Übungen zu Systemprogrammierung 1 (SP1)

B1 – Debugging

Jens Schedel, Christoph Erhardt, Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

SS 2015 – 04. bis 08. Mai 2015

https://www4.cs.fau.de/Lehre/SS15/V_SP1

Agenda

3.1 Linux-Install-Party der FSI
3.2 Haupteingang nach Walhall
3.3 gdb
3.4 Gelerntes anwenden

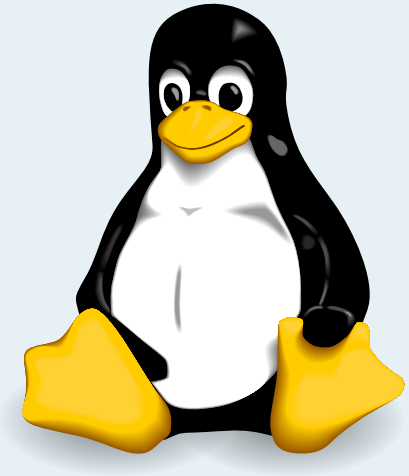
Agenda

3.1 Linux-Install-Party der FSI
3.2 Haupteingang nach Walhall
3.3 gdb
3.4 Gelerntes anwenden

Veranstaltungshinweis

Linux-Install-Party der FSI

- am Mittwoch, den 06.05.2015, um 14:00
- im 02.152-113 (Blaues Hochhaus, 2. Stock)
- weitere Informationen unter
  `https://fsi.informatik.uni-erlangen.de/linuxinstall`



Agenda

3.1 Linux-Install-Party der FSI
3.2 Haupteingang nach Walhall
3.3 gdb
3.4 Gelerntes anwenden

valgrind

- Baukasten von Debugging- und Profiling-Werkzeugen
- Für uns relevant: *memcheck*
  - Erkennt Speicherzugriff-Probleme:
    - Nutzung von nicht-initialisiertem Speicher
    - Zugriff auf freigegeben Speicher
    - Zugriff über das Ende von allozierten Speicherbereichen

valgrind

- Zugriffe auf nicht allozierten Speicher finden

```
=711= Invalid read of size 4
=711=    at 0x804841B: main (test.c:19)
=711= Address 0x0 is not stack'd, malloc'd or (recently) free'd
=711=
=711= Process terminating with default action of signal 11 (SIGSEGV)
=711= Access not within mapped region at address 0x0
```

- In Zeile 19 wird lesend auf die Adresse `0x0 zugegriffen`
- Der Prozess wird auf Grund einer Speicherzugriffsverletzung (`SIGSEGV`) beendet

```
=787= Invalid write of size 1
=787=    at 0x48DC9EC: memcpy (mc_replace_strmem.c:497)
=787=    by 0x80485A2: test_malloc (test.c:57)
=787=    by 0x80484A8: main (test.c:22)
=787=  Address 0x6d1f02d is 0 bytes after a block of size 5 alloc'd
```

- In Zeile 57 wird `memcpy` aufgerufen, welches ein Byte an eine *ungültige* Adresse schreibt

valgrind

- Auffinden von nicht freigegebenem Speicher

```
=787= HEAP SUMMARY:
=787=     in use at exit: 5 bytes in 1 blocks
=787=   total heap usage: 1 allocs, 0 frees, 5 bytes allocated
```

- Bei Programmende ist noch ein Speicherbereich (Block) belegt
- Während der Programmausführung wurde einmal `malloc()` und keinmal `free()` aufgerufen
- Mit Hilfe der Option `--leak-check=full --show-reachable=yes` wird angezeigt, wo der Speicher angelegt wurde, der nicht freigegeben wurde.

```
=799= 5 bytes in 1 blocks are definitely lost in loss record 1
=799=    at 0x48DAF50: malloc (vg_replace_malloc.c:236)
=799=    by 0x8048576: test_malloc (test.c:52)
=799=    by 0x80484A8: main (test.c:22)
```

  - In Zeile 52 wurde der Speicher angefordert
  - Im Quellcode Stellen identifizieren, an denen `free()`-Aufrufe fehlen

valgrind

Auffinden uninitialisierten Speichers

```
=799= Use of uninitialised value of size 4
=799=    at 0x4964316: _itoa_word (_itoa.c:195)
=799=    by 0x4967C59: vfprintf (vfprintf.c:1616)
=799=    by 0x496F3DF: printf (printf.c:35)
=799=    by 0x8048562: test_int (test.c:48)
=799=    by 0x8048484: main (test.c:15)
```

- In Zeile 48 wird auf uninitialisierten Speicher zugegriffen
- Mit Hilfe der Option `--track-origins=yes` wird angezeigt, wo der uninitialisierte Speicher angelegt wurde

```
=683= Use of uninitialised value of size 4
=683=    at 0x4964316: _itoa_word (_itoa.c:195)
=683=    by 0x4967C59: vfprintf (vfprintf.c:1616)
=683=    by 0x496F3DF: printf (printf.c:35)
=683=    by 0x8048562: test_int (test.c:48)
=683=    by 0x8048484: main (test.c:15)
=683=  Uninitialised value was created by a stack allocation
=683=    at 0x804846A: main (test.c:10)
```

valgrind

- Spezialfall: Zugriff auf uninitialisierten Speicher bei Bedingungsprüfungen

```
=683= Conditional jump or move depends on uninitialised value(s)
=683=    at 0x48DC0E7: __GI_strlen (mc_replace_strmem.c:284)
=683=    by 0x496886E: vfprintf (vfprintf.c:1617)
=683=    by 0x496F3DF: printf (printf.c:35)
=683=    by 0x8048562: test_int (test.c:48)
=683=    by 0x8048484: main (test.c:15)
```

Agenda

3.1 Linux-Install-Party der FSI
3.2 Haupteingang nach Walhall
3.3 gdb
3.4 Gelerntes anwenden

Debugger: gdb

- Ein Debugger dient zum Suchen und Finden von Fehlern in Programmen
- Im Debugger kann man u.a.
  - das Programm schrittweise abarbeiten
  - Variablen- und Speicherinhalte ansehen und modifizieren
  - core dumps (Speicherabbilder beim Programmabsturz) analysieren
    - Erlauben von core dumps (in der laufenden Shell): z. B. `limit coredumpsize 1024k` oder `limit coredumpsize unlimited`
- Programm sollte Debug-Symbole enthalten
  - mit GCC-Flag `-g` übersetzen
- Aufruf des Debuggers mit `gdb <Programmname>`

Beispiel

```
void initArray(long *array, unsigned int size) {
  int i;
  for ( i=0; i<=size; i++ ) {
    array[i] = 0;
  }
}

int main(int argc, char *argv[]) {
  long *array;
  long buf[7];
  array = buf;

  initArray(buf,sizeof(buf)/sizeof(long));

  while ( array != buf+sizeof(buf)/sizeof(long) ) {
    printf("%ld\n", *array);
    array++;
  }

  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Befehlsübersicht

- Programmausführung beeinflussen
  - Breakpoints setzen:
    - `b [<Dateiname>:]<Funktionsname>`
    - `b <Dateiname>:<Zeilennummer>`
  - Starten des Programms mit `run` (+ evtl. Befehlszeilenparameter)
  - Fortsetzen der Ausführung bis zum nächsten Stop mit `c` (continue)
  - schrittweise Abarbeitung auf Ebene der Quellsprache mit
    - `s` (step: läuft in Funktionen hinein)
    - `n` (next: behandelt Funktionsaufrufe als einzelne Anweisung)
  - Breakpoints anzeigen: `info breakpoints`
  - Breakpoint löschen: `delete breakpoint#`

Befehlsübersicht

- Variableninhalte anzeigen/modifizieren
  - Anzeigen von Variablen mit: `p expr`
    - `expr` ist ein C-Ausdruck, im einfachsten Fall der Name einer Variable
  - Automatische Anzeige von Variablen bei jedem Programmstopp (Breakpoint, Step, ...): `display expr`
  - Setzen von Variablenwerten mit `set <variablenname>=<wert>`
- Ausgabe des Funktionsaufruf-Stacks (backtrace): `bt`
- Quellcode an aktueller Position anzeigen: `list`
- Watchpoints: Stoppt Ausführung bei Zugriff auf eine bestimmte Variable
  - `watch expr`: Stoppt, wenn sich der Wert des C-Ausdrucks `expr` ändert
  - `rwatch expr`: Stoppt, wenn `expr` gelesen wird
  - `awatch expr`: Stopp bei jedem Zugriff (kombiniert `watch` und `rwatch`)
  - Anzeigen und Löschen analog zu den Breakpoints

Agenda

3.1 Linux-Install-Party der FSI
3.2 Haupteingang nach Walhall
3.3 gdb
3.4 Gelerntes anwenden

Aktive Mitarbeit erforderlich!

„Aufgabenstellung“

- Einfach verkettete Liste mit fifo-Semantik
  - `int insertVal(int val)`: Fügt den Wert `val` in die verkettete Liste ein. `val` darf nicht negativ sein.
  - `int removeVal()`: Entfernt den ältesten Wert aus der Liste und gibt diesen zurück. Ist die Liste leer, wird -1 zurückgeliefert.