

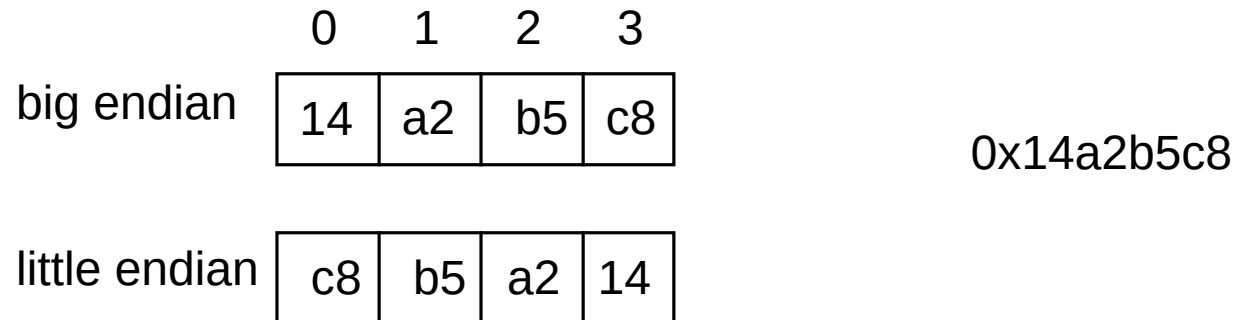
U7 7. Übung

U7-1 Überblick

- Besprechung 4. Aufgabe (malloc)
- Byteorder bei Netzwerkkommunikation
- Netzwerkprogrammierung - Sockets
- Duplizieren von Filedeskriptoren
- Netzwerkprogrammierung - Verschiedenes

U7-2 Netzwerkkommunikation und Byteorder

■ Wiederholung: Byteorder



- Kommunikation zwischen Rechnern verschiedener Architekturen
z. B. Intel Pentium (little 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

U7-3 Sockets

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

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, ...)

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)

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

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)

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

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)***)

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, int 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-Adresse / Port

➤ es wird konkret eine **struct sockaddr_in** übergeben

◆ **namelen**: Länge der konkret übergebenen Adresse in Bytes

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

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));
```

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);
```

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>

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);
```

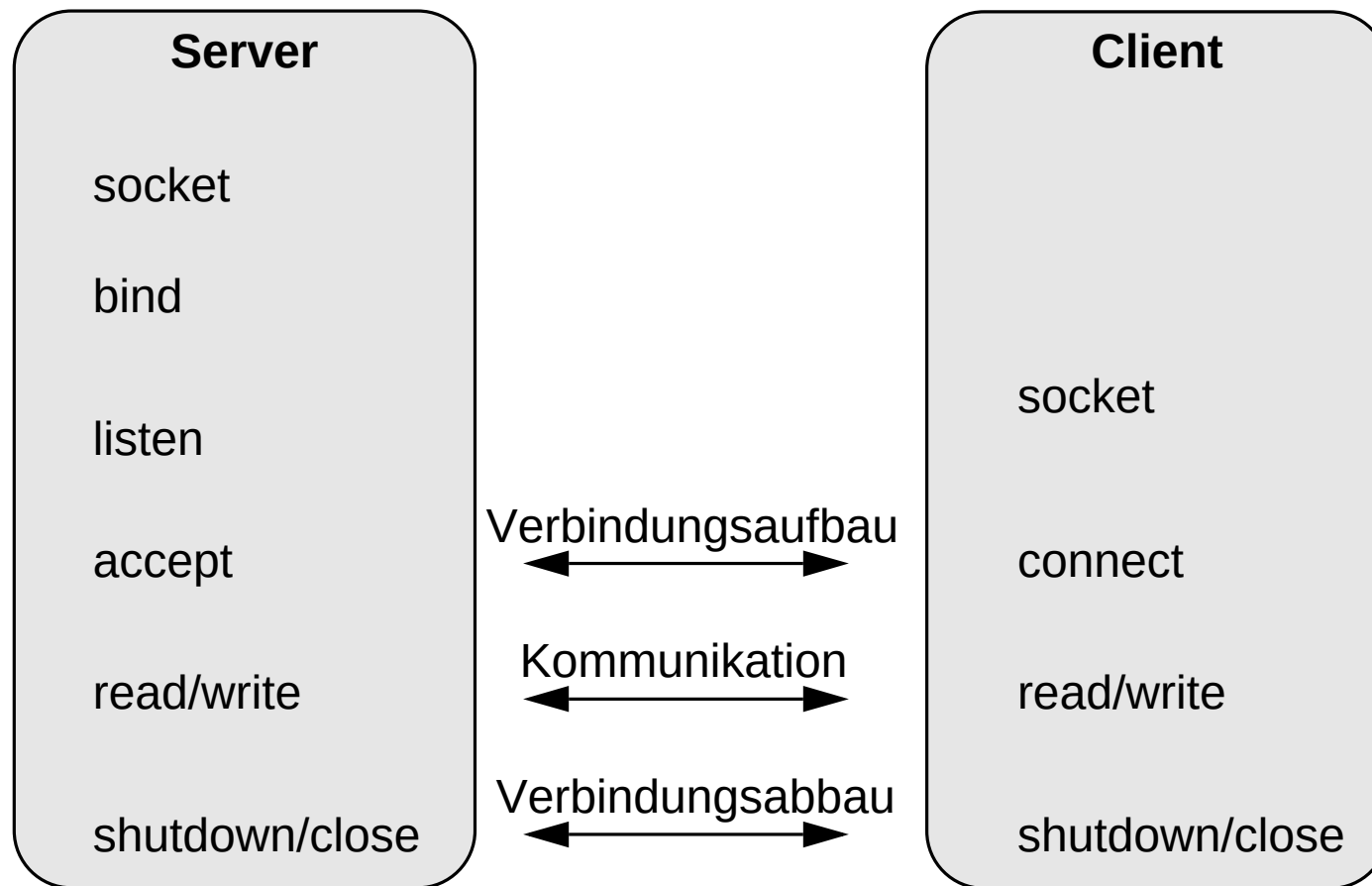
12 Schließen einer Socketverbindung

- `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)

14 TCP-Sockets: Zusammenfassung



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)

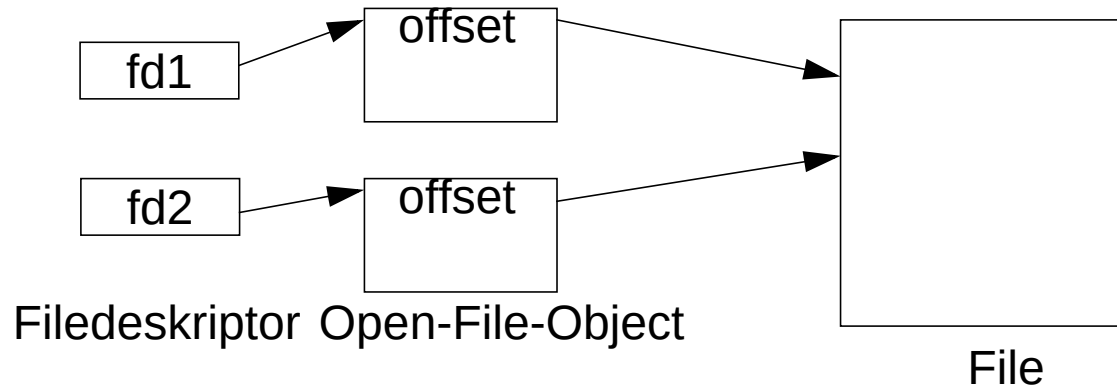
U7-4 Duplizieren von Filedeskriptoren

- 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:

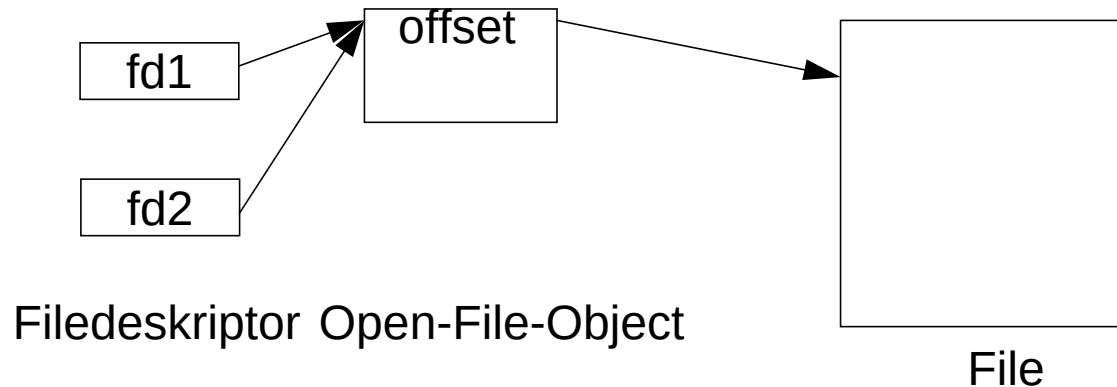
```
fd = open("/tmp/myoutput", O_CREAT | O_RDWR, S_IRUSR | S_IWUSR);  
dup2(fd, fileno(stdout));  
printf("Hallo\n"); /* wird in /tmp/myoutput geschrieben */
```

U7-4 Duplizieren von Filedeskriptoren (2)

- erneutes Öffnen eines Files



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



U7-5 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)***

1 getsockname, getpeername

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

■ Informationen über die lokale Adresse des Socket

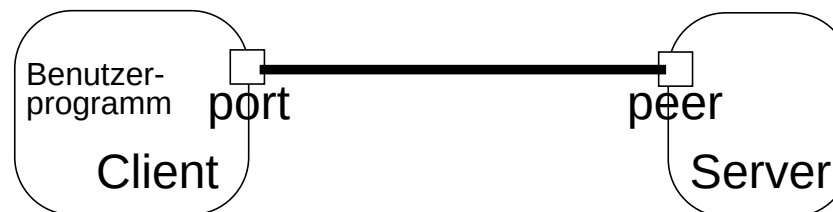
```
struct sockaddr_in server;
size_t len;

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;
size_t len;

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



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);
```

3 Socket-Adresse aus Hostnamen erzeugen

```
char *hostname = "fau107a";
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 */
```