Übungen zu Systemprogrammierung 1 (SP1)

VL 3 – Sortieren und Tooling

Jens Schedel, Christoph Erhardt, Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

WS 2012/13 – 05. November bis 09. November 2012

http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS12/V_SP1

Agenda

SVN-Apell

- Macht euch **frühzeitig** mit dem Bearbeitungs-/Abgabeprozess vertraut
  - Arbeiten von Beginn an in Projektverzeichnis
  - Zwischenstände einchecken
  - Zu Beginn testweise leere Dateien einchecken und abgeben
  - selbstverschuldet verspätete Abgaben werden nicht angenommen!
- **Hinweis:** Bei Verständnis-Problemen zu Subversion empfiehlt sich die Lektüre zumindest der ersten beiden Kapitel des SVN-Buches
  - `http://svnbook.red-bean.com/`

Abgabesystem: Team-Arbeit

- Gemeinsame Bearbeitung im Repository eines Teammitglieds
  - Repository-Eigentümer: *alice*
  - Partner (nutzt Repository von *alice*): *bob*
- Abgabe erfolgt ebenfalls im Repository des Eigentümers
  - es ist nur eine Abgabe erforderlich

Ablauf für den Repository-Eigentümer

- Partner wird für jede Team-Aufgabe separat festgelegt

```
> /proj/i4sp1/bin/set-partner aufgabe2 bob
```

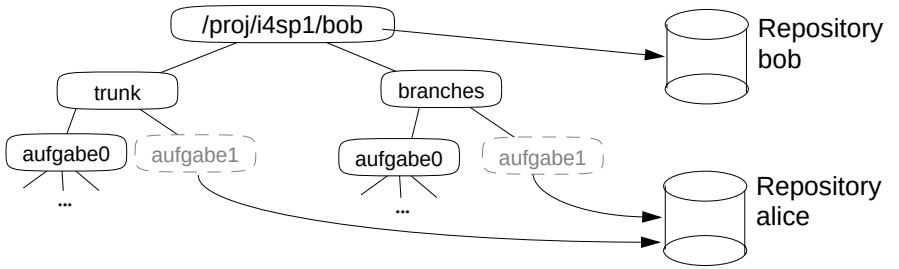
- Hintergrund
  - Erzeugung und Commit einer Textdatei `partner` in `trunk/aufgabe2`
  - diese Datei enthält den Login-Namen (*bob*) des Partners für diese Aufgabe
  - Partner erhält Zugruff auf die relevanten Teile des Repositorys
    - `trunk/aufgabe2`
    - `branches/aufgabe2`
- Abgabe funktioniert wie gewohnt

```
> /proj/i4sp1/bin/submit aufgabe2
```


Ablauf für den Partner

- Partner setzt in seinem Repository einen Verweis auf Hauptrepository

```
> /proj/i4sp1/bin/import-from-partner aufgabe2 alice
```



- Nach Ausführung des Skriptes `svn update` ausführen
- Achtung: Abgabe im eigenen Repository überlagert Partnerabgabe
  - zum Umstieg auf Teamarbeit eigene Abgabe löschen (Übungsleiter hilft)

Ablauf für den Partner

- Arbeit in der eigenen Arbeitskopie fest normal möglich
  - Der Befehl `svn commit` übermittelt nur Änderungen an das Repository das für den aktuellen Pfad zuständig ist

```
> svn status
X        aufgabe2
M        aufgabe2/wsort.c
> svn commit
# Es erfolgt kein Commit
> svn status
X        aufgabe2
M       aufgabe2/wsort.c
> cd aufgabe2
> svn commit -m bla
Committed revision 5.
```

- Abgabe funktioniert wie gewohnt

```
> /proj/i4sp1/bin/submit aufgabe2
```


Agenda

Fehlerbehandlung

- Fehler können aus unterschiedlichsten Gründen im Programm auftreten
  - Systemressourcen erschöpft: `malloc(3)` schlägt fehl
  - Fehlerhafte Benutzereingaben: `fopen(3)` schlägt fehl
  - Transiente Fehler: z.B. nicht erreichbarer Server
  - ...
- Gute Software **erkennt Fehler**, führt eine **angebrachte Behandlung** durch und gibt eine **aussagekräftige Fehlermeldung** aus
- Kann das Programm trotz des Fehlers sinnvoll weiterlaufen?
  - Beispiel 1: Benutzer gibt ungültige URL in den Browser ein
    - Fehlerbehandlung: Fehlermeldung anzeigen, Programm läuft weiter
  - Beispiel 2: Kopierprogramm: Öffnen der Quelldatei schlägt fehl
    - Fehlerbehandlung: Fehlermeldung anzeigen, Kopieren nicht möglich, Programm beenden

Fehlerbehandlung: Beendigung des Programms

- Tritt ein Fehler auf, der ein sinnvolles Weiterarbeiten verhindert, muss das Programm beendet werden (`exit(2)`) und einen Programmabbruch anzeigen.
- Signalisierung des Fehlers an Aufrufer des Programms über den Exitstatus
  - Exitstatus 0 zeigt erfolgreiche Programmausführung an
  - Werte ungleich 0 zeigen einen Fehler bei der Ausführung an
    - Die Bedeutung des entsprechenden Wertes ist nicht standardisiert
    - Manchmal enthält die Manpage Informationen über die Bedeutung des Exitstatus
- libc bietet vordefinierte Makros für den Exitstatus an:
  - `EXIT_SUCCESS`
  - `EXIT_FAILURE`
- Exitstatus des letzten Befehls ist in der Shell-Variable `$?` gespeichert

Erkennung und Ausgabe von Fehlern

- Fehler treten häufig in Funktionen der C-Bibliothek auf
  - erkennbar i.d.R. am Rückgabewert (Manpage, **RETURN VALUES**)
- Die Fehlerursache wird über die globale Variable `errno` übermittelt
  - Der Wert `errno=0` ist reserviert, alles andere ist ein Fehlercode
  - Bibliotheksfunktionen setzen `errno` im Fehlerfall (sonst nicht zwingend)
  - Bekanntmachung im Programm durch Einbinden von `errno.h`
- Fehlercodes als lesbare Strings ausgegeben mit `perror(3)`

```c
char *mem = malloc(...);      // malloc gibt im Fehlerfall
if(NULL == mem) {             // NULL zurück
    perror("malloc");         // Ausgabe der Fehlerursache
    exit(EXIT_FAILURE);       // Programm mit Fehlercode beenden
}
```

- `perror(3)` nur verwenden, wenn die `errno` gesetzt wurde
- sonst mit Hilfe von `fprintf(3)` eigene Fehlermeldung ausgeben

Agenda

Dynamische Speicherverwaltung – Teil 2

- Verändern der Größe von Feldern, die durch `malloc(3)` bzw. `calloc(3)` erzeugt wurden:

```
int* numbers = malloc( n*sizeof(int) );
if ( numbers == NULL ) { ... }
... // Speicherbedarf gestiegen
int* neu = realloc( numbers, (n+10) * sizeof(int));
if(neu == NULL) { ... free(numbers); ...}
numbers = neu;
```

  - Neuer Speicherbereich enthält die Daten des ursprünglichen Speicherbereichs (wird automatisch kopiert; aufwändig)
  - Sollte `realloc(3)` fehlschlagen, wird der ursprüngliche Speicherbereich nicht freigegeben
    - Explizite Freigabe mit `free(3)` notwendig.

Agenda

Generisches Sortieren mit qsort

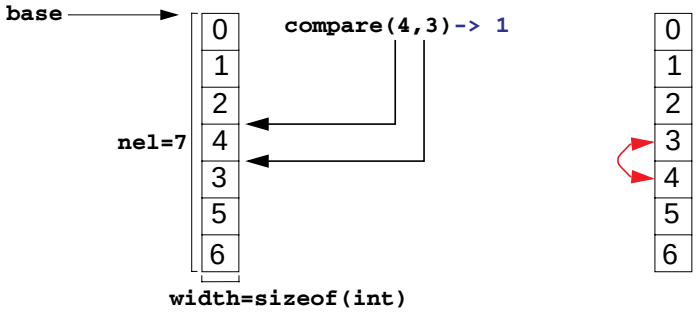
- Vergleich nahezu beliebiger Daten
  - alle Daten müssen die gleiche Größe haben
- `qsort` weiß nicht, was es sortiert (wie der Vergleich zu bewerkstelligen ist)
  - Aufrufer stellt Routine zum Vergleich zweier Elemente zur Verfügung
- Prototyp aus `stdlib.h`:

```
void qsort(void *base,
size_t nel,
size_t width,
int (*compare) (const void *, const void *));
```

  - `base`: Zeiger auf das erste Element des zu sortierenden Feldes
  - `nel`: Anzahl der Elemente im zu sortierenden Feld
  - `width`: Größe eines Elements
  - `compare`: Vergleichsfunktion

Arbeitsweise von qsort

- `qsort` vergleicht je zwei Elemente mit Hilfe der Vergleichsfunktion



  - Die Funktion vergleicht die beiden Elemente und liefert:

`< 0` falls Element 1 kleiner gewertet wird als Element 2
`0` falls Element 1 und Element 2 gleich gewertet werden
`> 0` falls Element 1 größer gewertet wird als Element 2

Vergleichsfunktion

- Die Vergleichsfunktion erhält Zeiger auf Feldelemente
  - Beispiel: Vergleichsfunktion für int

```
int intCompare(const int *, const int *);
```

    - `const`-Zusicherung: Funktion ändert die verglichenen Werte nicht
- `qsort(3)` kennt den tatsächlichen Datentyp nicht
  - Prototyp ist generisch mit void-Zeigern parametriert

```
void qsort(...,int (*compare) (const void *, const void *));
```

- Cast erforderlich
  - entweder innerhalb einer Funktion `wrapintCompare()`
  - oder bei der Übergabe des Funktionszeigers an `qsort(3)` (schöner!)

Agenda

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 allokierten Speicherbereichen

valgrind

- Zugriffe auf nicht allokierten 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 sind noch ein Speicherbereich (Blöcke) belegt
- Während der Programmausführung wurde einmal `malloc()` und kein mal `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

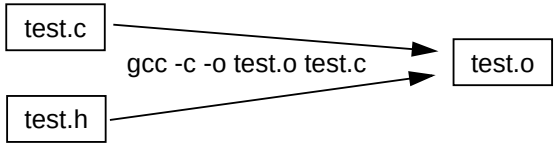
- Spezialfall: Zugriff auf uninitialisierten Speicher bei Bedingungsprüfungen

```
=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

Make – Teil 1

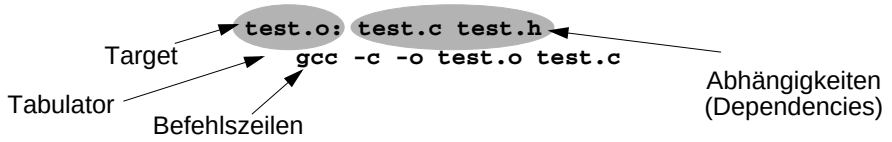
- Grundsätzlich: Erzeugung von Dateien aus anderen Dateien
  - für uns interessant: Erzeugung einer .o-Datei aus einer .c-Datei



- Ausführung von *Update*-Operationen (auf Basis der Modifikationszeit)

Funktionsweise

- Regeldatei mit dem Namen `Makefile`



  - Target (was wird erzeugt?)
    - erzeugt gleichnamige Datei
  - Abhänigigkeiten (woraus?)
    - kann auch ein Target sein
  - Befehlszeilen (wie?)
- zu erstellendes Target bei `make`-Aufruf angeben: `make test.o`
  - ohne Target-Abgabe bearbeitet `make` das erste Target im Makefile

Makros

- In einem Makefile können Makros definiert werden

```
SOURCE = test.c func.c
```

- Verwendung der Makros mit `$(NAME)` oder `${NAME}`

```
test: $(SOURCE)
  gcc -o test $(SOURCE)
```

- Erzeugung neuer Makros durch Konkatenation

```
ALLOBJS = $(OBJS) hallo.o
```

- Gängige Makros:
  - `CC` C-Compiler-Befehl
  - `CFLAGS` Optionen für den C-Compiler

Agenda

Aufgabe 2: wsort

- Lernziele
  - Gemeinsames Arbeiten mit SVN
  - Einlesen von der Standardeingabe (`stdin`)
  - Umgang mit dynamischer Speicherverwaltung (`realloc(3)`)
  - Verwendung von Debug-Werkzeugen
- Ausprobieren eures Programmes
  - Beispiel-Eingabedateien in `/proj/i4sp1/pub/aufgabe2`
  - Vergleichen der Ausgabe mit vorgegebenem Binary ($\longrightarrow$ Gelerntes Anwenden)

Agenda

Aktive Mitarbeit!

„Aufgabenstellung“

- Makefile zum Testen der Aufgabe 2 (wsort)
- `isort` Programm, welches als Argumente übergebene Zahlen sortiert