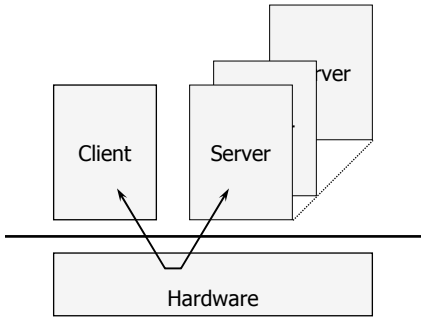
Verteilte Systeme

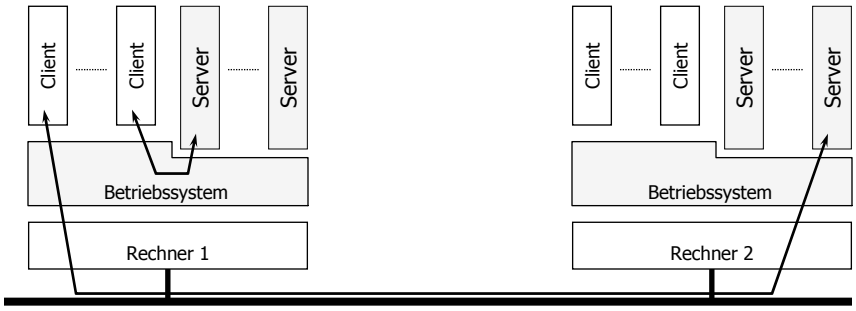
11. Client/Server-Systeme

Rückblick: Client/Server auf einem Rechner

- Verbreitete Systemarchitektur
- Verlagerung von Kernfunktionen in Server-Prozesse
  - Mikrokern
  - Server im User-Modus
- Vorteile
  - Entwicklungs- und Testmethoden für Anwendungen auf Server übertragbar
  - Erweiterbarkeit, Austauschbarkeit
- Nachteile
  - Zusätzliche Kontextwechsel
  - Weitergabe von Hardware-Ereignissen (Interrupts)
  - Zugriff auf Geräteregister



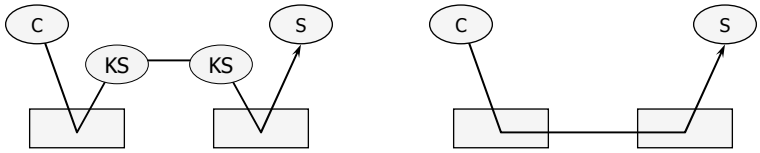
Client/Server-Architektur



- Lokale Server
  - Dateisystem
  - Ein- und Ausgabedienste (Graphik, Kommunikation, ...)
  - Prozeßverwaltung, Paging, ...
- Entfernte Server
  - Netzwerkdateisystem, z.B. NFS
  - Verteiltes Dateisystem
  - Rlogin, Telnet, ...
  - WWW-Server (httpd)
  - Uhrensynchronisation (ntp)

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.3

Realisierungsvarianten

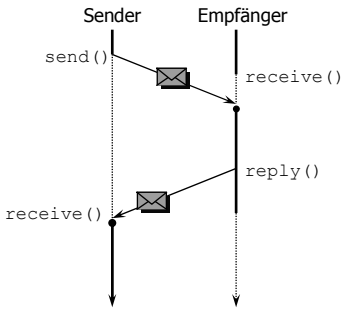


- Kommunikationsserver
- Vorteile
  - Erweiterbarkeit
  - Einfacher Kern
- Nachteile
  - Zusätzliche Kontextwechsel
  - Höhere Nachrichtenlaufzeit
- Kernkommunikation
- Vorteile
  - Minimale Verzögerungen
  - Schnelle Übertragung
- Nachteile
  - Kernänderung bei Erweiterungen
  - Komplexer Kern
  - Routing, ...

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.4

Kommunikation in Client/Server-Architekturen

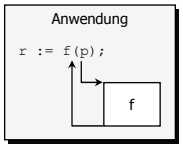
- SRSI „sehr schöne" Abstraktion
  - **`send`** und **`receive`** nicht explizit sichtbar
  - Kapselung der Dienste in eine Art Prozeduraufruf
- Remote Procedure Call (RPC)
  - „Der" SRSI-Vertreter
  - Idee: RPC = Lokaler Prozeduraufruf
  - Birrell und Nelson, 1984
- Grundlage für Client/Server-Systeme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

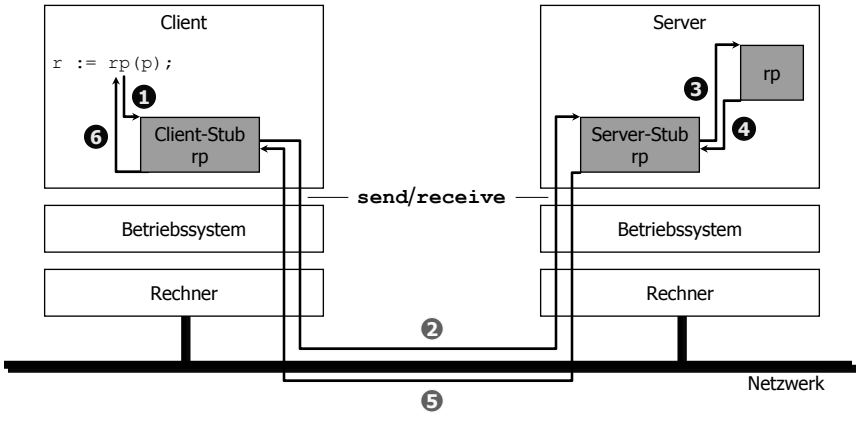


Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.5

RPC-Architektur

Lokaler Prozeduraufruf:





Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.6

Semantiken

- Ideale Semantik: Exactly-Once-Semantik
  - Entfernter Dienstaufruf findet genau einmal statt
- Realität: Fehlerfälle
  - Verlust von Nachrichten
  - Server-Abstürze
- Realisierbare Semantiken
  - At-Least-Once-Semantik
    - Dienstaufruf findet mindestens einmal statt
    - Aufträge können mehrfach ausgeführt werden
  - At-Most-Once-Semantik
    - Dienstaufruf findet höchstens einmal statt
    - Aufträge dürfen nicht wiederholt werden

Umsetzung

At-Least-Once

- Einfacher Server

```
while (1) {
  receive(job) from client;
  // Auftrag ausführen
  send(reply) to client;
}
```

- Mehrfachausführung in vielen Fällen unkritisch
  - Uhrzeit abfragen
  - Datei lesen?
- Idempotenz wünschenswert

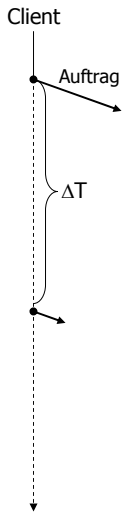
At-Most-Once

- Komplexer Server

```
while (1) {
  receive(job) from client;
  if (neuer Auftrag) {
      // Auftrag ausführen
  }
  send(reply) to client;
}
```

- Wie erkennt man neuen Auftrag?
  - Zustand

Fehlerfälle im Detail



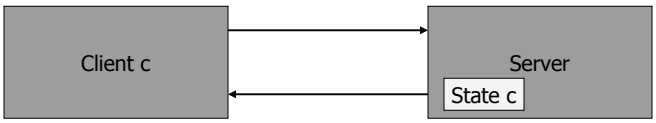
- Annahme: Alle zu einem Auftrag gehörenden Protokollnachrichten sind identifizierbar
  - Z.B. fortlaufende Auftragsnummer
- Client sendet Auftrag k und erhält längere Zeit kein Reply
- Situation beim Timeout
  - Auftragsnachricht ging verloren
  - Reply-Nachricht ging verloren
  - Reply unterwegs
  - Server vor Auftragsbearbeitung abgestürzt
  - Server während der Auftragsbearbeitung abgestürzt
  - Server bearbeitet noch Auftrag
  - ...
- In allen Fällen Nachrichtenwiederholung sinnvoll
- ... und wie geht es weiter?

Server-Abstürze

- Schnellstmöglicher Ersatz des ausgefallenen Servers
  - Elektion unter den Ersatzservern
  - Neustart eines Ersatzservers
- Zustandsverluste
  - Partieller oder vollständiger Gedächtnisverlust
  - Amnesia Failures
- At-Least-Once
  - Unkritisch
- At-Most-Once
  - Ersatzserver: Wurde der Auftrag schon ausgeführt?
  - Unter Umständen aufwendiges Loggen

Zustandsbehafteter Server

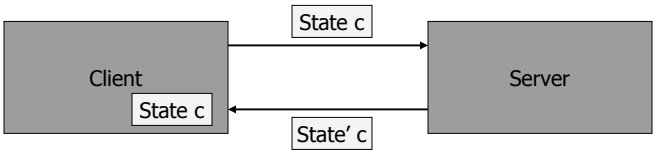
- Relevanter Serverzustand
  - Zustand für korrekte Diensterbringung notwendig
    - Zustand der Clientverbindung
    - Information über kausal abhängige Auftragsfolgen
    - Liste der ausgeführten Aufträge (At-Most-Once)
    - ...
  - Nicht gemeint sind
    - lokale Variablen u.ä.
    - Dateien eines Dateiservers
- Primär leistungssteigernde Maßnahme



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.11

Zustandslose Server

- Umgehen der Zustandsproblematik
- Verlagerung des relevanten Zustands in den Client
  - Client speichert Zustandsinformation
  - Notwendige Zustandsinformation ist Teil des Auftrags
  - Reply aktualisiert auch client-seitigen Zustand
- Nachteile
  - Größere Nachrichten



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.12

Beispiel: Dateiserver

- Ausgangspunkt: Zustandsbehafteter Server
- Elemente des Serverzustands
  - Dateideskriptor (explizit)
  - Aktuelle Position innerhalb der Datei (implizit)
  - Dateipuffer (implizit)
  - ...
- Auswirkungen der Semantik
  - At-Most-Once?
  - At-Least-Once?
- Server-Absturz?

```
Client:
    fd = send(OPEN,name,READ)
        to server;
    data = send(READ,fd) to server;
    ...
    Send(CLOSE) to server;
```

```
Server:
    receive(OPEN,name,mode) from client {
        fd = open(name,mode,...);
        reply(fd) to client;
    }

    receive(READ,fd) from client {
        data = read(fd,...);
        reply(data) to client;
    }
```


Verlagerung des Serverzustands

- Kein serverseitiger Deskriptor
  - Übermittlung des symbolischen Dateinamens in jedem Auftrag
  - Speicherung der Leseposition auf Clientseite
- Öffnen und Schließen einer Datei erübrigt sich
- Auswirkungen auf Semantik
  - At-Most-Once?
  - At-Least-Once?
- Server-Absturz
- Weitere Probleme
  - Sperren von Dateien?
  - Performanz

```
Client:
    data = send(READ,name,pos)
        to server;
    ...
```

```
Server:
    receive(READ,name,mode) from client {
        fd = open(name,mode,...);
        lseek(fd,pos,...);
        data = read(fd,...);
        reply(fd) to client;
        close(fd);
    }
```

Unkritischer Serverzustand

- „Caching" von Serverzustand auch in einem zustandslosen Server möglich
- Vollständiger Zustand aus Auftrag wieder herleitbar
- Gelegentliches Aufräumen

```
Client:
    data = send(READ,name,pos)
        to server;
    ...
```

```
Server:
    receive(READ,name,mode) from client {
        if ((name,client) in cache)
            fd = cached_fd(name,client);
        else {
            fd = open(name,mode,...);
            lseek(fd,pos,...);
        }
        data = read(fd,...);
        reply(fd) to client;
        close(fd);
    }
```

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.15

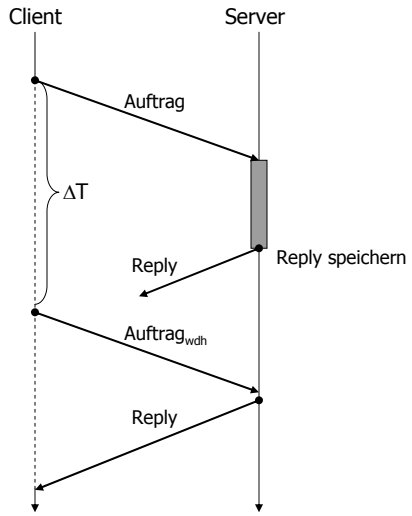
Idempotente Aufträge

- Wiederholung desselben Auftrags liefert dasselbe Ergebnis
- Viele Aufträge inhärent idempotent
- Lösung bei nicht-idempotenten Aufträgen
  - Aufträge enthalten alle notwendige Zustandsinformation
  - Zustandsloser Server
- Rätselecke:
  - Gibt es inhärent nicht-idempotente Aufträge?
  - Wie werden diese trotzdem idempotent?

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.16

Lösung

- Speicherung fertiggestellter Aufträge
- Bei Wiederholungsauftrag gespeichertes Reply erneut zurücksenden
- Wann kann man gespeicherte Replies löschen?
- Dilemma
  - Zustandsbehafteter Server unumgänglich



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.17

Server-Realisierungen

- Iterativer Server
  - Maximal ein Auftrag in Bearbeitung
  - Vorteile
    - Einfache Realisierung
  - Nachteile
    - Unter Umständen lange Antwortzeiten
    - Reihenfolger der Bearbeitung liegt fest
- Konkurrenter Server
  - Mehrere Aufträge gleichzeitig in Bearbeitung
  - Vorteile
    - Leistungssteigerung (Multiprozessor, Auftragsreihenfolge, Blockadezeiten)
  - Nachteile
    - Komplexere Realisierung
    - Synchronisation

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.18

Realisierungsvarianten eines konkurrenten Servers

- Multiplex-Server
  - Server unterteilt größere Aufträge selbst in kleinere Einheiten
  - Explizite Verwaltung der Bearbeitungszustände
  - Problematik: Blockierende Systemaufrufe
- Multithreaded Server
  - Leichtgewichtige Threads in einem Adreßraum
  - Kommunikation über gemeinsamen Speicher
  - Speicherbasierte Synchronisation
- Multi-Process Server
  - Mehrere Prozesse
  - Typische Organisationsform: Manager und Worker-Pool
  - Kommunikation über Nachrichten
  - Verteilte Synchronisationsverfahren

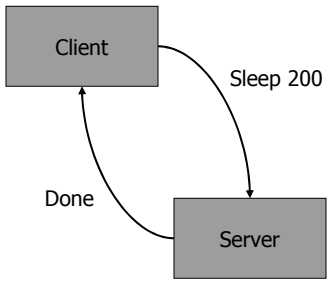
Neuerzeugen oder Wiederverwenden

- Betrifft Worker in einem konkurrenten Server
- Neuerzeugung eines "Workers"
  - Vorteile
    - Gute Ressourcenbelegung
    - Einfache Implementierung
  - Nachteile
    - Höhere Latenz

- Wiederverwendung der beendeten "Worker-Hülsen"
  - Vorteile
    - Geringere Latenz
  - Nachteile
    - Belegung von Systemressourcen
    - Komplexe Implementierung

Beispiel: Der Schlafserver

- Auswirkungen der Servervarianten untersuchen
  - Kommunikationskosten nicht meßrelevant
  - Einfache TCP-Realisierung
- Server "schläft" für die angegebene Zeit
- Vergleichbar einer E/A-Blockade
  - Block lesen und schreiben
  - Netzkommunikation (Auftrag an weiteren Server)
  - Synchronisation



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.21

Der Schlafclient

```
int main ( int ac, char ** av ) {
    TCP_Socket sock;
    Server_Address saddr;

    host = av[1]; port = av[2];
    loops = av[3]; delay = av[4];
    saddr = Server_Address(host,port);
    sock.connect(saddr);
    watch.start();
    for (int i=0;i<loops;i++) {
        sprintf(buf,"sleep %d",delay);
        sock.send(buf,strlen(buf));
        sock.receive(buf,sizeof buf);
        assert(strcmp(buf,"done") == 0);
    }
    watch.stop();
    average_delay = watch.msecs() / loops;
}
```

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 11.22

1. Iterativer Server (Single-Haushalt)

```
int main ( int ac, char **av ) {
    TCP_Socket asock;
    TCP_Socket *csock;

    asock.bind();
    printf("Sleeping at port %d\n",asock.port());
    while (1) {
        csock = asock.accept();
        csock->receive(buf,sizeof buf);
        sscanf(buf,"sleep %d",&delay);
        if (delay>0) sleep(delay);
        sprintf(buf,"done");
        csock->send(buf,strlen(buf));
        delete csock;
    }
}
```


2. Multithreaded Server (WG)

- Übung

3. Multi-Process Server (Hotel)

```
int main ( int ac, char **av ) {
    TCP_Socket asock;
    TCP_Socket *csock;

    asock.bind();
    printf("Sleeping at port %d\n",asock.port());
    while (1) {
        csock = asock.accept();
        if (fork() == 0) {
            csock->receive(buf,sizeof buf);
            sscanf(buf,"sleep %d",&delay);
            if (delay>0) sleep(delay);
            sprintf(buf,"done");
            csock->send(buf,strlen(buf));
            exit();
        }
        delete csock;
    }
}
```