github.com/google/oss-fuzz



Ссылки

- Kostya Serebryany “Beyond Sanitizers...”
  https://www.youtube.com/watch?v=qTkYDA0En6U
- https://github.com/secfigo/Awesome-Fuzzing
- Дмитрий Вьюков “Fuzzing: The New Unit Testing”
  https://www.youtube.com/watch?v=FD30Qzd6ylk

Итог

- Языки C/C++ при неправильном приготовлении опасны для здоровья :)
- Существуют различные подходы, которые позволяют “приручить” их, делая волосы мягкими и шелковистыми
- Знай те средства, что ты используешь
- Только в совокупности подходы приносят видимые плоды, позволяя отловить много ошибок до того, как их “оттестирует” пользователь :)

Спасибо за внимание!

И удачи в ловле багов в коде!