U8 8. Übung

U8-1 Überblick

- Besprechung der Miniklausur
- Online-Evaluation
- Byteorder bei Netzwerkkommunikation
- Netzwerkprogrammierung - Sockets
- Duplizieren von Filedeskriptoren
- Netzwerkprogrammierung - Verschiedenes

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

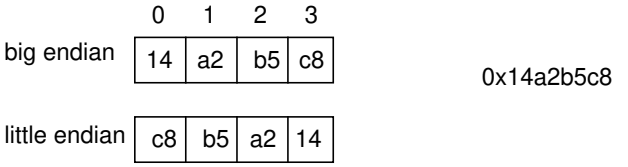
U8-2 Evaluation

- Online-Evaluation von Vorlesung und Übung SOS1
  - zwei TANs, zwei Fragebogen
  - Fragebogen bis 06. Juli auszufüllen
- Ergebnisse werden am 09. Juli an Dozenten verschickt
  - Diskussion in Vorlesung und Übungen
  - Veröffentlichung auf den Web-Seiten der Lehrveranstaltung
- Ergebnisse der Evaluation vom letzten Jahr stehen im Netz
- bitte unbedingt teilnehmen - das Feedback ist für uns sehr wichtig (wir wollen unseren Job so gut wie möglich machen!)
  - uns interessiert natürlich vor allem, was wir seit dem letzten Sommer besser (oder schlechter) gemacht haben!
  - bei Bemerkungen zu Übungsgruppen bitte in JEDEM Textfeld die Übungsgruppe mit angeben (die einzelnen Antworten bleiben in der Auswertung nicht zusammen)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U8-3 Netzwerkkommunikation und Byteorder

- Wiederholung: Byteorder



- Kommunikation zwischen Rechnern verschiedener Architekturen z. B. Intel Pentium (litte endian) und Sun Sparc (big endian)
- **`htons`**, **`htonl`**: Wandle Host-spezifische Byteordnung in Netzwerk-Byteordnung (big endian) um
  (**`htons`** für **`short int`**, **`htonl`** für **`long int`**)
- **`ntohs`**, **`ntohl`**: Umgekehrt

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U8-4 Sockets

- Endpunkte einer Kommunikationsverbindung
- Arbeitsweise: FIFO, bidirektional
- Attribute:
  - **Name** (Zuweisung eines Namens durch *Binding*)
  - **Communication Domain**
  - **Typ**
  - **Protokoll**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Communication Domain und Protokoll

- **Communication Domain** legt die **Protokoll-Familie**, in der die Kommunikation stattfindet, fest
- durch die Protokoll-Familie wird gleichzeitig auch die Adressierungsstruktur **(Adress-Familie)** festgelegt (war unabhängig geplant, wurde aber nie getrennt)
- das **Protokoll**-Attribut wählt das Protokoll innerhalb der Familie aus
- ursprünglich (bis BSD 4.3) existierten nur zwei Communication Domains
  - ➤ UNIX-Domain (PF_UNIX / AF_UNIX)
  - ➤ Internet-Domain (PF_INET / AF_INET)
- nur PF_INET ist generell vorhanden
  daneben derzeit ca. 25 Protokollfamilien definiert
  (ISO-Protokolle, DECnet, SNA, Appletalk, …)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Internet Domain Protokoll-Familie

- ➤ Protokolle: **TCP/IP** oder **UDP/IP**
- Internet Protocol - IP
  - ➤ Netzwerkprotokoll zur Bildung eines virtuellen Netzwerkes auf der Basis mehrerer physischer Netze
  - ➤ definiert Format der Datengrundeinheit - IP-Datagramm
  - ➤ unzuverlässige Datenübertragung
  - ➤ Routing-Konzepte (IP-Pakete über mehrere Zwischenstationen leiten)
  - ➤ IP-Adressen: 4 Byte bei IPv4 bzw. 16 Byte bei IPv6
- User Datagram Protocol - UDP
  - ➤ IP adressiert Rechner, UDP einen Dienst (siehe Port-Nummern)
  - ➤ Übertragung von Paketen (***sendto***, ***recvfrom***), unzuverlässig (Fehler werden erkannt, nicht aber Datenverluste)
- Transmission Control Protocol - TCP
  - ➤ zuverlässige Verbindung (Datenstrom) zu einem Dienst (Port)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Internet Domain Protokoll-Familie (2)

- ➤ Namen: **IP-Adressen** und **Port-Nummern**
- Internet-Adressen (IPv4)
  - ➤ 4 Byte, Notation: `a.b.c.d` (z. B. `131.188.34.45`)
- Port-Nummern
  - ➤ bei IP definiert eine Adresse einen Rechner
  - ➤ keine Möglichkeit, einen bestimmten Benutzer oder Prozess (Dienst) anzusprechen
  - ➤ die intuitive Lösung, als Ziel einen Prozess zu nehmen hat Nachteile
    - Prozesse werden dynamisch erzeugt und vernichtet
    - Prozesse können ersetzt werden - die *PID* ändert sich dadurch
    - Ziele sollten aufgrund ihrer Funktion (Dienst) ansprechbar sein
    - Prozesse könnten mehrere Dienste anbieten (vgl. *inetd*)
  - ➤ Lösung: ***Port*** als "abstrakte Adresse" für einen Dienst
    - Diensterbringer (Prozess) verbindet einen Socket mit dem Port

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Socket Typen

- **Stream-Sockets**
  - ◆ unterstützen bidirektionalen, zuverlässigen Datenfluss
  - ◆ gesicherte Kommunikation (gegen Verlust und Duplizierung von Daten)
  - ◆ die Ordnung der gesendeten Daten bleibt erhalten
  - ◆ Vergleichbar mit einer *pipe* - allerdings bidirektional (UNIX-Domain- und Internet-Domain-Sockets mit TCP/IP)
- **Datagramm-Sockets**
  - ◆ unterstützen bidirektionalen Datentransfer
  - ◆ Datentransfer unsicher (Verlust und Duplizierung möglich)
  - ◆ die Reihenfolge der ankommenden Datenpakete stimmt nicht sicher mit der der abgehenden Datenpakete überein
  - ◆ Grenzen von Datenpaketen bleiben im Gegensatz zu **Stream-Socket** - Verbindungen erhalten (Internet-Domain Sockets mit UDP/IP)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Client-Server Modell

★ Ein ***Server*** ist ein Programm, das einen Dienst ***(Service)*** anbietet, der über einen Kommunikationsmechanismus erreichbar ist

- Server
  - **akzeptieren Anforderungen**, die von der Kommunikationsschnittstelle kommen
  - **führen** ihren angebotenen **Dienst aus**
  - **schicken** das **Ergebnis zurück** zum Sender der Anforderung
  - *Server* sind normalerweise als normale Benutzerprozesse realisiert
- Client
  - ein Programm wird ein ***Client***, sobald es
    - ➤ eine **Anforderung an einen Server** schickt und
    - ➤ auf eine Antwort wartet

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Generieren eines Sockets

- Sockets werden mit dem Systemaufruf *socket(2)* angelegt

```
#include <sys/socket.h>
int socket(int domain, int type, int protocol);
```

- **`domain`**, z. B. (PF_ = Protocol Family)
  - **`PF_INET`**: Internet
  - **`PF_UNIX`**: Unix Filesystem
- **`type`** in PF_INET und PF_UNIX Domain:
  - **`SOCK_STREAM`**: Stream-Socket (bei PF_INET = TCP-Protokoll)
  - **`SOCK_DGRAM`**: Datagramm-Socket (bei PF_INET = UDP-Protokoll)
- **`protocol`**
  - Default-Protokoll für Domain/Type Kombination: **`0`**
    (z.B. INET/STREAM -> TCP) (siehe ***getprotobyname(3)***)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Namensgebung

- Sockets werden ohne Namen generiert
- durch den Systemaufruf ***bind(2)*** wird einem Socket ein Name zugeordnet

```
int bind(int s, const struct sockaddr *name, socklen_t namelen);
```

  - **`s`**: socket
  - **`name`**: Protokollspezifische Adresse
    Socket-Interface (**`<sys/socket.h>`**) ist zunächst protokoll-unabhängig

```
struct sockaddr {
   sa_family_t     sa_family;      /* Adressfamilie */
   char            sa_data[14];    /* Adresse */
};
```

    im Fall von **`AF_INET`**: IP-Addresse / Port
    - ➤ es wird konkret eine **`struct sockaddr_in`** übergeben
  - **`namelen`**: Länge der konkret übergebenen Adresse in Bytes

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Namensgebung für TCP-Sockets

- Name eines TCP-Sockets durch IP-Adresse und Port-Nummer definiert

```
struct sockaddr_in {
   sa_family_t         sin_family;    /* = AF_INET */
   in_port_t           sin_port;      /* Port */
   struct in_addr      sin_addr;      /* Internet-Adresse */
   char                sin_zero[8];   /* Füllbytes */
}
```

  - **sin_port:** Port-Nummer
    - ➤ Port-Nummern sind eindeutig für einen Rechner und ein Protokoll
    - ➤ Port-Nummern < 1024: privilegierte Ports für root (in UNIX)
      (z.B. www=80, Mail=25, finger=79)
    - ➤ Portnummer = 0: die Portnummer soll vom System gewählt werden
    - ➤ Portnummern sind 16 Bit, d.h. kleiner als 65535
  - **sin_addr:**IP-Adresse, mit ***gethostbyname(3)*** zu finden
    - ➤ **`INADDR_ANY`**: wenn Socket auf allen lokalen Adressen (z. B. allen Netzwerkinterfaces) Verbindungen akzeptieren soll

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

8 Binden eines TCP Socket — Beispiel

- Adresse und Port müssen in Netzwerk-Byteorder vorliegen!
- Beispiel

```
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>
...
struct sockaddr_in sin;
...
s = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
sin.sin_family = AF_INET;
sin.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
sin.sin_port = htons(MYPORT);
bind(s, (struct sockaddr *) &sin, sizeof(sin));
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

9 Verbindungsannahme durch Server

- Server:
  - ***listen(2)*** stellt ein, wie viele ankommende Verbindungswünsche gepuffert werden können (d.h. auf ein *accept* wartend)
  - ***accept(2)*** nimmt Verbindung an:
    - *accept* blockiert solange, bis ein Verbindungswunsch ankommt
    - es wird ein neuer Socket erzeugt und an remote Adresse + Port (Parameter **`from`**) gebunden
      lokale Adresse + Port bleiben unverändert
    - dieser Socket wird für die Kommunikation benutzt
    - der ursprüngliche Socket kann für die Annahme weiterer Verbindungen genutzt werden

```
struct sockaddr_in from;
socklen_t fromlen;
  ...
listen(s, 5);              /* Allow queue of 5 connections */
fromlen = sizeof(from);
newsock = accept(s, (struct sockaddr *) &from, &fromlen);
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

10 Verbindungsaufbau durch Client

- Client:
  - ***connect(2)*** meldet Verbindungswunsch an Server
    - ***connect*** blockiert solange, bis Server Verbindung mit ***accept*** annimmt
    - Socket wird an die remote Adresse gebunden
    - Kommunikation erfolgt über den Socket
    - falls Socket noch nicht lokal gebunden ist, wird gleichzeitig eine lokale Bindung hergestellt (Port-Nummer wird vom System gewählt)

```
struct sockaddr_in server;
  ...
connect(s, (struct sockaddr *)&server, sizeof server);
```

- Eine Verbindung ist eindeutig gekennzeichnet durch
  - <lokale Adresse, Port> und <remote Adresse, Port>

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

11 Verbindungsaufbau und Kommunikation

- Beispiel: Server, der alle Eingaben wieder zurückschickt

```
fd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0); /* Fehlerabfrage */

name.sin_family = AF_INET;
name.sin_port = htons(port);
name.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);

bind(fd, (const struct sockaddr *)&name, sizeof(name)); /* Fehlerabfrage */

listen(fd, 5); /* Fehlerabfrage */

in_fd = accept(fd, NULL, 0); /* Fehlerabfrage */

/* hier evtl. besser Kindprozess erzeugen und eigentliche
   Kommunikation dort abwickeln */
for(;;) {

   n = read(in_fd, buf, sizeof(buf)); /* Fehlerabfrage */

   write(in_fd, buf, n); /* Fehlerabfrage */

}

close(in_fd);
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

12 Schließen einer Socketverbindung

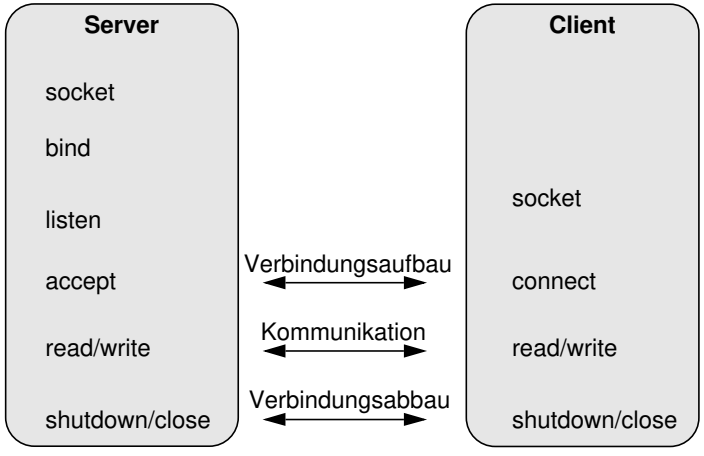
- close(s)
- shutdown(s, how)
  - how:
    - SHUT_RD: verbiete Empfang (nächstes *read* liefert EOF)
    - SHUT_WR: verbiete Senden (nächstes *write* führt zu Signal SIGPIPE)
    - SHUT_RDWR: verbiete Senden und Empfangen

13 Verbindungslose Sockets

- Für Kommunikation über Datagramm-Sockets kein Verbindungsaufbau notwendig
- Systemaufrufe
  sendto(2) Datagramm senden
  recvfrom(2) Datagramm empfangen
- **Besonderheit: *Broadcasts*** über Datagramm-Sockets (Internet Domain)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

14 TCP-Sockets: Zusammenfassung



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

15 Sockets und UNIX-Standards

- Sockets sind nicht Bestandteil des POSIX.1-Standards
- Sockets stammen aus dem BSD-UNIX-System, sind inzwischen Bestandteil von
  - BSD (-D_BSD_SOURCE)
  - SystemV R4 (-DSVID_SOURCE)
  - UNIX 95 (-D_XOPEN_SOURCE -D_XOPEN_SOURCE_EXTENDED=1)
  - UNIX 98 (-D_XOPEN_SOURCE=500)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U8-5 Duplizieren von Filedeskriptoren

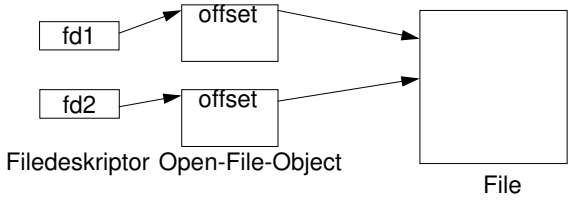
- Ziel: Socket-Verbindung soll als stdout/stdin verwendet werden
- **`newfd = dup(fd)`**: Dupliziert Filedeskriptor fd, d.h. Lesen/Schreiben auf newfd ist wie Lesen/Schreiben auf fd
- **`dup2(fd, newfd)`**: Dupliziert FD in anderen FD (newfd), falls newfd schon geöffnet ist, wird newfd erst geschlossen
- Verwenden von dup2, um stdout umzuleiten:

```
fd = open("/tmp/myoutput", O_CREAT | O_RDWR, S_IRUSR | S_IWUSR);
dup2(fd,fileno(stdout));
printf("Hallo\n"); /* wird in /tmp/myoutput geschrieben */
```

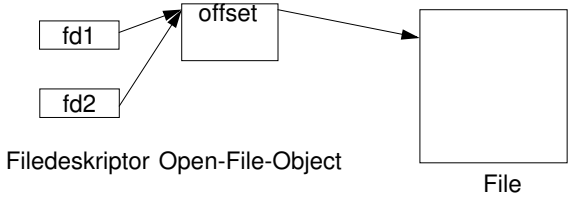

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U8-5 Duplizieren von Filedeskriptoren (2)

- erneutes Öffnen eines Files



- bei dup werden FD dupliziert, aber Files werden nicht neu geöffnet!



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U8-6 Netzwerk-Programmierung - Verschiedenes

- Parametrierung eines Sockets abfragen / setzen
  - ***getsockopt(2)***, ***setsockopt(2)***
- Informationen über Socket-Bindung
  - ***getpeername(2)***
    Namen der mit dem Socket verbundenen Gegenstelle abfragen
  - ***getsockname(2)***
    Namen eines Sockets abfragen
- Hostnamen und -adressen ermitteln
  - ***gethostbyname(3)***

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 getsockname, getpeername

```
#include <sys/socket.h>
int getsockname(int s, struct sockaddr *addr, socklen_t *addrlen);
int getpeername(int s, struct sockaddr *addr, socklen_t *addrlen);
```

- Informationen über die lokale Adresse des Socket

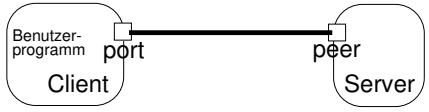
```
struct sockaddr_in server;
socklen_t len;

len = sizeof(server);
getsockname(sock, (struct sockaddr *) &server, &len);
printf("Socket port #%d\n", ntohs(server.sin_port));
```

- Informationen über die remote Adresse des Socket

```
struct sockaddr_in server;
socklen_t len;

len = sizeof(server);
getpeername(sock, (struct sockaddr *) &server, &len);
printf("Socket port #%d\n", ntohs(server.sin_port));
```



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Hostnamen und Adressen

- **gethostbyname** liefert Informationen über einen Host

```
#include <netdb.h>
struct hostent *gethostbyname(const char *name);
struct hostent {
   char    *h_name;       /* offizieller Rechnername */
   char    **h_aliases;   /* alternative Namen */
   int     h_addrtype;    /* = AF_INET */
   int     h_length;      /* Länge einer Adresse */
   char    **h_addr_list; /* Liste von Netzwerk-Adressen,
                             abgeschlossen durch NULL */
};

#define h_addr h_addr_list[0]
```

- **gethostbyaddr** sucht Host-Informationen für bestimmte Adresse

```
struct hostent *gethostbyaddr(const void *addr, size_t len, int type);
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Socket-Adresse aus Hostnamen erzeugen

```
char *hostname = "faui07a";
struct hostent *host;
struct sockaddr_in saddr;

host = gethostbyname(hostname);
if(!host) {
    perror("gethostbyname()");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
memset(&saddr, 0, sizeof(saddr)); /* Struktur initialisieren */
memcpy((char *) &saddr.sin_addr, (char *) host->h_addr, host->h_length);
saddr.sin_family = AF_INET;
saddr.sin_port   = htons(port);

/* saddr verwenden ... z.B. bind oder connect */
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.