UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät IV
Betriebssysteme und verteilte Systeme
Prof. Dr. rer. nat. Roland Wismüller

Aufgabenblatt 2
Musterlösung

Vorlesung Verteilte Systeme
Sommersemester 2020

Aufgabe 1: Kommunikationsformen in verteilten Systemen

Bei gesicherten Nachrichtenströmen wird in der Regel zwischen zwei Kommunikationspartnern eine virtuelle Verbindung aufgebaut, über die dann der Datenaustausch erfolgt. Dabei ist sichergestellt, dass keine Pakete verloren gehen (es sei denn, die Verbindung bricht zusammen, was aber dann von beiden Partnern festgestellt wird). Weiterhin werden die Pakete in genau der Reihenfolge empfangen, wie sie auch gesendet wurden. Die Verbindung verhält sich im Wesentlichen wie eine Pipe.

Bei Datagrammen hingegen handelt es sich um einzelne, voneinander unabhängige Pakete. Diese können bei Problemen auf darunterliegenden Netzwerkschichten verlorengehen, ohne dass eine von beiden Seiten dies merkt. Auch über die Paketreihenfolge gibt es keine Garantien.

Die Vorteile der gesicherten Verbindung sind offensichtlich. Mögliche Einsatzgebiete sind die Übertragung größerer Datenmengen (z.B. ftp) oder generell alle Arten von Verbindungen, die sitzungsorientiert ablaufen (z.B. telnet, ssh).

Auf Datagramme greift man zurück, wenn man den zusätzlichen Overhead einsparen will und mit verlorengegangenen und in der Reihenfolge vertauschten Paketen zurechtkommen kann. Weiterhin sind mit Datagrammen Multicast-Verbindungen möglich. Ein Einsatzgebiet ist z.B. Webradio. Dabei sorgen auf dem Datagrammdienst aufsetzende Protokolle dafür, dass eine Reihenfolgevertauschung und ein Paketverlust erkannt wird. Einzelne verlorengegangene Pakete können hier in der Regel kompensiert werden, indem der Audiostrom interpoliert wird. I.A. verwenden alle Echtzeit-Protokolle, bei denen eine geringe Latenzzeit wichtiger ist als die Vollständigkeit der Daten, Datagramme. Ein weiteres Beispiel sind hier Positionsübertragungen bei Multiuser-Spielen.

Aufgabe 2: Datenformat-Konvertierung

Die Daten müssen deshalb konvertiert werden, weil ein verteiltes System im allgemeinen heterogen aufgebaut sein kann. Daher kann die interne Darstellung der Daten auf den einzelnen Knoten des Systems unterschiedlich sein. Die wichtigste Art der Heterogenität ist hier der Einsatz unterschiedlicher Prozessoren und Betriebssysteme. Damit die verschiedenen Prozesse sich trotzdem verstehen, werden die Daten vor dem Verschicken in der Regel in ein gemeinsames (kanonisches) Netzwerk-Datenformat konvertiert und beim Empfänger entsprechend wieder zurückgewandelt.

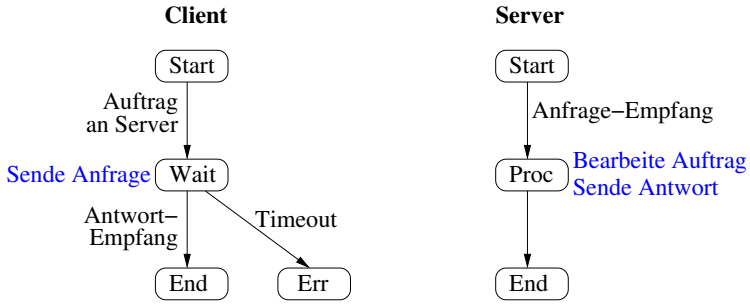
Wichtige Aspekte für verschiedene Datentypen:

- *Ganzzahltypen:* Das häufigste Problem hier ist das der *Byte Order*, also der Reihenfolge, in der die einzelnen Bytes eines größeren Ganzzahltytps im Speicher abgelegt sind. Man unterscheidet hier *big endian* und *little endian*. Würde keine Konvertierung durchgeführt, so würde die (vorzeichenlose) *big endian* 16-Bit-Zahl 3 auf einem *little endian*-System zur Zahl 49152. Hier reicht also in der Regel, sich auf eines der beiden Formate zu einigen und ggf. zu konvertieren.
- *Floating-Point:* Hier ist die Lage etwas komplizierter, da Gleitkommazahlen nicht so einfach aufgebaut sind. Wesentlichie Probleme sind hier unterschiedliche Bit-Anzahlen bei Mantisse oder Exponent. Weiterhin können die Zahlen zu unterschiedlichen Basen abgespeichert sein, am häufigsten sind Zahlen zur Basis 2 und 10. I.A. ist keine exakte 1-zu-1-Abbildung aller Fließkomamzahlen eines Systems zu denen eines anderen Systems durchführbar. Heute arbeiten allerdings die meisten Rechner mit der standardisierten Darstellung nach IEEE 754.

- *Strings:* Hier ist eine Konvertierung zwischen unterschiedlichen Zeichensätzen notwendig, weil ein Byte oder Wort in verschiedenen Zeichensätzen als unterschiedliche Zeichen interpretiert wird. Manche Zeichen fehlen in einigen Zeichensätzen sogar komplett. Zudem gibt es Zeichensätze mit 8-Bit- (z.B. ASCII, ISO-8859-1), 16-Bit (z.B. Java: Unicode) und 32-Bit-Zeichen.

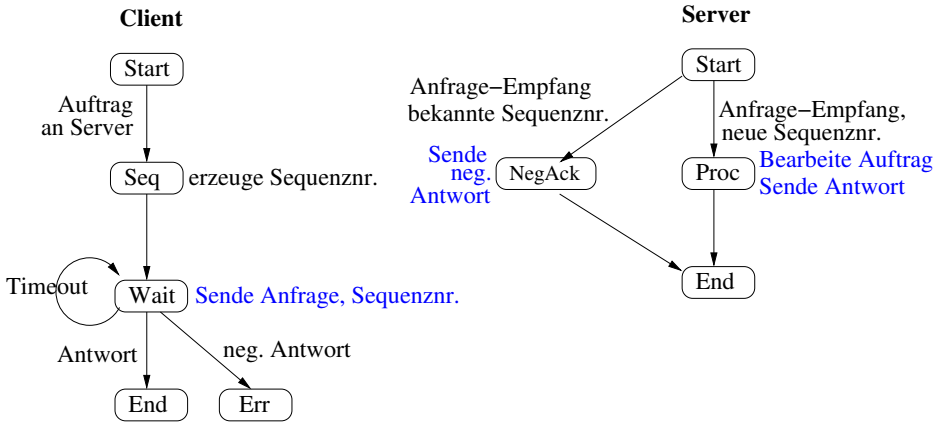
Aufgabe 3: Semantik der Client/Server-Kommunikation

a) Die folgende Abbildung zeigt Zustandsdiagramme für Client und Server bei einer Implementierung der *at most once* Semantik:



Der Server bleibt hier unverändert. Der Client terminiert jedoch auch schon bei einem Timeout-Ereignis. In diesem Fall ist nicht sicher, ob der Auftrag auf dem Server abgearbeitet wurde, oder ob bereits die Anfrage-Nachricht zum Server verloren ging.

Die folgende Abbildung zeigt die Zustandsdiagramme für Client und Server bei einer Implementierung der *exactly once* Semantik:



Hier wird jeder gesendete Auftrag mit einer eindeutigen Sequenznummer versehen, die auch bei Wiederholungen gleich bleibt. Der Client verhält sich wie bei der Implementierung der *at least once* Semantik: er wiederholt solange den Auftrag an den Server, bis er eine Antwort erhält. Der Server hingegen prüft beim Eintreffen einer Anfrage, ob er die Anforderung mit dieser Sequenznummer noch nicht bearbeitet hat. Ist dies der Fall, so wird der Auftrag bearbeitet und das Ergebnis dem Client geschickt. Wenn die Sequenznummer jedoch schon bekannt ist, dann wird im einfachsten Fall direkt eine negative Antwort an den Client geschickt, ohne der Auftrag neu auszuführen. Im Allgemeinen sollte aber die ursprünglich berechnete Antwort zwischengespeichert werden, um sie dem Client dann erneut zu senden. Dazu muß der Server jedoch für jeden Client die jeweils letzte Antwort (auf unbestimmte Zeit) zwischenspeichern. Erst bei Eintreffen der nächsten Anfrage vom gleichen Client kann der Server davon ausgehen, daß dieser Client die letzte Antwort erhalten hat.

b)

at least once Semantik	at most once Semantik
das Drücken eines Aufzugknopfs	Daten in einer Datei schreiben/anhängen
das Übersetzen eines Programms	das Bestellen einer Pizza
einen Kontoauszug holen	eine elektronische Überweisung tätigen
	eine Stimme abgeben in einem elektronischen Wahlservice

Aufgabe 4: Request/Reply-Protokoll

Es müssen die drei Operationen *doOperation*, *getRequest* und *sendReply* auf Basis von *send* und *recv* implementiert werden. Da keine Fragmentierung von Nachrichten notwendig ist, muss pro Nachricht nur genau ein Paket versendet werden. Um das Protokoll wie gefordert möglichst overheadfrei zu halten, ist die prinzipielle Idee Folgende:

Für einen kompletten request-reply-Zyklus werden genau 2 Pakete geschickt, nämlich die Anfrage des Clients selbst und dann die Antwort des Servers darauf. Die Antwort dient gleichzeitig als implizite Bestätigung des Erhalts der Nachricht. Wenn innerhalb einer bestimmten Zeitspanne eine Antwort ausbleibt, wird davon ausgegagen, dass das Paket verlorengegangen ist, und es muss neu verschickt werden. Damit Anfragen und Antworten zugeordnet werden können, werden eindeutige Sequenznummern erzeugt und an die Nachrichten angehängt. Folgender Pseudo-Code-Auszug zeigt einen typischen Ablauf im Client. Dieser besorgt sich die Adresse des Servers (z.B. von einem Namensdienst) und erzeugt eine Request-Nachricht. Dann stellt er die Anfrage an den Server und verarbeitet die Antwort:

```
severaddr = getServerAddr();
request = createRequest();
doOperation(serveraddr, request, repl);
handleReply(repl);
```

Der Server läuft typischerweise in einer Endlosschleife, in der er beliebige Anfragen entgegennimmt, diese bearbeitet und schließlich eine entsprechende Antwort zurückschickt.

```
for ( ; ; )
{
  getRequest(clientaddr, request);
  repl = handleRequest(request);
  sendReply(clientaddr, repl);
}
```

Es folgen beispielhafte Implementierungen der drei geforderten Operationen:

a) Die *doOperation* Operation wird implementiert, indem das Paket mittels *send* verschickt wird und anschließend auf eine Antwort gewartet wird. Bleibt diese innerhalb einer bestimmten Zeit aus (hier 5s), so wird das Paket erneut gesendet. Eine ernsthafte Feherbehandlung sollte nach einer maximalen Anzahl von Wiederholungen aufgeben.

```
doOperation(in s_address, in request, out reply)
{
  ok = false;
  while (! ok)
  {
    send(s_address, request);
    ok = recv(s_address, reply, 5s);
  }
}
```

b) *getRequest* ist die aufwendigste Funktion. Sie wartet auf das Eintreffen einer beliebigen Nachricht. Im Regelfall wird diese Nachricht mittels *recv* entgegengenommen und die Nachricht-Id in einem assoziativen Array (Map) gespeichert. Die Funktion kehrt dann zurück. Wird jedoch eine Anfrage wiederholt empfangen (d.h. sie ist in der Map bereits eingetragen), dann wird überprüft, ob schon eine Antwort generiert wurde. Ist dies der Fall, wird diese erneut gesendet. Wenn nicht, wird die Nachricht ignoriert.

```
getRequest(out address, out request)
{
  newrequest = false;
  while (! newrequest)
  {
    recv(address, request, -1);          // no timeout
    if (map.lookup(request.id, reply))
```

```
    {
      if (reply != 0)
        sendReply(address, reply);
    }
    else
    {
       newrequest = true;
       map.store(request.id, 0);
    }
  }
}
```

c) *sendReply* wird umgesetzt, indem ganz einfach das Antwortpaket gesendet wird. Anschließend wird die Antwort in dem schon vorhandenen Eintrag der Map gespeichert, damit diese bei Verlust des Paketes im Netz ereneut gesendet werden kann.

```
sendReply(in address, in reply)
{
  send(address, reply);
  map.store(reply.id, reply) // store reply in a map
}
```

Aufgabe 5: Middleware

Im Prinzip könnte ein zuverlässiger Multicast-Dienst einfach Teil der Transportschicht oder sogar der Netzwerkschicht sein. Bspw. wird der unzuverlässige IP-Multicasting-Dienst in der Netzwerkschicht implementiert. Weil diese Dienste jedoch momentan noch nicht zur Verfügung stehen, werden sie im Allg. unter Verwendung von Diensten auf der Transportschicht implementiert, wodurch sie automatisch in der Middleware platziert werden. Geht es jedoch um die Skalierbarkeit, kann die Zuverlässigkeit nur dann garantiert werden, wenn die Applikationsanforderungen berücksichtigt werden. Dies ist ein starkes Argument für die Implementierung solcher Dienste auf höheren, weniger allgemeinen Schichten.

Aufgabe 6: Transparenz des RPC

Der Systemaufruf würde auf einem anderen Knoten ausgeführt. Das ist z.B. problematisch, wenn aus einer geöffneten Datei gelesen werden soll (sie wäre auf dem anderen Knoten nicht zugreifbar oder zumindest nicht geöffnet). Auch Bildschirm-Ausgabe oder das Setzen eines Alarm-Timers wären sicher problematisch.

Als Abhilfe kann man Systemaufrufe abfangen und (wieder per RPC) zurück an den Client-Rechner schicken.