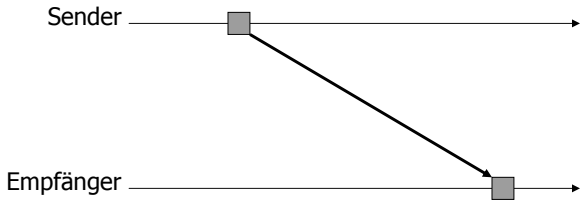
Verteilte Systeme

5. Unicast

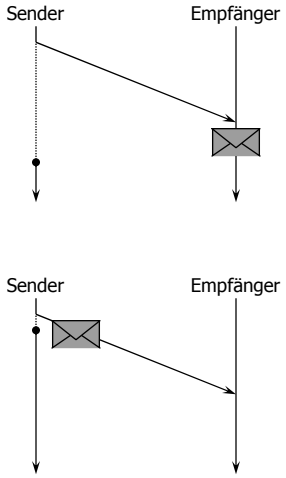
Unicast



- Senden einer Nachricht an einen Empfänger
- Unzählige Varianten
- Versteckte Übertragung zusätzlicher Information
  - z.B. Lamportzeit, Zeitvektor, Quittung, ...
  - Unterscheidung
    - Basis- oder Anwendungsnachrichten
    - Kontrollnachrichten

Synchronität

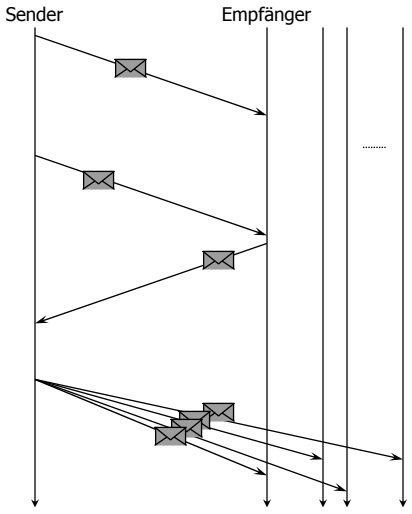
- Kopplungsgrad zwischen Sender und Empfänger
- Synchrone Kommunikation
  - Sender blockiert bis zum Empfang der Nachricht
  - Einschränkung in der Parallelität
  - Weniger Pufferplatz
  - Obere Schranken für Nachrichtenübertragung
  - "Blocking Send"
- Asynchrone Kommunikation
  - Sender "blockiert" bis Nachricht kopiert wurde
  - Viele Nachrichten von einem Sender kurz hintereinander (Congestion)
  - Pufferung von Nachrichten
  - Unbestimmte Übertragungszeit
  - "Non-blocking Send"



Kommunikationsmuster

- Struktur der "kleinsten" Kommunikationseinheit
  - Modellvorgabe
- Grundmuster
  - Mitteilung
    - Einzelne Nachricht vom Sender zum Empfänger
  - Auftrag
    - Auftrag zum Empfänger
    - Antwort zurück an den Absender
- Weitere Muster
  - Multicast
  - Broadcast

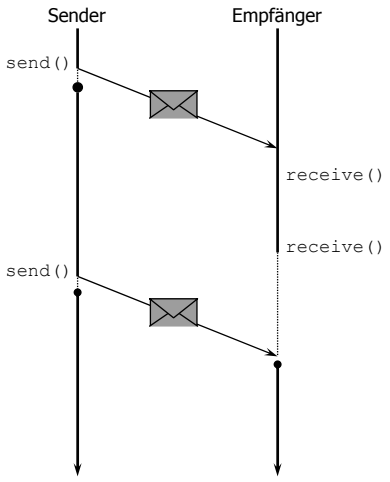
kriegen wir später



Elementare Kommunikationsformen

	Asynchron	Synchron
Mitteilungsorientiert	Datagramm	Rendezvous
Auftragsorientiert	Asynchroner Entfernter Dienstaufruf	Synchroner Entfernter Dienstaufruf

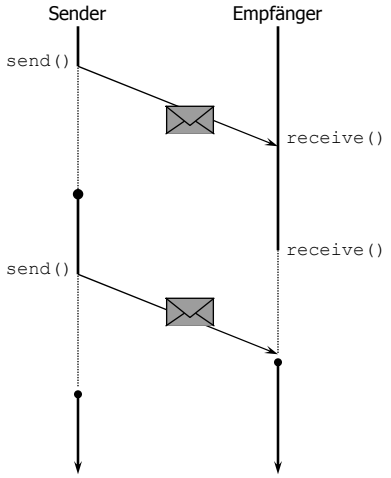
Datagramm



- Entkopplung von Sender und Empfänger
  - Parallelarbeit möglich
- Pufferung im Nachrichtensystem
  - Aufwendig (Überläufe, ...)
  - Blockade des Senders nur bei Speicherengpässen
- Beispiele
  - UDP (User Datagramm Protocol)
    - Teil von TCP/IP (Internet)
    - Best Effort
    - max. 64 Kbyte Daten
  - Signale
    - Einfacher Kommunikations-mechanismus in UNIX
    - Keine Daten oder max. 4 Byte
- Sender weiß nichts

Rendezvous

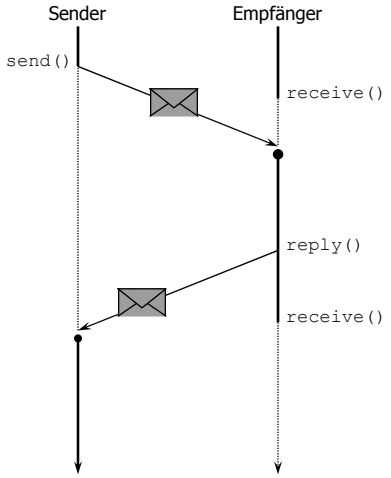
- Sender und Empfänger sind für die Zeit der Nachrichtenübertragung gekoppelt
  - Eingeschränkte Parallelität
- Keine Pufferung
  - Direkte Datenübertragung
  - Keine Pufferung
  - Einfachere Implementierung
- Beispiele
  - Ada
  - QNX
  - ...
- Sender weiß ...
  - Nachricht angekommen



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.7

Synchroner entfernter Dienstaufruf

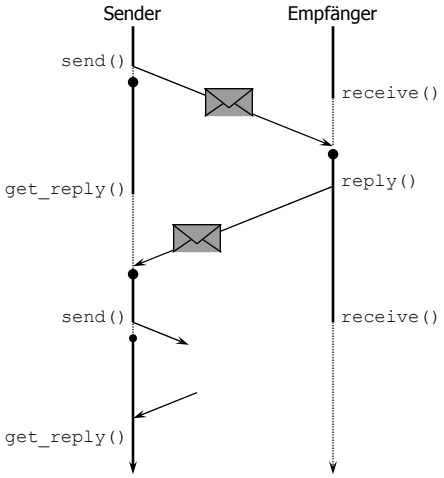
- Synchronous Remote Service Invocation (SRSI)
- Keine Parallelität
- Bidirektionale Kommunikation ohne Pufferung
- Beispiel
  - Remote Procedure Call (RPC)
    - DCE, Corba, ...
  - QNX
- Sender weiß ...
  - Auftrag angekommen
  - Auftrag bearbeitet
  - Resultat



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.8

Asynchroner entfernter Dienstaufruf

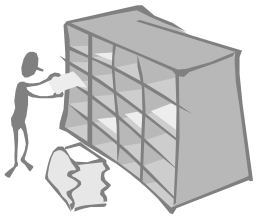
- Asynchronous Remote Service Invocation (ARSI)
  - Parallelität möglich
  - Bidirektionale Kommunikation mit Pufferung
  - Asynchroner RPC
- Beispiel
  - V-Kernel
- Sender weiß ...
  - Auftrag angekommen
  - Auftrag bearbeitet
  - Resultat



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.9

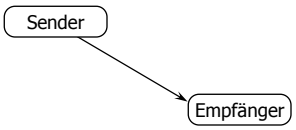
Klassifikationskriterien

- Elementare Kommunikationsmuster
  - Synchron / Asynchron
  - Mitteilungs- und Auftragsorientiert
- Zusätzliche Kriterien
  - Direkte und indirekte Adressierung
  - Pakete / Nachrichten / Ströme
  - Verbindungsorientiert / Verbindungslos
  - Netztopologie
    - Bus (Multicast und Broadcast)
    - Dedizierte Leitungen
  - Netzausdehnung (bzgl. Bandbreite, Fehlerrate, Latenz, ...)
  - ...

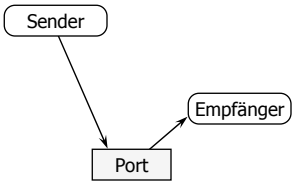


Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.10

Direkte und indirekte Adressierung



- Direkte Kommunikation
  - Angabe des empfangenden Prozesses
- Vorteile
  - Effizienz
- Nachteile
  - Wechsel des Empfängers schwierig



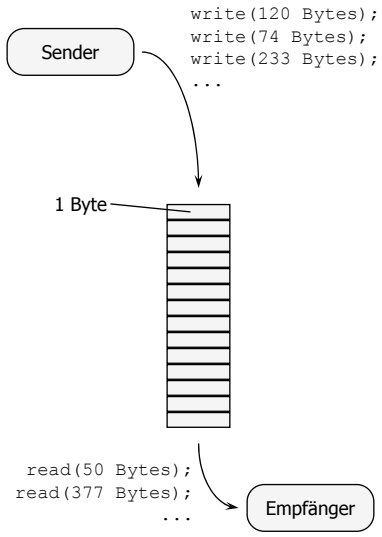
- Indirekte Kommunikation
  - Angabe eines zwischengeschalteten Nachrichtenspeichers (z.B. Port oder Mailbox)
- Vorteile
  - Flexibilität
    - Wechsel des Empfängers
    - Mehrere Empfänger
- Nachteile
  - zusätzliche Indirektionsstufe

Pakete, Nachrichten ...

- Maximale, auf einmal übertragbare Informationsmenge
  - Beschränkungen durch Netzwerk (vgl. MTU)
  - Pufferung
    - Pufferspeicher meistens System-Ressource
- Pakete
  - "Kleine" obere Schranke
  - Größe wird häufig durch Kommunikationshardware bestimmt
    - z.B. 48 Byte ATM oder ca. 1500 Byte Ethernet
  - Anwendung muß größere Informationsmengen selbst paketisieren
- Nachrichten
  - Beliebig lange einzeln übertragbare Informationsmenge
  - Ausreichend größe obere Schranke hinreichend
  - Nachrichtentransportsystem paketisiert

... und Ströme

- Paket- und Nachrichtengrenzen für Sender und Empfänger unsichtbar
  - "unbeschränkte" sequentiell schreib- und lesbare Datei
  - Zugriff über Read und Write
  - Meist Verbindungsorientiert
- Beispiel
  - Pipes in UNIX (vgl. Betriebssystemvorlesung)
  - TCP

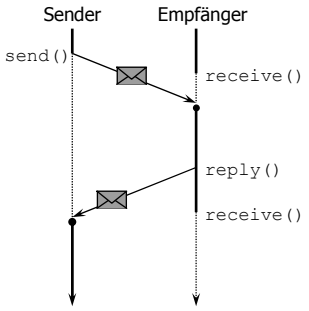


Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.13

5.1 Entfernter Dienstaufruf (RPC = Remote Procedure Call)

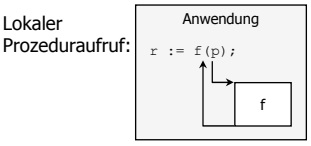
Entfernter Dienstaufruf

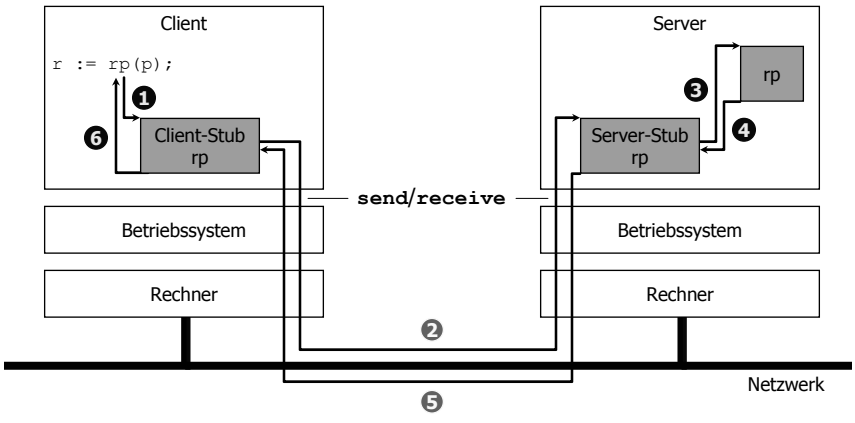
- SRSI „sehr schöne" Abstraktion
  - **`send`** und **`receive`** nicht explizit sichtbar
  - Kapselung der Dienste in eine Art Prozeduraufruf
- Remote Procedure Call (RPC)
  - „Der" SRSI-Vertreter
  - Idee: RPC = Lokaler Prozeduraufruf
  - Birrell und Nelson, 1984
- Grundlage für Client/Server-Systeme
  - Server
    - Passiv, bietet Dienste an
  - Client
    - Aktiv, ruft Dienste auf



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.15

RPC-Architektur

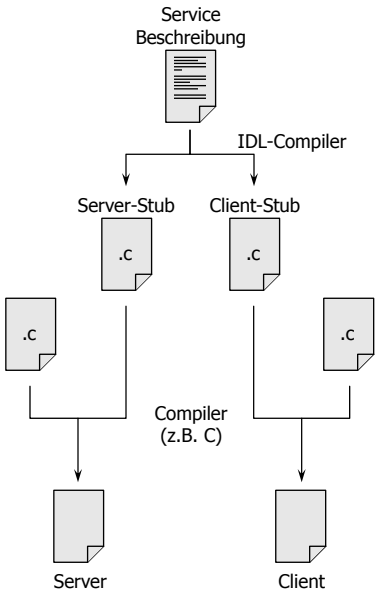




Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.16

RPC- oder IDL-Compiler

- Service = Menge von entfernt aufrufbaren Prozeduren
- Service-Beschreibung (Interface Description)
  - Angabe der Signatur jeder Prozedur
    - Anzahl, Typ und Reihenfolge der Argumente
    - Prozedurname
    - Typ des Rückgabewertes
  - Verwendete Sprache: "Interface Description Language" (IDL)
- RPC- oder IDL-Compiler generiert
  - Client-Stub-Prozeduren
  - Server-Stub-Prozeduren
  - Weitere Server-Komponenten
  - ...



Client-Stub

```
Ergebnis
f_Client ( Parameter ) {
   static Server_Adresse sa;
   Auftragsnachricht an;
   Ergebnisnachricht en;

   if (sa == 0)
      sa = locate_server();

   an = Verpacken(f,Parameter);
   send(sa,an);
   receive(en);
   return Entpacken(en);
}
```

- Wesentliche Aufgaben
  - Auftragsnachricht zusammensetzen (Marshaling)
    - Servicenamen (Prozedurname)
    - Parameter
  - Ergebnis zurückgeben
- Heterogene (Offene) Systeme
  - Konvertierung der Parameter in einen Netzstandard
- Lokalisierung des Servers
  - Explizite Angabe: Transparenz zum lokalen Prozeduraufruf verletzt
  - Implizit: ?

Die Server-Stub

- ... Der umgekehrte Weg:

```
f_Server ( Client ca, Auftragsnachricht an ) {
   static Server_Adresse sa;
   Ergebnisnachricht en;
   Parameter p;
   Ergebnis e;

   p := Entpacken(an);
   e := P(p);
   en := Verpacken(e);
   send(ca,en);
}
```


RPC-Server

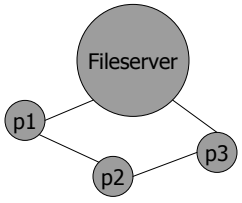
- 1 Service pro Prozeß ineffizient
- Zusammenfassen mehrerer Services zu einem Server
- Serverschleife

```
Serverschleife () {
   Client_Adresse ca;
   char buffer[max_auftrag];
   enum Services mt;

   while (1) {
      receive(*ca,buffer);
      mt = Servicetyp(buffer);
      switch (mt) {
         case SERVICE_f: f_Server(ca,buffer);
         break;
      ...
      }
   }
}
```

Probleme

- Ideal: RPC = LPC
- LPC-Semantik wird nur unvollständig errreicht
  - Konzeptionelle Probleme
  - Verletzung der Transparenz
  - Behandlung von Ausfällen
  - Performance-Probleme
- Siehe auch [Tanenbaum und Renesse 1988]

RPC-Probleme (1)



- Who is Who?
  - Server sind passiv, Clients aktiv!
  - Beispiel: Datei-Server:
    - `p1 < f1 | p2 | p3 > f2`
- Wechsel in der Client/Server-Rolle
  - Server hat z.B. wichtige Information, aber Client erwartet keine Nachricht vom Server
- Anzahl und Typen der Parameter
  - Nur bei typstrengen Sprachen problemlos
  - Beispiel `printf()`
- Parameterübergabe
  - Call-by-Value
  - Call-by-Reference?
  - Call-by-Copy/Restore

RPC-Probleme (2)

- Abstürze und Nachrichtenverluste gibt es bei LPC nicht
  - Exceptionmechanismus (Transparenzverletzung)
  - Aufrufsemantik (Exactly-Once ideal, geht aber nicht)
  - Zustandsverluste bei Server/Client
  - Waisenkinder (Orphans)
    - „Zustandsmüll" abgestürzter Clients beim Server
- Einschränkungen in der Parallelität
  - ASRI komplexer
- Kein Streaming möglich
- LPC ist Strukturierungsmittel
  - Nicht jede lokale Prozedur würde man als „Remote Procedure" realisieren
  - „Conceptual Mismatch"

Beispiel: SUN-RPC

- RPC-Compiler (rpcgen) erzeugt
  - Datenkonvertierungsroutinen (xdr)
  - Client-Stub
  - Server-Stub
  - Serverschleife
  - optional Skelette für Client und Server
- Unterstützt UDP- und TCP-Kommunikation
- Rollenwechsel umständlich aber möglich
- Schutz realisierbar

Entfernte Addition

- Prozedur **`i_result ADD ( i_param )`**
- RPC-Schnittstellenbeschreibung:

```
struct i_result {
        int x;
        };

struct i_param {
        int a1;
        int a2;
        };

program MY_RPC_SERVER {
        version MY_VERSION_1 {
                i_result ADD ( i_param ) = 1;
        } = 1;
} = 21111111;
```

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.25

Generierter Header

```
#include <rpc/rpc.h>


struct i_result {
        int x;
};

extern "C" bool_t xdr_i_result(XDR *, i_result*);

struct i_param {
        int a1;
        int a2;
};

extern "C" bool_t xdr_i_param(XDR *, i_param*);

#define MY_RPC_SERVER ((u_long)21111111)
#define MY_VERSION_1 ((u_long)1)

#define ADD ((u_long)1)
extern "C" i_result * add_1(i_param *, CLIENT *);
extern "C" i_result * add_1_svc(i_param *, struct svc_req *);
```

Leicht gekürzt

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.26

Client-Stub

```
#include <memory.h> /* for memset */
#include "remote_add.h"

/* Default timeout can be changed using clnt_control() */
static struct timeval TIMEOUT = { 25, 0 };

i_result *
add_1(i_param *argp, CLIENT *clnt)
{
        static i_result clnt_res;

        memset((char *)&clnt_res, 0, sizeof(clnt_res));
        if (clnt_call(clnt, ADD, (xdrproc_t) xdr_i_param, argp,
                (xdrproc_t) xdr_i_result, &clnt_res,
                TIMEOUT) != RPC_SUCCESS) {
                return (NULL);
        }
        return (&clnt_res);
}
```


Die Server-Stub (Eine für alle)

Fehlerbehandlung entfernt

```
static void
my_rpc_server_1(struct svc_req *rqstp, register SVCXPRT *transp)
{
        union { i_param add_1_arg;} argument;
        char *result;
        xdrproc_t xdr_argument, xdr_result;
        char *(*local)(char *, struct svc_req *);

        switch (rqstp->rq_proc) {
        ...
        case ADD:
                xdr_argument = (xdrproc_t) xdr_i_param;
                xdr_result = (xdrproc_t) xdr_i_result;
                local = (char *(*)(char *, struct svc_req *)) add_1_svc;
                break;

        ...
        }
        (void) memset((char *)&argument, 0, sizeof (argument));
        svc_getargs(transp, xdr_argument, (caddr_t) &argument));
        result = (*local)((char *)&argument, rqstp);
        svc_sendreply(transp, xdr_result, result));
        svc_freeargs(transp, xdr_argument, (caddr_t) &argument));
}
```

Die Server-Schleife

```
int main(int argc, char **argv)
{
        register SVCXPRT *transp;

        (void) pmap_unset(MY_RPC_SERVER, MY_VERSION_1);

        transp = svcudp_create(RPC_ANYSOCK);
        svc_register(transp, MY_RPC_SERVER,
                MY_VERSION_1, my_rpc_server_1, IPPROTO_UDP));

        transp = svctcp_create(RPC_ANYSOCK, 0, 0);
        svc_register(transp, MY_RPC_SERVER,
                MY_VERSION_1, my_rpc_server_1, IPPROTO_TCP));

        svc_run();
}
```

Fehlerbehandlung entfernt

Die Implementierung der entfernten Prozedur

```
#include <rpc/rpc.h>
#include "header.h"

i_result *add_1_svc ( i_param *p, struct svc_req *sr ) {
        static i_result result;

        result.x = p->a1 + p->a2;
        return &result;
}
```

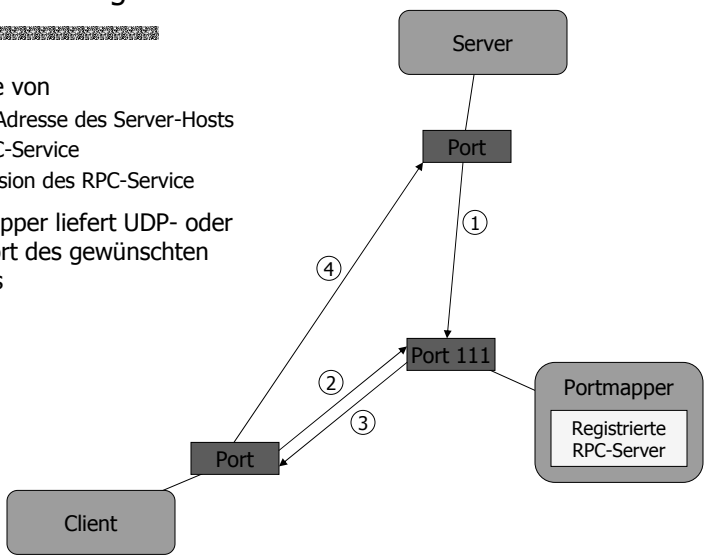
Ein Beispiel-Client

```
#include "header.h"

void my_rpc_server_1( char* host ) {
        CLIENT *clnt;
        i_result  *result_1;
        i_param  add_1_arg;
        clnt = clnt_create(host, MY_RPC_SERVER, MY_VERSION_1, "udp");
        add_1_arg.a1 = 12;
        add_1_arg.a2 = 17;
        result_1 = add_1(&add_1_arg, clnt);
        printf(„Die Summe ist %d\n",result_1->x);
        clnt_destroy( clnt );
}

main( int argc, char* argv[] ) {
        char *host;

        if(argc < 2) {
                printf("usage: %s server_host\n", argv[0]);
                exit(1);
        }
        host = argv[1];
        my_rpc_server_1( host );
}
```

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.31

Server-Lokalisierung

- Angabe von
  - IP-Adresse des Server-Hosts
  - RPC-Service
  - Version des RPC-Service
- Portmapper liefert UDP- oder TCP-Port des gewünschten Servers



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 5.32

Interaktive Abfrage des Portmappers

- **rpcinfo -p balvenie.uni-trier.de**

```
   program vers proto   port
    100000    2   tcp    111  portmapper
    100000    2   udp    111  portmapper
    100004    2   udp    789  ypserv
    100004    1   udp    789  ypserv
    100004    2   tcp    792  ypserv
    100009    1   udp    790  yppasswdd
    100007    2   udp    792  ypbind
    100007    2   tcp    794  ypbind
    100003    2   udp   2049  nfs
    100003    2   tcp   2049  nfs
    100005    1   udp    829  mountd
    100005    2   udp    829  mountd
    100005    1   tcp    832  mountd
    100005    2   tcp    832  mountd
```


Übungsaufgaben

1. Auf dem Server balvenie.uni-trier.de existiert ein RPC-Server mit folgender Schnittstellenbeschreibung:

```
struct my_arg {
   int v;
};

struct my_result {
 char v[80];
};

program SOME_SERVER {
   version SOME_SERVER_V1 {
      my_result QUERY ( my_arg ) = 42;
   } = 1;
} = 21111112;
```

   – Implementieren Sie einen RPC-Client, der obigen Server ein- oder mehrfach anfragt. Versuchen Sie, das Resultat zu interpretieren.

Literatur

- A.D. Birrell, B.J. Nelson
  Implementing Remote Procedure Call
  ACM Transactions on Computer Systems
  Vol. 2, No. 2, pp. 39-59, 1984
- A.S. Tanenbaum, R. van Renesse
  A Critique of the Remote Procedure Call Paradigm
  in: Research into Networks and Distributed Applications
  R. Speth (Hrsg.), Elsevier Science Publishers, pp. 775-783, 1988