ИСП РАН

КЛАССИФИКАЦИЯ ROP ГАДЖЕТОВ

Алексей Вишняков
vishnya@ispras.ru

Москва, 02 декабря 2016 г.

Актуальность

- В современных программах могут присутствовать тысячи программных дефектов
- Техника возвратно-ориентированного программирования (ROP) может быть применена для использования программных дефектов в злонамеренных целях в условиях работы современных защитных механизмов
- Важно оценить возможность применения ROP

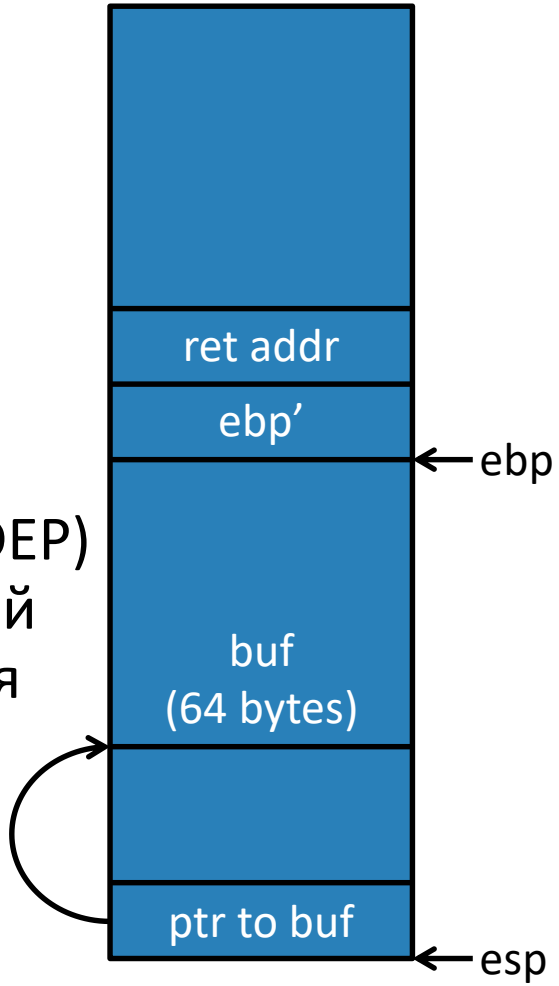
Уязвимость переполнения буфера на стеке

Выполнение вредоносного кода:

- Код размещается на стеке
- Адрес возврата перезаписывается указателем на этот код

Защитный механизм:

- Предотвращение выполнения данных (DEP) – механизм защиты памяти, помечающий страницы недоступными для исполнения (NX бит)
- Стек недоступен для исполнения



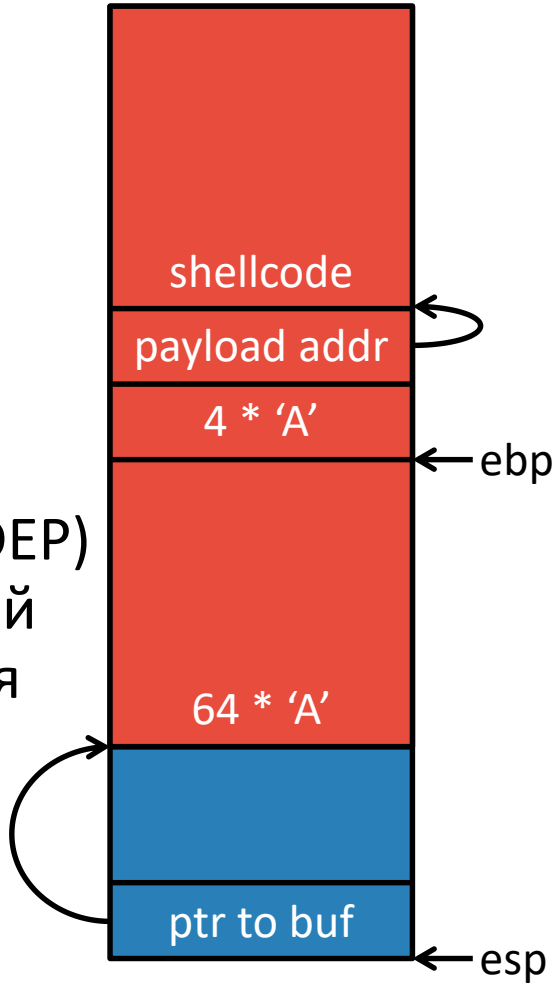
Уязвимость переполнения буфера на стеке

Выполнение вредоносного кода:

- Код размещается на стеке
- Адрес возврата перезаписывается указателем на этот код

Защитный механизм:

- Предотвращение выполнения данных (DEP) – механизм защиты памяти, помечающий страницы недоступными для исполнения (NX бит)
- Стек недоступен для исполнения



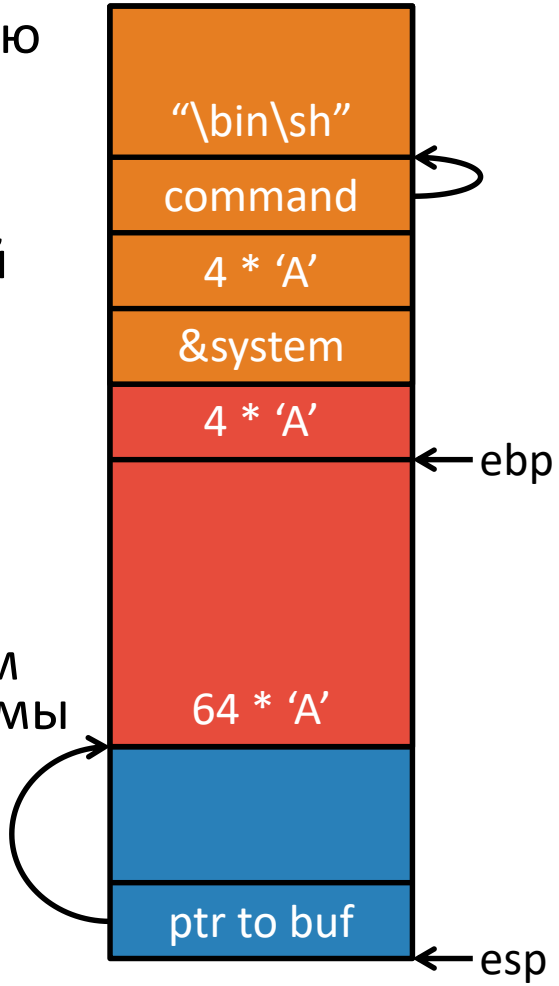
Атака возврата в библиотеку

Выполнение произвольной команды с помощью библиотечной функции:

- Адрес возврата подменяется адресом библиотечной функции
- Выше на стеке размещаются аргументы этой функции
- Позволяет обойти DEP

Защитный механизм:

- Механизм рандомизации адресного пространства (ASLR) позволяет разместить важные структуры программы по различным адресам во время каждого запуска программы
- Адрес библиотечной функции рандомизирован



Возвратно-ориентированное программирование (ROP)

- В Linux адрес загрузки большинства исполняемых файлов остается нерандомизированным
- Гаджет – последовательность инструкций, заканчивающаяся инструкцией передачи управления (`add eax, ebx ; ret`) из нерандомизированных исполняемых секций программы
- Возвратно-ориентированное программирование (ROP) – метод, позволяющий сформировать вредоносный код в виде цепочки гаджетов (ROP-цепочки): первый гаджет передает управление второму, второй – третьему и т.д.

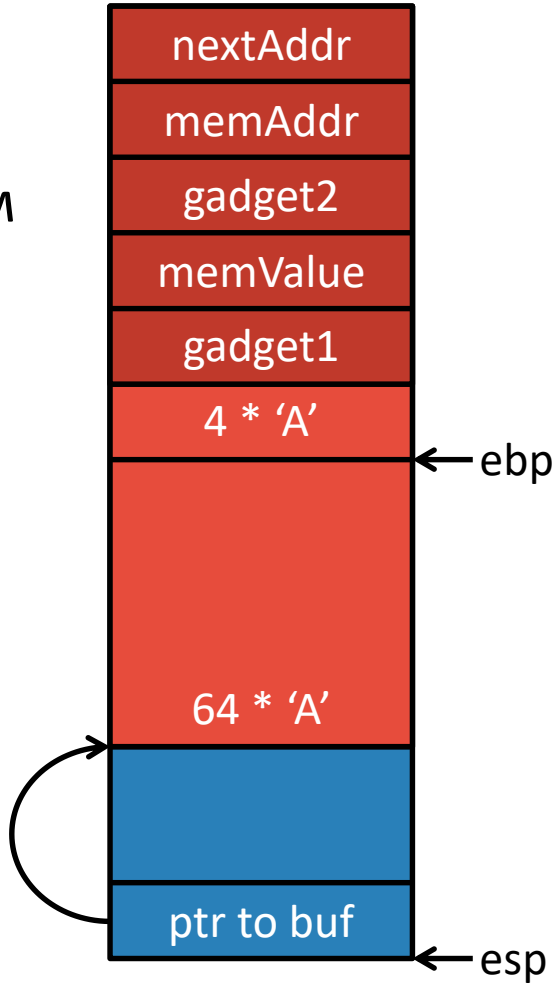
Пример ROP-цепочки

Запись произвольного значения по произвольному адресу:

- Адрес возврата переписывается адресом первого гаджета gadget1
- После возврата из первого гаджета управление передается на gadget2
- Параметры гаджетов размещаются на стеке

```
gadget1: pop eax
         ret

gadget2: pop ebp
         mov [ebp], eax
         ret
```



Постановка задачи

- Для оценки качества реализованных защитных механизмов (ИСП ОБФУСКАТОР) требуется уметь определять трудоемкость атаки
- Для формирования нетривиальной ROP-цепочки необходимо наличие достаточного набора гаджетов
- Важно оценить потенциальную возможность формирования такой ROP-цепочки из гаджетов, имеющихся в программе
  - Поиск гаджетов
  - Классификация гаджетов: выделение гаджетов, пригодных для составления ROP-цепочек
  - Оценка пригодности полученного набора гаджетов

Поиск гаджетов

- Алгоритм Галилео
  - Поиск инструкций передачи управления в исполняемых секциях программы
  - Для каждой найденной инструкции производится дизассемблирование нескольких байт, предшествующих инструкции
  - Все корректно дизассемблированные последовательности инструкций добавляются в набор найденных гаджетов
- Алгоритм реализован в ROPgadget

Классификация гаджетов

- Для определения возможности использования найденных гаджетов необходимо иметь представление об их семантике
- Семантика гаджетов может быть определена с помощью их классификации по определенным типам
- За основу взята классификация, использованная в инструменте Q (Edward J. Schwartz, Thanassis Avgerinos, David Brumley, Carnegie Mellon University)
- Классификация расширена дополнительными типами

Типы гаджетов

Тип	Семантика	Пример
NoOpG	Не меняет ничего в памяти и на регистрах	`ret`
JumpG	IP ← AddrReg	`jmp eax`
MoveRegG	OutReg ← InReg	`mov eax, ebx ; ret`
LoadConstG	OutReg ← [SP + Offset]	`pop eax ; ret`
ArithmeticG	OutReg ← InReg1 ◦ InReg2	`add eax, ebx ; ret`
LoadMemG	OutReg ← [AddrReg + Offset]	`mov eax, [ebx+0x123] ; ret`
StoreMemG	[AddrReg + Offset] ← InReg	`mov [eax-0x456], ebx ; ret`
ArithmeticLoadG	OutReg ◦← [AddrReg + Offset]	`add eax, [ebx+0x123] ; ret`
ArithmeticStoreG	[AddrReg + Offset] ◦← InReg	`add [eax-0x456], ebx ; ret`
InitConstG	OutReg ← Value	`xor eax, eax ; ret`
ShiftStackG	SP ◦← Offset	`sub esp, 8 ; ret`
ArithmeticStackG	SP ◦← InReg	`add esp, eax ; ret`

Типы гаджетов

- Загрузка константы (LoadConstG)
- Операции с регистрами (MoveRegG, ArithmeticG, …)
- Операции с памятью (LoadMemG, StoreMemG, …)
- Передача управления (JumpG)
- Гаджеты-трамплины (ShiftStackG, ArithmeticStackG)
  - Смещают указатель стека
  - Могут быть использованы для обхода «канарейки», если в программе присутствует уязвимость переполнения буфера на стеке при условии «write-what-where»

Классификация гаджетов

Результаты классификации гаджета:

- Типы и параметры гаджета
- Список «испорченных» регистров (значения которых не сохраняются в результате выполнения гаджета)
- Информация о фрейме гаджета (размер фрейма, смещение ячейки с адресом следующего гаджета)

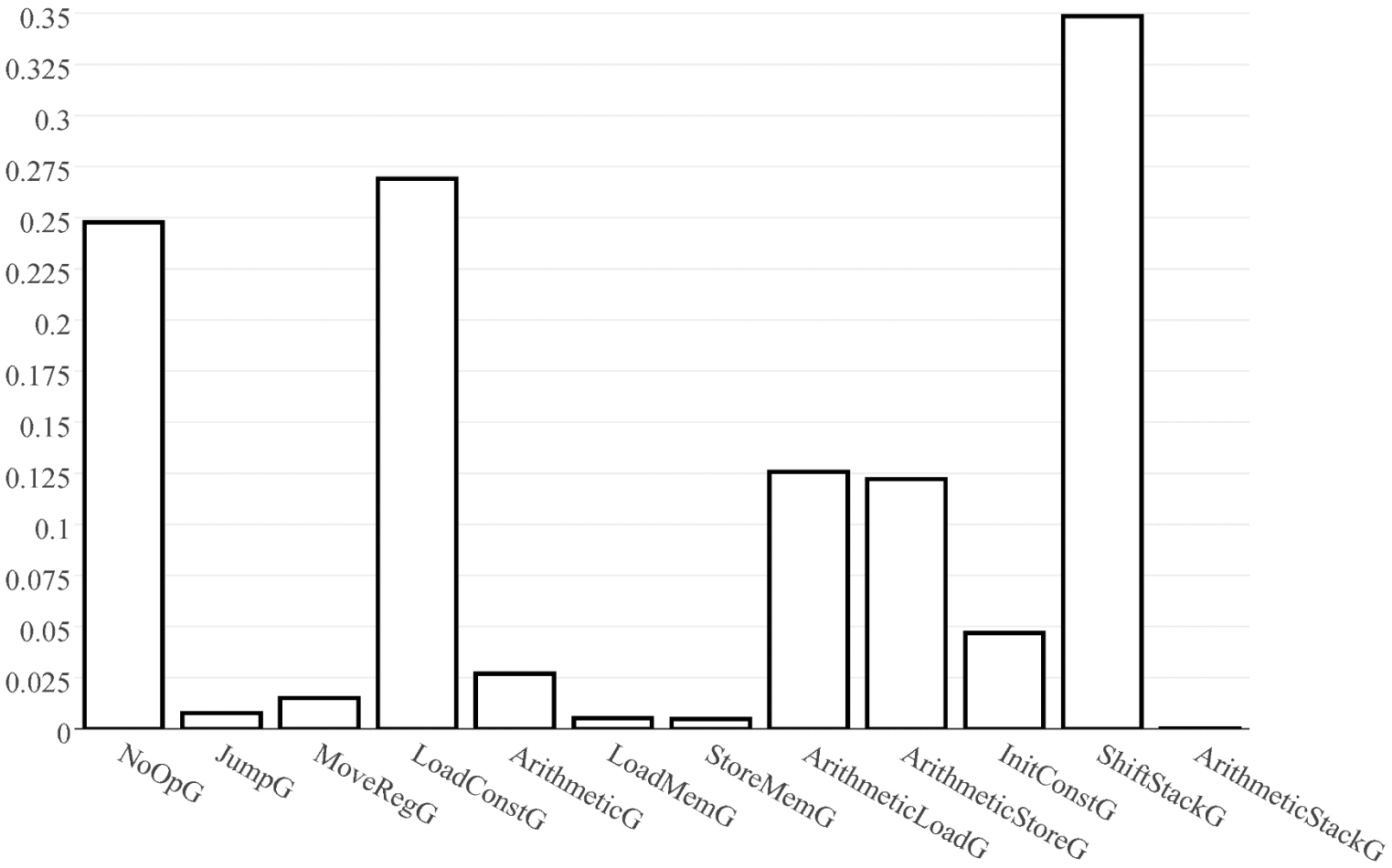
Метод классификации

- Классификация производится на основе анализа эффектов выполнения гаджета на конкретных входных данных
- Инструкции гаджета транслируются в промежуточное представление
- Запускается процесс интерпретации промежуточного представления
  - Отслеживаются обращения к регистрам и памяти
  - Начальные значения регистров и областей памяти генерируются случайным образом
  - Результатом интерпретации будут начальные и конечные значения регистров и памяти

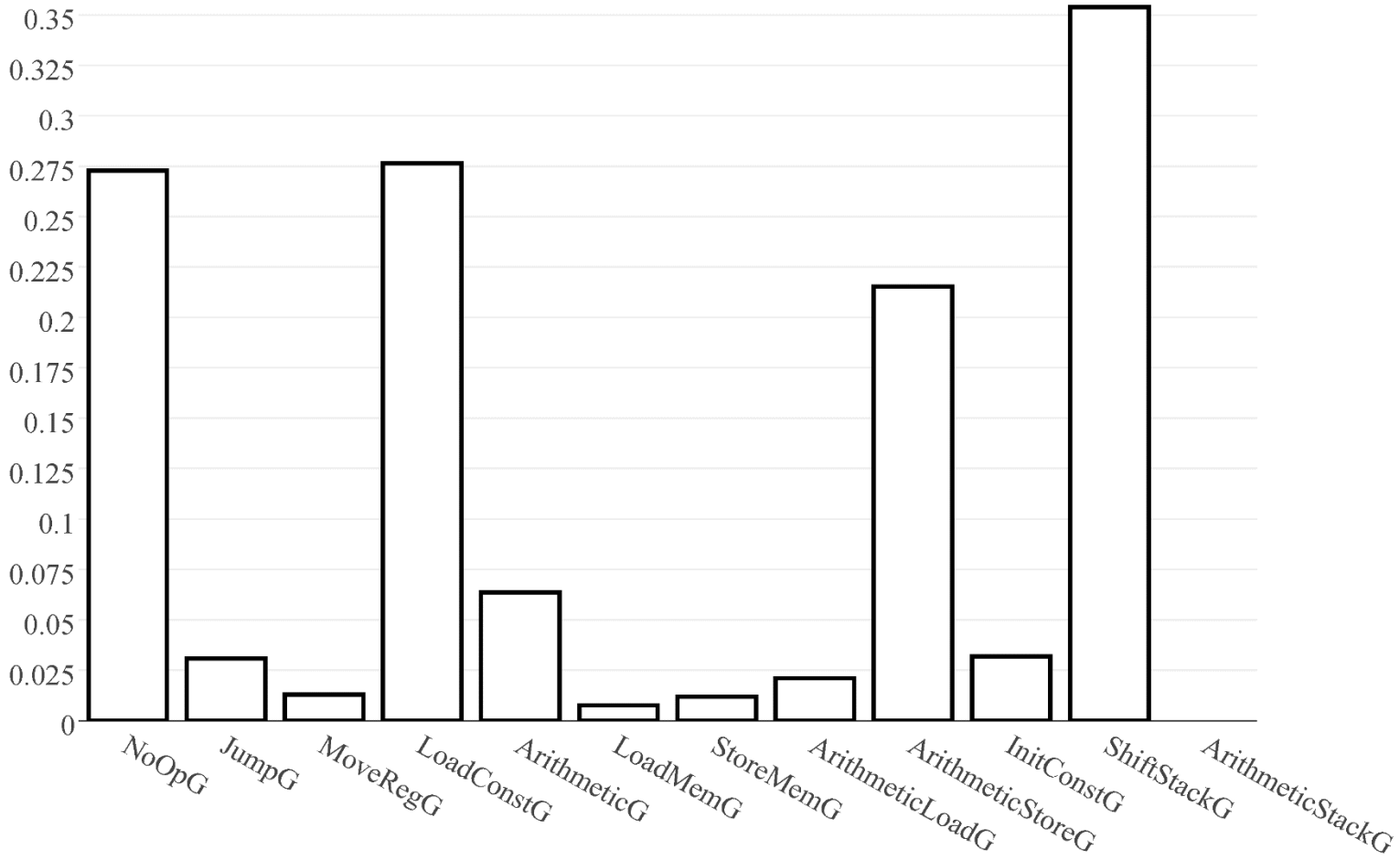
Метод классификации

- На основе полученных значений делается вывод о возможной принадлежности гаджета тому или иному типу
- В результате анализа составляется список всех удовлетворяющих гаджету типов и их параметров (список кандидатов)
- Производится еще несколько запусков процесса интерпретации с различными входными данными, в результате которых из списка кандидатов удаляются ошибочно определенные типы

Статистика по типам гаджетов (x86)



Статистика по типам гаджетов (x86-64)



Результаты

- Реализован алгоритм классификации гаджетов
  - Поддерживемые архитектуры: x86, x86-64
  - Поддерживаемые форматы исполняемых файлов: elf32, elf64, PE32, PE32+
- На основе результатов классификации гаджетов, найденных в программе zsnes была получена работоспособная ROP-цепочка
  - Работает в условии одновременного функционирования защит DEP и ASLR
- Произведена оценка эффективности инструмента ИСП ОБФУСКАТОР
  - Адреса 99.6% классифицированных гаджетов изменились после обфускации

Спасибо за внимание