

软件调试

Mod233

July 14, 2018

Abstract

走了很久很久了，终于与软件调试和漏洞挖掘相遇了，并不能说自己多么喜爱漏洞攻击，只是觉得这个一个安全人必须掌握的技能吧。

随着对调试、操作系统一点点的深入学习，我是多么惶恐，多么害怕，原来自己对计算机，对这个世界，对学术及工程，这些东西的理解是那么的肤浅，那么的幼稚。请赐给我更多的时间，更聪慧的大脑，更虔诚的态度去学习吧。

Contents

1	GDB	2
1.1	GDB 配置	2
1.2	GDB 基本命令	4
1.3	GDB 断点命令	7
1.4	GDB 调试内存	8
2	Stack	8
2.1	Stack 与函数调用	9
3	Heap	16
4	Core	16
4.1	Core 配置	16
4.2	Core 调试	18
5	绘制图表	22

6	幻灯片演示	22
7	从错误中救赎	22
8	问题探骊	22
8.1	动态链接库	22
8.2	Stack 相关	22
8.3	Heap	22

1 GDB

这个章节主要讲下 GDB 插件的配置，及 GDB 中，设置断点、堆栈查看、代码查看等命令的使用。

1.1 GDB 配置

GDB 的配置需要很多东西，主要是一些栈和堆状态分析的插件，这里就我目前已有的内容，做一些整理。首先列举下需要的插件：*gef*, *gdbinit*, *peda* .

GDB 在运行前，会首先检查主目录下的 *.gdbinit* 文件读取配置信息，然后在运行，所以将添加的插件的运行脚本路径放在 *.gdbinit* 中即可。

```

1  [] ~ ls -a
2  [] ~ git clone https://github.com/hugsy/gef.git ~/.
    gdbplugins/gef
3  [] ~ echo source `pwd`/..gdbplugins/gef/gef.py >>~/.gdbinit
4  [] ~ git clone https://github.com/longld/peda.git ~/.
    gdbplugins/peda
5  [] ~ echo source `pwd`/..gdbplugins/peda/peda.py >>~/.
    gdbinit
6  [] ~ git clone https://github.com/gdbinit/Gdbinit.git ~/.
    gdbplugins/Gdbinit
7  [] ~ echo source `pwd`/..gdbplugins/Gdbinit/gdbinit >>~/.
    gdbinit
8  [] ~

```

安装完成后，进入 GDB：

```

1  [] ~ gdb
2  GNU gdb (Ubuntu 7.11.1-0ubuntu1~16.5) 7.11.1
3  Copyright (C) 2016 Free Software Foundation, Inc.
4  ...SNIP...
5  [*] 8 commands could not be loaded, run `gef missing` to
    know why.
6  gef[] gef missing
7  [*] Command `ropper` is missing, reason [] Missing `
    ropper` package for Python3, install with: `pip3
    install ropper`.
8  [*] Command `unicorn-emulate` is missing, reason []
    Missing `unicorn` package for Python3. Install with `
    pip3 install unicorn`.
9  [*] Command `capstone-disassemble` is missing, reason []
    Missing `capstone` package for Python3. Install with `
    pip3 install capstone`.
10 [*] Command `set-permission` is missing, reason []
    Missing `keystone-engine` package for Python3, install
    with: `pip3 install keystone-engine`.
11 [*] Command `assemble` is missing, reason [] Missing `
    keystone-engine` package for Python3, install with: `
    pip3 install keystone-engine`.

```

可能还会出现别的 python3 包缺失的情况，如果利用 pip 能完成安装最好，不行的就需要手动安装了，手动测试了下还是比较顺利的：

```

1  [] .gdbplugins git clone https://github.com/unicorn-engine
    /unicorn.git
2  [] .gdbplugins cd unicorn/bindings/python
3  [] python git:(master) ls
4  build          sample_all.sh          sample_mips.py
                    shellcode.py
5  dist           sample_arm64eb.py      sample_network_auditing.py
                    unicorn
6  Makefile       sample_arm64.py          sample_sparc.py
                    unicorn.egg-info
7  MANIFEST.in   sample_armeb.py          sample_x86.py
8  prebuilt      sample_arm.py           setup.cfg
9  README.TXT    sample_m68k.py          setup.py
10 [] python git:(master) sudo python3 setup.py install

```

1.2 GDB 基本命令

GDB 调试的过程中一定要以具体的代码，不断在实践中学习各种命令。首先是 *start* 和 *run* 命令：

```
1  [ factorial-test git:(master) ] g++ -g -o factorial
   factorial.c
2  [ factorial-test git:(master) ] ls
   factorial factorial.c
3  [ factorial-test git:(master) ] gdb factorial
4  ...SNIP...
5  (gdb) run 1
6  Starting program: /home/csober/Documents/Github/gdb-test/
   cpp-file/factorial-test/factorial 1
7  factorial 1 = 1
8  [Inferior 1 (process 8533) exited normally]
9  (gdb) run 2
10 Starting program: /home/csober/Documents/Github/gdb-test/
   cpp-file/factorial-test/factorial 2
11 factorial 2 = 2
12
```

当程序中出现错误后，GDB 中也会提示错误出现的位置，并且可以使用 *backtrace* 回溯函数调用过程，虽然，gdb 没有说为什么程序崩溃，但一般标注在函数头，都是子函数调用引起的错误，可以使用 *backtrace* 来查看活动函数递归调用的栈帧结果。

一般情况下，栈帧由返回地址、函数的参数及局部变量组成。利用 *backtrace* 追踪的时候，从当前停止或暂停的最顶部函数开始，向下直到 *main()* 函数：

```
1  (gdb) run -1
2  Starting program: /home/csober/Documents/Github/gdb-test/
   cpp-file/factorial-test/factorial -1
3
4  Program received signal SIGSEGV, Segmentation fault.
5  0x00000000004005fe in factorial (
6      n=<error reading variable: Cannot access memory at
   address 0x7ffff7fefec>) at factorial.c:3
```

```

7 3   int factorial(int n){
8
9  (gdb) backtrace
10 #0  0x00000000004005fe in factorial (
11     n=<error reading variable: Cannot access memory at
        address 0x7fffffff7fefec>) at factorial.c:3
12 #1  0x0000000000400622 in factorial (n=-174641) at
        factorial.c:6
13 #2  0x0000000000400622 in factorial (n=-174640) at
        factorial.c:6
14 ...SNIP...
15 #174639 0x0000000000400622 in factorial (n=-3) at
        factorial.c:6
16 #174640 0x0000000000400622 in factorial (n=-2) at
        factorial.c:6
17 #174641 0x0000000000400622 in factorial (n=-1) at
        factorial.c:6
18 #174642 0x0000000000400688 in main (argc=2, argv=0
        x7fffffffda48) at factorial.c:16

```

像上面，如果由于频繁子函数调用引起的栈溢出，可以使用 `backtrace -num` 从内向外打印指定层数的栈结构：

```

1 (gdb) backtrace -5
2 #174638 0x0000000000400622 in factorial (n=-4) at
        factorial.c:6
3 #174639 0x0000000000400622 in factorial (n=-3) at
        factorial.c:6
4 #174640 0x0000000000400622 in factorial (n=-2) at
        factorial.c:6
5 #174641 0x0000000000400622 in factorial (n=-1) at
        factorial.c:6
6 #174642 0x0000000000400688 in main (argc=2, argv=0
        x7fffffffda48) at factorial.c:16

```

如果需要输出执行过程中某个变量的值，可以使用 `print` 命令，如果想长期追踪某个变量的值，可以使用 `display` 命令：

```

1 (gdb) list
2 1   #include <stdio>
3 2   #include <stdlib>

```

```

4 3   int factorial(int n){
5 4       int result = 1;
6 5       if(n==0) return 1;
7 6       result=factorial(n-1)*n;
8 7       return result;
9 8   }
10 9   int main(int argc,const char*argv[]){
11 10       int n, result;
12 (gdb) backtrace
13 #0  factorial (n=-1) at factorial.c:4
14 #1  0x0000000000400688 in main (argc=2, argv=0
    x7fffffffda48) at factorial.c:16
15 (gdb) print n
16 $1 = -1
17 (gdb) display n
18 3: n = -10
19 (gdb) si
20 0x000000000040061d   6       result=factorial(n-1)*n;
21 3: n = -10
22 (gdb) si
23 factorial (n=0) at factorial.c:3
24 3   int factorial(int n){
25 3: n = 0

```

`display` 命令还有种重要的用法是 `display /i $pc` 显示下一行要执行的汇编代码，这在调试二进制文件中非常有用：

```

1 (gdb) display /i $pc
2 4: x/i $pc
3 => 0x4005f6 <factorial(int)>:  push    %rbp
4 (gdb) si
5 0x00000000004005f7   3   int factorial(int n){
6 3: n = 0
7 4: x/i $pc
8 => 0x4005f7 <factorial(int)+1>:  mov     %rsp,%rbp
9 (gdb) si
10 0x00000000004005fa   3   int factorial(int n){
11 3: n = 0
12 4: x/i $pc
13 => 0x4005fa <factorial(int)+4>:  sub     $0x20,%rsp

```

```

14 (gdb) si
15 0x0000000000004005fe 3 int factorial(int n){
16 3: n = 0
17 4: x/i $pc
18 => 0x4005fe <factorial(int)+8>: mov %edi,-0x14(%rbp)
19
20 # 如果需要删除某个 display
21 (gdb) undisplay 3
22 (gdb) undisplay 4

```

还有一个重要的命令是 *x(examine)*，用来检查输出特定内存单位的值，命令格式为 *x/nfu addr*；

n 指明需要连续检测多少单位；*f* 指明输出的格式：('x' , 'd' , 'u' , 'o' , 't' , 'a' , 'c' , 'f' , 's')，其中 'i' 代表 machine instruction，'x' (hexadecimal) 代表以十六进制输出；

u 指明单位字节大小：b(Bytes)，h(Halfwords two bytes)，w(Words four bytes)，g(Giant words eight bytes)

addr 指明地址位置。

```

1 gef  x/8xb 0x7fffffff990
2 0x7fffffff990: 0x11 0x00 0x00 0x00 0x00 0
   x00 0x00 0x00
3 gef  x/8xb $rbp-0x24
4 0x7fffffff99c: 0x01 0x00 0x00 0x00 0x00 0
   x00 0x00 0x00

```

1.3 GDB 断点命令

GDB 中设置断点是最需要掌握的功能，这里我以 C 程序断点、地址断点、条件断点，分别举例：

```

1 gef  break m
2 gef  break *0x4005a6
3 Breakpoint 1 at 0x4005a6: file first_fist.cpp, line 3.

```

1.4 GDB 调试内存

程序个别情况下的崩溃在于内存的使用，比如内存泄露、错误访问。内存的剖析工具有多种。最简单的是 `top` 命令，`top` 命令非常易于实现，但当自己需要添加插装代码和做手工分析的时候需要当量工作，特别是当程序中有很多不同模块使用动态内存的时候。

大部分的内存剖析工具，主要通过监视 `malloc()`/`new` 在堆上分配的动态内存，因此大部分也被称为堆剖析工具 (heap profiler)，该类工具会记录动态内存分配的时间、由谁分配、大小以及何时由谁释放。在程序结束后，还会输出图标和日志文件，展示内存使用的细节，并使得内存更容易分配给最大的内存使用者。

常见的工具有：AQtime (Windows)、Massif (Linux)，下面详细介绍 Massif。作为 Valgrind 工具套件的一部分，非常易于使用，并且能够生成内存使用报告，供对应的可视化软件 (Massif-Visualizer) 分析：

```
1  [] malloc-test git:(master) [] valgrind --tool=massif ./
   malloc i 100000 8
2  ==9726== Massif, a heap profiler
3  ==9726== Copyright (C) 2003-2015, and GNU GPL'd, by
   Nicholas Nethercote
4  ==9726== Using Valgrind-3.11.0 and LibVEX; rerun with -h
   for copyright info
5  ==9726== Command: ./malloc i 100000 8
6  ==9726==
7  before malloc: hit return to continue
8  [] malloc-test git:(master) [] ls
9  fflush.cpp  malloc  malloc.cpp  massif.out.9726
```

2 Stack

Stack 是程序中一段重要的内存空间，在进程运行时就被创建。Stack 主要被用来存储函数的局部变量、环境变量，环境变量主要是能够帮助程序在各个函数间跳转的地址，像 `rbp`, `rsp` 等。

Stack 是程序运行过程非常核心的部分，主要是由 `rsp`(栈顶 TOP) 和 `rbp`(栈底 BASE) 两个寄存器管理的，涉及到的操作是 PUSH(压栈) 和 POP(弹栈)；每执行一次压栈操作后，`rsp` 值就减少一定值 (在我 64 位的操作系统中是减 8)，每执行一次弹栈操作后，`rsp` 的值就增加一定值。

2.1 Stack 与函数调用

为了尽可能完整的展示函数的调用过程，我使用下面的 c 代码进行分析：

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <string.h>
3  void test(int a1,int a2,int a3,int a4,int a5,int a6,int
    a7,int a8,int a9,int a10,int a11,int a12,int a13,int
    a14,int a15,int a16,int a17,int a18){
4      char str[10];
5      memcpy(str,
        "abcdefghijklmnopqrstuvw\
6 yz1234567890987654321\
7 ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTU\
8 VWXYZSUCHANICEDAYYESA\
9 BOYCANDOEVERYTHINGFORAGIRL ",40);
10     int a=2;
11     a++;
12     printf("%d\n",a);
13 }
14 int main(int argc,const char*argv[]){
15     test(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18);
16     return 0;
17 }
```

在函数调用的过程中，一般先将参数压栈，然后将子函数运行完后的返回地址压栈，然后调用 call 指令，执行子函数，具体看如下代码：

1		0x0040067c	pushq \$0x12 ; .//
		first_fist.c:11 ; 18	
2		0x0040067e	pushq \$0x11 ; 17
3		0x00400680	pushq \$0x10 ; 16
4		0x00400682	pushq \$0xf ; 15
5		0x00400684	pushq \$0xe ; 14
6		0x00400686	pushq \$0xd ; 13
7		0x00400688	pushq \$0xc ; 12
8		0x0040068a	pushq \$0xb ; 11
9		0x0040068c	pushq \$0xa ; 10
10		0x0040068e	pushq \$9 ; 9

```

11 |             0x00400690            pushq $8 ; 8
12 |             0x00400692            pushq $7 ; 7
13 |             0x00400694            movl $6, %r9d
14 |             0x0040069a            movl $5, %r8d
15 |             0x004006a0            movl $4, %ecx
16 |             0x004006a5            movl $3, %edx
17 |             0x004006aa            movl $2, %esi
18 |             0x004006af            movl $1, %edi
19 |             0x004006b4            callq sym.test
20 |             0x004006b9            addq $0x60, %rsp ; ''
21 |             0x004006bd            movl $0, %eax ; ./
    | first_fist.c:12
22 |             0x004006c2            leave ; ./first_fist.c
    | :13
23 |             0x004006c3            retq

```

上面的代码有几个细节值得关注：1. 子函数的参数，一般由 edi, esi, edx, ecx 等六个寄存器存储，当参数超过六个后，再由 push 指令压入栈空间中。2. callq 指令是由 push eip; jmp addr 两条指令组合在一起的。

下面具体看下进行了 jump 跳转后，指令的执行情况：

```

1 | / (fcn) sym.test 119
2 | |   sym.test ();
3 | |       ; var int local_48h @ rbp-0x48
4 | |       ; var int local_44h @ rbp-0x44
5 | |       ; var int local_40h @ rbp-0x40
6 | |       ; var int local_3ch @ rbp-0x3c
7 | |       ; var int local_38h @ rbp-0x38
8 | |       ; var int local_34h @ rbp-0x34
9 | |       ; var int local_24h @ rbp-0x24
10 | |      ; var int local_20h @ rbp-0x20
11 | |      ; var int local_8h @ rbp-0x8
12 | |      0x004005f6            pushq %rbp ; ./
    | first_fist.c:3
13 | |      0x004005f7            movq %rsp, %rbp
14 | |      0x004005fa            subq $0x50, %rsp ; 'P'
15 | |      0x004005fe            movl %edi, local_34h
16 | |      0x00400601            movl %esi, local_38h
17 | |      0x00400604            movl %edx, local_3ch
18 | |      0x00400607            movl %ecx, local_40h

```

```

19 |             0x0040060a             movl %r8d, local_44h
20 |             0x0040060e             movl %r9d, local_48h
21 |             0x00400612             movq %fs:0x28, %rax ; [0
    x28:8]=-1 ; '(' ; 40
22 |             0x0040061b             movq %rax, local_8h
23 |             0x0040061f             xorl %eax, %eax
24 |             0x00400621             leaq local_20h, %rax ;
    .//first_fist.c:5
25 |             0x00400625             movl $0x28, %edx ; '(' ;
    40
26 |             0x0040062a             movl $str.
    abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890987
27 | 654321ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZSUCHANICEDAYYESABOYCAND
28 | OEVERYTHINGFORAGIRL, %esi ; 0x400758 ;
29 | "abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890987654321ABCDEFGH
30 | IJKLMNOPQRSTUVWXYZSUCHANICEDAYYESABOYCANDOEVERYTHINGFORAGIRL
    "
31 |             0x0040062f             movq %rax, %rdi
32 |             0x00400632             callq sym.imp.memcpy ;
    void *memcpy(void *s1, const void *s2, size_t n)
33 |             0x00400637             movl $2, local_24h ; .//
    first_fist.c:6
34 |             0x0040063e             addl $1, local_24h ; .//
    first_fist.c:7
35 |             0x00400642             movl local_24h, %eax ;
    .//first_fist.c:8
36 |             0x00400645             movl %eax, %esi
37 |             0x00400647             movl $0x4007ca, %edi
38 |             0x0040064c             movl $0, %eax
39 |             0x00400651             callq sym.imp.printf ;
    int printf(const char *format)
40 |             0x00400656             nop ; .//first_fist.c:9
41 |             0x00400657             movq local_8h, %rax
42 |             0x0040065b             xorq %fs:0x28, %rax
43 |             ,=< 0x00400664             je 0x40066b
44 |             | 0x00400666             callq sym.imp.
    __stack_chk_fail ; void __stack_chk_fail(void)
45 |             `-> 0x0040066b             leave
46 |             \ 0x0040066c             retq

```

从上面的代码中，也能得到许多重要的提示：

1. 执行完 `call` 命令后，子函数首先要将当前 `rbp` 寄存器值压栈。
2. 将 `rbp` 压栈后，对 `rbp` 赋新值，并将 `rsp` 减去一定值，抬高栈空间，这个数值是依据子函数所需求的内存来定的。
3. 对刚才通过 `edi` 等寄存器存储的参数，会存储到新开辟的栈空间中。
4. `ret` 指令与 `call` 指令对应，实际是 `pop rip`，然后 `rip` 执行下一条指令。

下面检测栈空间的情况：

```
1 0x00007fffffffddac0|+0x00: 0x00007fffffffdb40  0
    x00000000004006d0  <__libc_csu_init+0> push r15
    $rsp, $rbp
2 0x00007fffffffddac8|+0x08: 0x00000000004006b9  <main+76>
    add rsp, 0x60
3 0x00007fffffffddad0|+0x10: 0x0000000000000007
4 0x00007fffffffddad8|+0x18: 0x0000000000000008
5 0x00007fffffffddae0|+0x20: 0x0000000000000009
6 0x00007fffffffddae8|+0x28: 0x000000000000000a
7 0x00007fffffffddaf0|+0x30: 0x000000000000000b
8 0x00007fffffffddaf8|+0x38: 0x000000000000000c
```

可以看到，栈空间中 `0x00007fffffffddad0-0x00007fffffffddaf8` 都是通过 `push` 指令压栈的参数，`0x00007fffffffddac8` 位置存储是返回地址（即 `test` 函数执行完后的下一条指令）

今天在尝试栈溢出来覆盖返回地址的实验时，发现始终不能实现，在执行了 `test:memcpy` 函数后，指令直接返回了 `main` 函数当中，和学长的讨论中发现是由于 `stack-guard check` 的原因，可以从子函数的汇编代码中看到这样几条指令：

```
1 |          0x00400612          movq %fs:0x28, %rax ; [0
    x28:8]=-1 ; '(' ; 40
2 |          0x0040061b          movq %rax, local_8h
3 |          0x0040061f          xorl %eax, %eax
4 | ...SNIP...
5 |          ,=< 0x00400664          je 0x40066b
6 |          | 0x00400666          callq sym.imp.
    __stack_chk_fail ; void __stack_chk_fail(void)
7 |          `-> 0x0040066b          leave
```

%fs:0x28 指向的是一个特殊地址, 存储 ??????

说明了 Stack 与子函数调用后, 还想分享下今天尝试写 shellcode 遇到一些问题, 测试的代码为:

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <string.h>
3 void test(){
4     char str[10];
5     scanf("%s",&str);
6     printf("%s\n",str);
7 }
8 int main(int argc,const char*argv[]){
9     test();
10    return 0;
11 }
```

为了方便调试, 编译的时候使用 -g 加入的调试信息, 并关闭了 Stack-guard:

```
1 □ first_fist g++ -g scanf.c -fno-stack-protector -o scanf
   -nsp
```

输入数据为: 123456789a123456789b123456789c123456789d, 目的是想通过规则的数据来定位 rip, 通过内存检查, 得到内存的布局为:

```
1 0x00007fffffffdd970|+0x00: 0x0000000000000000 □ $rsp,
   $rsi
2 0x00007fffffffdd978|+0x08: 0x0000000000000000
3 0x00007fffffffdd980|+0x10: 0x00007fffffffdd9a0 □ 0
   x0000000000004005b0 □ <__libc_csu_init+0> push r15
   □ $rbp
4 0x00007fffffffdd988|+0x18: 0x0000000000004005a7 □ <main+20>
   mov eax, 0x0
5 0x00007fffffffdd990|+0x20: 0x00007fffffffdda88 □ 0
   x00007fffffffdddeb9 □ "/home/csober/Documents/Github/
   how2stack/first_fist[...]"
6
7 ...SNIP...
8
9 0x00007fffffffdd970|+0x00: "123456789
   a123456789b123456789c123456789d" □ $rsp
```

```

10 0x00007fffffff978|+0x08: "9
    a123456789b123456789c123456789d"
11 0x00007fffffff980|+0x10: "789b123456789c123456789d"
    $rbp
12 0x00007fffffff988|+0x18: "56789c123456789d"
13 0x00007fffffff990|+0x20: "3456789d"
14 0x00007fffffff998|+0x28: 0x0000000100000000
15 0x00007fffffff9a0|+0x30: 0x0000000004005b0 <
    __libc_csu_init+0> push r15
16 0x00007fffffff9a8|+0x38: 0x00007ffff7a2d830 <
    __libc_start_main+240> mov edi, eax
17
18
19 ...SNIP...
20
21 gef x /10xg 0x00007fffffff960
22 0x7fffffff960: 0x000000000400470 0x000000000400590
23 0x7fffffff970: 0x3837363534333231 0x3635343332316139
24 0x7fffffff980: 0x3433323162393837 0x3231633938373635
25 0x7fffffff990: 0x6439383736353433 0x0000000100000000
26 0x7fffffff9a0: 0x0000000004005b0 0x00007ffff7a2d830

```

从中可以看出，栈顶的位置为 0x7fffffff970，当 scanf 读入数据后，返回地址和 rbp 都被覆盖了，但将 0x7fffffff970-0x7fffffff990 地址段转换成 ASCII 码后，难以得到直观的存储结果：

```

1 0x7fffffff970: 8 7 6 5 4 3 2 1 — 6 5 4 3 2 1 a 9
2 0x7fffffff980: 4 3 2 1 b 9 8 7 — 2 1 c 9 8 7 6 5
3 0x7fffffff990: d 9 8 7 6 5 4 3

```

多方询问后，对结果解释如下：

1. 64 位操作系统每次处理 64 位数据，从字节上体现的就是每次处理 8 个字节。

2. x86_64 架构采用的是小端字节序，所以存储起来刚好相反。

在这里要区分，指令 push, pop 对 rsp 进行操作时，与一般情况是反的，但数据存入内存中时，还是从低地址向高地址存储的。

为了直观完成返回地址覆盖的实验，我使用下面程序进行调试：

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <string.h>

```

```

3 void test(){
4     char str[10];
5     scanf("%s",&str);
6     printf("%s\n",str);
7 }
8 int main(int argc,const char*argv[]){
9     test();
10    printf("finish_test\n");
11    printf("tmp\n");
12    printf("jump_here\n");
13    return 0;
14 }

```

构建 POC 为:

```

1 import os
2
3 def print_unvisible():
4     str = '12345678abcdefgh\x00\xd9\xff\xff\xff\x7f\x00\x00\xbb\x05\x40\x00\x00\x00\x00\x00'
5     print str
6
7 if __name__ == "__main__":
8     print_unvisible()

```

GDB 调试过程中, 重定向了 IO 流:

```

1 gef> run <input.txt
2 Starting program: /home/csober/Documents/Github/how2stack/first_fist/scanf-nsp <input.txt
3 12345678abcdefgh*****
4 jump here
5
6 Program received signal SIGBUS, Bus error.

```

最后提示 *Bus error*, 不知道具体原因, 但实现了返回地址的覆盖, 就暂时告一段落吧。

针对 GDB 调试重定向的问题, Github 中给出一个有用的插件: <https://github.com/Ovi3/pstdio>, 下次遇到必需的时候再来研究下。

3 Heap

Tor 爬虫有两种理解，一种是指利用 Tor 特性中 IP 动态调变的优势，以不同的 IP 动态爬取网页信息，而不会因为单个 IP 频发访问遭到屏蔽；另一种是通过 Tor 进入暗网，爬取暗网中的数据。

4 Core

这里的 Core 主要指的是程序运行过程意外退出，Linux 系统自动生成的调试文件，可以供开发者回溯程序崩溃的原因。这个章节就来讲解 Core Dumps 的配置，及利用 Core 文件对堆栈、函数调用做分析。

4.1 Core 配置

默认情况下，Core 配置是关闭的，因为 Core 文件会拖慢程序崩溃后重启的速度，并设计敏感信息。通过 `ulimit c` 命令和 `/proc/sys/kernel/core_pattern` 文件能够得到当前 core 文件的配置情况：

```
1 ❯ first_fist ulimit -c
2 0
3 ❯ first_fist cat /proc/sys/kernel/core_pattern
4 |/usr/share/apport/apport %p %s %c %d %P
```

下面先设置 core 文件大小，且将其以特定的命名规则存放在特定的文件目录中，在配置的时候可能会遇到权限不够，不能修改 `/proc/sys/kernel/core_pattern` 的情况，尤其是在 ubuntu 中，可以用 `sysctl` 命令来实现：

```
1 ❯ ~ ulimit -c unlimited
2 ❯ ~ sudo mkdir -p /var/cores
3 ❯ ~ sudo echo "/var/cores/core.%e.%p.%g.%t" > /proc/sys/
  kernel/core_pattern
4 zsh: permission denied: /proc/sys/kernel/core_pattern
5 ❯ ~ sudo sysctl -w kernel.core_pattern=/var/cores/core.%e
  .%p.%g.%t
6 [sudo] password for csober:
7 kernel.core_pattern = /var/cores/core.%e.%p.%g.%t
8 ❯ ~ cat /proc/sys/kernel/core_pattern
```



```
9 | /var/cores/core.%e.%p.%g.%t
```

如果之后想让 `core_pattern` 的设置永久生效,可以在 `/etc/sysctl.conf` 进行配置,具体配置之后再研究。特别说明下,ubuntu 上是依靠 `Appport` 实现 `core dump` 信息的存储的,所以对 `emph/proc/sys/kernel/core_pattern` 那步的配置不做,主要不知道具体怎么配置。配置好了 `core` 的 `size` 之后,检查是否能得到 `core dump` 文件:

```
1 | first_fist file core
2 | core: ELF 64-bit LSB core file x86-64, version 1 (SYSV),
   | SVR4-style, from './scanf-nsp'
3 | first_fist gdb scanf-nsp core
4 | ...SNIP...
5 | Reading symbols from scanf-nsp...done.
6 | [New LWP 17776]
7 | Core was generated by './scanf-nsp'.
8 | Program terminated with signal SIGBUS, Bus error.
9 | #0  main (argc=<error reading variable: Cannot access
   |     memory at address 0xf7fffffd99c>, argv=<error reading
   |     variable: Cannot access memory at address 0
   |     xf7fffffd990>) at scanf.c:14
10 | 14 }
```

最后的两句话给出了两点重要的提示,并且这些提示都是值得 Google 的:

1. 程序崩溃,并且系统发出了 `SIGBUS`, `Bus error` 的提示。
2. 程序不能访问位于 `0xf7fffffd99c` 地址空间内容,并且错误的函数的位置在 `scanf.c:14`。

有时会遇到和动态库有关的错误提示,可以结合 `dpkg` 包管理器来定位错误包,如下:

```
1 | warning: JITed object file architecture unknown is not
   | compatible with target architecture i386:x86-64.
2 | Core was generated by `python ./cachetop.py'.
3 | Program terminated with signal SIGSEGV, Segmentation fault
   | .
4 | #0  0x00007f0a37aac40d in doupdate () from /lib/x86_64-
   |     linux-gnu/libncursesw.so.5
5 | # dpkg -l | grep libncursesw
6 | ii  libncursesw5:amd64                                6.0+20160213-1
```

```

7      ubuntu1                                amd64
      shared libraries for terminal handling (wide
      character support)

```

4.2 Core 调试

完成了 core 的配置，并通过 GDB 进入后，下一步就是要提取 core 中的信息来查看程序崩溃时堆栈、函数调用的情况了，下面的例子我选用的都是别人的输出，因为别人选择的 core 报警相对复杂，可以看到更复杂的输出，一般步骤为：

1. 利用 `backtrace` 命令回溯系统栈对函数的调用情况。

```

1 (gdb) bt
2 #0  0x00007f0a37aac40d in doupdate () from /lib/x86_64-
   linux-gnu/libncursesw.so.5
3 #1  0x00007f0a37aa07e6 in wrefresh () from /lib/x86_64-
   linux-gnu/libncursesw.so.5
4 #2  0x00007f0a37a99616 in ?? () from /lib/x86_64-linux-gnu
   /libncursesw.so.5
5 #3  0x00007f0a37a9a325 in wgetch () from /lib/x86_64-linux
   -gnu/libncursesw.so.5
6 #4  0x00007f0a37cc6ec3 in ?? () from /usr/lib/python2.7/
   lib-dynload/_curses.x86_64-linux-gnu.so
7 #5  0x0000000000004c4d5a in PyEval_EvalFrameEx ()
8 #6  0x0000000000004c2e05 in PyEval_EvalCodeEx ()
9 #7  0x0000000000004def08 in ?? ()
10 #8  0x0000000000004b1153 in PyObject_Call ()
11 #9  0x0000000000004c73ec in PyEval_EvalFrameEx ()
12 #10 0x0000000000004c2e05 in PyEval_EvalCodeEx ()
13 #11 0x0000000000004caf42 in PyEval_EvalFrameEx ()
14 #12 0x0000000000004c2e05 in PyEval_EvalCodeEx ()
15 #13 0x0000000000004c2ba9 in PyEval_EvalCode ()
16 #14 0x0000000000004f20ef in ?? ()
17 #15 0x0000000000004eca72 in PyRun_FileExFlags ()
18 #16 0x0000000000004eb1f1 in PyRun_SimpleFileExFlags ()
19 #17 0x00000000000049e18a in Py_Main ()
20 #18 0x00007f0a3be10830 in __libc_start_main (main=0x49daf0
   <main>, argc=2, argv=0x7ffd33d94838, init=<optimized
   out>, fini=<optimized out>, rtld_fini=<optimized out>,

```

```

21     stack_end=0x7ffd33d94828) at ../csu/libc-start.c:291
22 #19 0x000000000049da19 in _start ()

```

查看的函数栈的时候从下往上的顺序，如果中途出现“??”，一般是“symbol translation failed”。遇到这种情况时，可以找一些 gdb 的插件，或者在 gcc 编译的时候，保留符号信息（`-fno-omit-frame-pointer -g`）来修复这些问题。

具体看下上面的输出，从 frames 5 to 17 都是与 python 相关的调用，尽管不确定具体的 modules 调用情况，但基本的脉络为：`wgetch()->wrefresh()->doupdate()`，接下来就需要对栈中最顶层的 `doupdate()` 进行分析。

2. 利用 `disas func` 命令反汇编函数栈最上层函数。

```

1 (gdb) disas doupdate
2 Dump of assembler code for function doupdate:
3     0x00007f0a37aac2e0 <+0>:    push    %r15
4     0x00007f0a37aac2e2 <+2>:    push    %r14
5     0x00007f0a37aac2e4 <+4>:    push    %r13
6     0x00007f0a37aac2e6 <+6>:    push    %r12
7     0x00007f0a37aac2e8 <+8>:    push    %rbp
8     0x00007f0a37aac2e9 <+9>:    push    %rbx
9     0x00007f0a37aac2ea <+10>:   sub     $0xc8,%rsp
10    [...]
11    —Type <return> to continue, or q <return> to quit—
12    [...]
13     0x00007f0a37aac3f7 <+279>:  cmpb    $0x0,0x21(%rcx)
14     0x00007f0a37aac3fb <+283>:  je      0x7f0a37aacc3b <
        doupdate+2395>
15     0x00007f0a37aac401 <+289>:  mov     0x20cb68(%rip),%rax
        # 0x7f0a37cb8f70
16     0x00007f0a37aac408 <+296>:  mov     (%rax),%rsi
17     0x00007f0a37aac40b <+299>:  xor     %eax,%eax
18 =>  0x00007f0a37aac40d <+301>:  mov     0x10(%rsi),%rdi
19     0x00007f0a37aac411 <+305>:  cmpb    $0x0,0x1c(%rdi)
20     0x00007f0a37aac415 <+309>:  jne     0x7f0a37aac6f7 <
        doupdate+1047>
21     0x00007f0a37aac41b <+315>:  movswl  0x4(%rcx),%ecx
22     0x00007f0a37aac41f <+319>:  movswl  0x74(%rdx),%edi
23     0x00007f0a37aac423 <+323>:  mov     %rax,0x40(%rsp)
24    [...]

```

只输入 `disas` 命令也会默认的反汇编栈帧中最顶层的函数。标示”=>“代表出错执行的指令。根据这条指令，可以将错误定位到寄存器，下面查看寄存器的值即可。3. 利用 `info registers` 命令查看寄存器的值。

```

1 (gdb) i r
2 rax          0x0  0
3 rbx          0x1993060      26816608
4 rcx          0x19902a0      26804896
5 rdx          0x19ce7d0      27060176
6 rsi          0x0  0
7 rdi          0x19ce7d0      27060176
8 rbp          0x7f0a3848eb10   0x7f0a3848eb10 <SP>
9 rsp          0x7ffd33d93c00   0x7ffd33d93c00
10 r8           0x7f0a37cb93e0   139681862489056
11 r9           0x0  0
12 r10          0x8  8
13 r11          0x202      514
14 r12          0x0  0
15 r13          0x0  0
16 r14          0x7f0a3848eb10   139681870703376
17 r15          0x19ce7d0      27060176
18 rip          0x7f0a37aac40d   0x7f0a37aac40d <douupdate
    +301>
19 eflags       0x10246 [ PF ZF IF RF ]
20 cs           0x33  51
21 ss           0x2b  43
22 ds           0x0  0
23 es           0x0  0
24 fs           0x0  0
25 gs           0x0  0

```

可以看到，`%rsi` 的值为 0，很明显 0x0 不是一个有效的地址空间，出现了一种常见 `segfault: dereferencing an uninitialized or NULL pointer`。

4. 利用 `i proc m` 命令检查内存分配情况。

```

1 (gdb) i proc m
2 Mapped address spaces:
3
4

```

	Start Addr	End Addr	Size	Offset

	objfile			
5	0x400000	0x6e7000	0x2e7000	0x0
	/usr/bin/python2.7			
6	0x8e6000	0x8e8000	0x2000	0x2e6000
	/usr/bin/python2.7			
7	0x8e8000	0x95f000	0x77000	0x2e8000
	/usr/bin/python2.7			
8	0x7f0a37a8b000	0x7f0a37ab8000	0x2d000	0x0
	/lib/x86_64-linux-gnu/libncursesw.so.5.9			
9	0x7f0a37ab8000	0x7f0a37cb8000	0x200000	0x2d000
	/lib/x86_64-linux-gnu/libncursesw.so.5.9			
10	0x7f0a37cb8000	0x7f0a37cb9000	0x1000	0x2d000
	/lib/x86_64-linux-gnu/libncursesw.so.5.9			
11	0x7f0a37cb9000	0x7f0a37cba000	0x1000	0x2e000
	/lib/x86_64-linux-gnu/libncursesw.so.5.9			
12	0x7f0a37cba000	0x7f0a37ccd000	0x13000	0x0
	/usr/lib/python2.7/lib-dynload/_curses.x86_64-linux-gnu.so			
13	0x7f0a37ccd000	0x7f0a37ecc000	0x1ff000	0x13000
	/usr/lib/python2.7/lib-dynload/_curses.x86_64-linux-gnu.so			
14	0x7f0a37ecc000	0x7f0a37ecd000	0x1000	0x12000
	/usr/lib/python2.7/lib-dynload/_curses.x86_64-linux-gnu.so			
15	0x7f0a37ecd000	0x7f0a37ecf000	0x2000	0x13000
	/usr/lib/python2.7/lib-dynload/_curses.x86_64-linux-gnu.so			
16	0x7f0a38050000	0x7f0a38066000	0x16000	0x0
	/lib/x86_64-linux-gnu/libgcc_s.so.1			
17	0x7f0a38066000	0x7f0a38265000	0x1ff000	0x16000
	/lib/x86_64-linux-gnu/libgcc_s.so.1			
18	0x7f0a38265000	0x7f0a38266000	0x1000	0x15000
	/lib/x86_64-linux-gnu/libgcc_s.so.1			
19	0x7f0a38266000	0x7f0a3828b000	0x25000	0x0
	/lib/x86_64-linux-gnu/libtinfo.so.5.9			
20	0x7f0a3828b000	0x7f0a3848a000	0x1ff000	0x25000
	/lib/x86_64-linux-gnu/libtinfo.so.5.9			
21	[...]			

从地址空间的分配能看到, 0x400000-0x6e7000 是第一段有效内存空间,

低于这个范围的，都是无效的。上面%rsi 为 0x0，就明显是一个无效的地址空间。

在 ubuntu 上，与 core 相关的说明：<https://wiki.ubuntu.com/Apport>

5 绘制图表

6 幻灯片演示

7 从错误中救赎

8 问题探骊

这里是我在学习软件调试过程遇到的一些问题，有些解决了，有些没有解决，就全部记在这里，供学习完作为思考题。

8.1 动态链接库

1. 程序运行过程中，动态链接库是何时加载到内存空间中？
2. 动态链接库加载后，存储在内存空间中的哪里？
- 3.

8.2 Stack 相关

1. memcpy 引起栈溢出，为什么不会影响 memcpy 函数？
2. memcpy 函数为什么不需要对 rbp 进行保存？

8.3 Heap

1. malloc 申请了堆空间后，如何查看堆的位置？