

Probeklausur

Rechnernetze und Verteilte Systeme

29. Januar 2021

Musterlösung

Matrikelnummer 000 0000

Bitte beachten Sie folgende wichtige Hinweise:

- Tragen Sie vor Beginn der Klausur Name, Matrikelnummer und Studiengang auf der Titelseite ein. Prüfen Sie, ob Sie alle 8 Seiten erhalten haben. Teilen Sie eventuelle Unstimmigkeiten vor Beginn der Prüfungsaufsicht mit.
- Es sind ausschließlich folgende zwei Hilfsmittel erlaubt: Ein Taschenrechner (ohne Kommunikationsmöglichkeiten und ohne Speicher für Text und Dateien) und ein einzelnes handbeschriebenes A4-Blatt mit persönlichen Notizen.
- Die Prüfung dauert 60 Minuten. Für jede Aufgabe finden Sie eine Angabe mit den erreichbaren Punkten. Rechnen Sie grob mit einer Minute pro Punkt; so bleibt genügend Zeit für ein erstes Durchlesen und eine abschliessende Korrekturphase.
- Antworten Sie knapp, eindeutig und leserlich. Lesen Sie die Aufgaben genau, bevor Sie antworten. Streichen Sie falsche Antworten eindeutig durch. Verwenden Sie nur Kugelschreiber. Unleserliche, uneindeutige oder in sich widersprüchliche Antworten werden als falsch gewertet.
- Es werden ausschließlich Antworten auf den 8 Seiten der Klausur bewertet. Falls Sie mehr Platz benötigen finden Sie am Ende der Klausur zusätzliche, leere Antwortfelder. Geben Sie in diesen exakt an, auf welche Aufgabe sich die hier angegebenen Antworten beziehen.

Viel Erfolg!

Aufgabe	Max. Punkte	Punkte
1	10	.....
2	20	.....
3	20	.....
$\Sigma$	50	.....

# 1 Heimnetzwerk (10 Punkte)

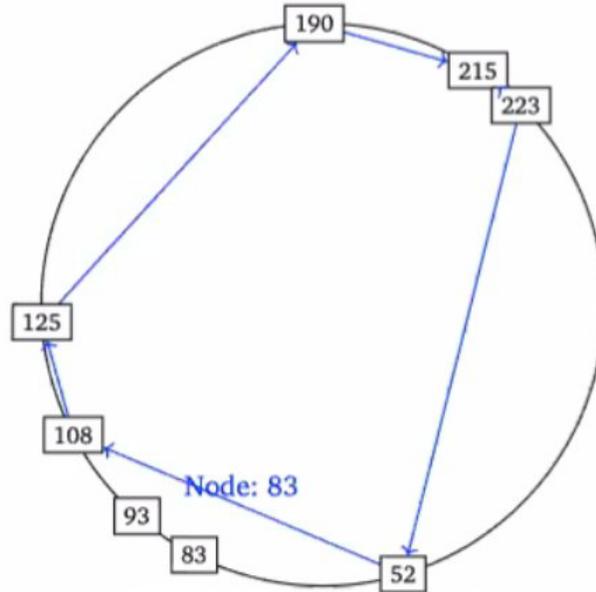
Nehmen Sie an, Sie verbinden ihren PC mit einem Netzwerk (z.B. via Ethernet) und haben noch keine gültige IP-Adresse. In dem Netzwerk befindet sich ein handelsüblicher "Router" mit der lokalen IP 192.168.178.1. Welche Nachrichten müssen (innerhalb ihres Heimnetzwerks) ausgetauscht werden, wenn Sie in ihrem Browser `www.example.org` aufrufen und bevor die HTTP-Daten übertragen werden?

1. PC broadcastet DHCPDISCOVER<sup>(1)</sup>
2. Router antwortet per Unicast mit DHCPOFFER und bietet IP-Adresse an.<sup>(1)</sup>
3. PC beantragt angebotene IP-Adresse mit DHCPREQUEST (unicast).<sup>(1)</sup>
4. Router bestätigt IP mit DHCPACK(unicast). Ab jetzt kann die IP-Adresse verwendet werden.<sup>(1)</sup>
5. PC erfragt MAC-Adresse des Default Gateways 192.168.178.1 per ARP-REQUEST (broadcast).<sup>(1)</sup>
6. Router antwortet mit eigener MAC-Adresse per unicast mit ARP-REPLY.<sup>(1)</sup>
7. Ihr PC sendet DNS-Anfrage an Router für `www.example.org`<sup>(1)</sup>
8. Router antwortet (rekursiv) mit dem A-Record für `www.example.org`<sup>(1)</sup>
9. Eine TCP-Verbindung wird aufgebaut (3-Wege-handshake)<sup>(2)</sup>

## 2 DHT/P2P (20 Punkte)

### 2.1 Chord (10 Punkte)

Eine Distributed Hash Table benutzt *Chord* als Implementierung. Die Keys haben eine Länge von 8 Bits. Es sind 8 Knoten vorhanden. Die IDs der Knoten sind in der folgenden Grafik verzeichnet.



1. In welchen Knoten sind die Werte mit den Keys 99 bzw. 240 jeweils gespeichert? (2 Punkte)

108<sup>(1)</sup>, 52<sup>(1)</sup>

2. Knoten 108 möchte erfahren, welcher Knoten für den Key 77 zuständig ist. Zeichnen sie die notwendigen Nachrichten für die Abfrage in die oben gezeigte Grafik ein, wenn **keine** Finger-Tables benutzt werden, sowie die ID die an Knoten 108 zurückgegeben wird. (3 Punkte)

Wieviele Nachrichten werden **ohne** Benutzung von Finger-Tables **maximal** benötigt, um im dargestellten System von einem beliebigen Knoten einen beliebigen Key abzufragen? (1 Punkt)

Maximal 7 Nachrichten<sup>(1)</sup>

3. Stellen sie die Finger-Table der Knoten 52 und 215 auf. (4 Punkte)

i	ft <sub>52</sub> [i] <sup>(2)</sup>	ft <sub>215</sub> [i] <sup>(2)</sup>
0	83	223
1	83	223
2	83	223
3	83	223
4	83	52
5	93	52
6	125	52
7	190	93

## 2.2 Peer-to-Peer (10 Punkte)

Angenommen Sie möchten eine Datei von ihrem Server auf 10 verschiedene Client-Rechner verteilen. Ihr Server hat eine Down- und Uploadrate von 10 Mbit/s. Die Clients haben jeweils eine Downloadrate von 2 Mbit/s und eine Uploadrate von 2 Mbit/s. Die Datei ist 1 Mbit groß.

1. Wie lange benötigen Sie, um die Datei auf alle Clients zu verteilen, wenn Sie nach dem Client-Server-Prinzip verfahren? Geben Sie Ihren Rechenweg mit an! (2 Punkte)

$$T = \max\left\{\frac{N \cdot F}{u_s}; \frac{F}{u_c}\right\} = \max\{1s; 0,5s\} = 1s \quad (0,5P \text{ Rechnung} + 0,5P \text{ Ergebnis})$$

$\nwarrow u_s$

2. Wie lange benötigen Sie, um die Datei auf alle Clients zu verteilen, wenn Sie nach dem Peer-to-Peer-Prinzip verfahren? Die Verzögerung durch den Aufbau der Pipeline dürfen Sie vernachlässigen. Geben Sie Ihren Rechenweg mit an! (2 Punkte)

$$T = \max\left\{\frac{F}{u_s}; \frac{F}{d_{\max}}; \frac{NF}{u_s + N \cdot u_c}\right\} = \max\{0,1s; 0,5s; 1/3s\} = 0,5s \quad (0,5P \text{ Rechnung} + 0,5P \text{ Ergebnis})$$

$\nwarrow 0,1s$

$\nwarrow u_s \quad \nwarrow u_s \quad \nwarrow u_c$

3. Was ist damit gemeint, wenn Peer-to-Peer-Netzwerke als *selbst-skalierend* (*self-scaling*) bezeichnet werden? (2 Punkte)

Selbst-skalierend bezeichnet die Eigenschaft eines P2P Netzes, dass mit steigendem Bedarf, also steigender Nutzerzahl, gleichzeitig auch die vorhandene Kapazität steigt.

Lösungsansatz um diese zu beheben. (4 Punkte)

- Nutzer verwendet Ressourcen ohne beizutragen<sup>(2)</sup>
- Schadet dem Netzwerk, das aus den Ressourcen der Peers aufbaut.<sup>(1)</sup>
- Bevorzugung von Nutzern die beitragen.<sup>(1)</sup>

### 3 Transportschicht (20 Punkte)

#### 3.1 Kanalkapazität (10 Punkte)

Die Universität Paderborn möchte ihre Netzwerkverbindung zwischen dem Hauptcampus und der Fürstenallee verbessern, und plant dafür einen Radfahrer einzusetzen, der täglich mit einem Rucksack beladen mit Festplatten zwischen dem O-Gebäude (Hauptcampus) und dem HNI (Fürstenallee) hin und her fährt.

Die Entfernung zwischen diesen beiden Gebäuden beträgt  $d = 5$  km, und ein geübter Radfahrer benötigt für eine Richtung  $t_{\text{richtung}} = 1000$  s. Die Kapazität einer Festplatte ist  $C = 950$  Gigabyte, und sie hat eine Schreib- und Leserate von  $r = 100$  Megabyte/s. Der Radfahrer kann maximal  $n = 10$  Festplatten pro Fahrt transportieren. Zur Vereinfachung kann angenommen werden, dass das Be- und Entladen der Festplatten aus dem Rucksack keine Zeit in Anspruch nimmt. Hinweis: Die Berechnungen erfordern in der Regel keinen Taschenrechner.

1. Wie lange in Sekunden dauert es, bis alle 10 Festplatten mit Daten gefüllt sind? Es können alle Festplatten zur selben Zeit (gleichzeitig) beschrieben werden. (3 Punkte)

$$t_{\text{lesen\_schreiben}} = 1 \times \frac{C}{r} = 1 \times \frac{950000}{100} = 1 \times 9500 = 9500 \text{ s}^{(3)}$$

2. Wie lange dauert es, bis alle Daten geschrieben, zum O-Gebäude transportiert und wieder eingelesen worden sind? Es kann wiederum von allen Festplatten gleichzeitig gelesen/geschrieben werden. (3 Punkte)

$$t_{\text{gesamt}} = 2 \times t_{\text{lesen\_schreiben}} + t_{\text{richtung}} = 2 \times 9500 + 1000 = 20000 \text{ s}^{(3)}$$

3. Welcher Datenübertragungsrate entspricht dies (basierend auf der Berechnung von Punkt 2) in Megabyte/s? (3 Punkte)

$$r_{\text{gesamt}} = \frac{n \times C}{t_{\text{gesamt}}} = \frac{10 \times 950000}{20000} = 475 \text{ MB/s}^{(3)}$$

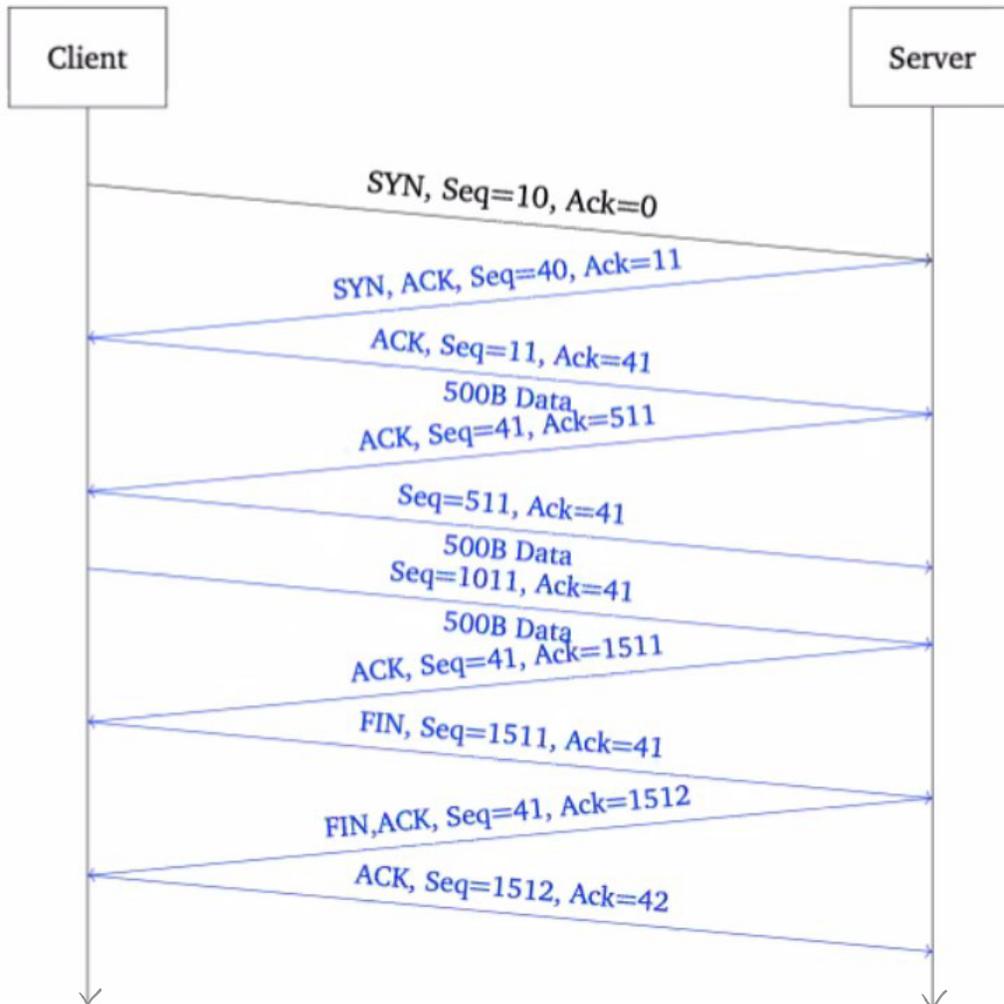
4. Was wurde bei dieser Art der Abschätzung vernachlässigt? (1 Punkt)

Overhead.<sup>(1)</sup>

### 3.2 TCP-Verbindungsaufbau (10 Punkte)

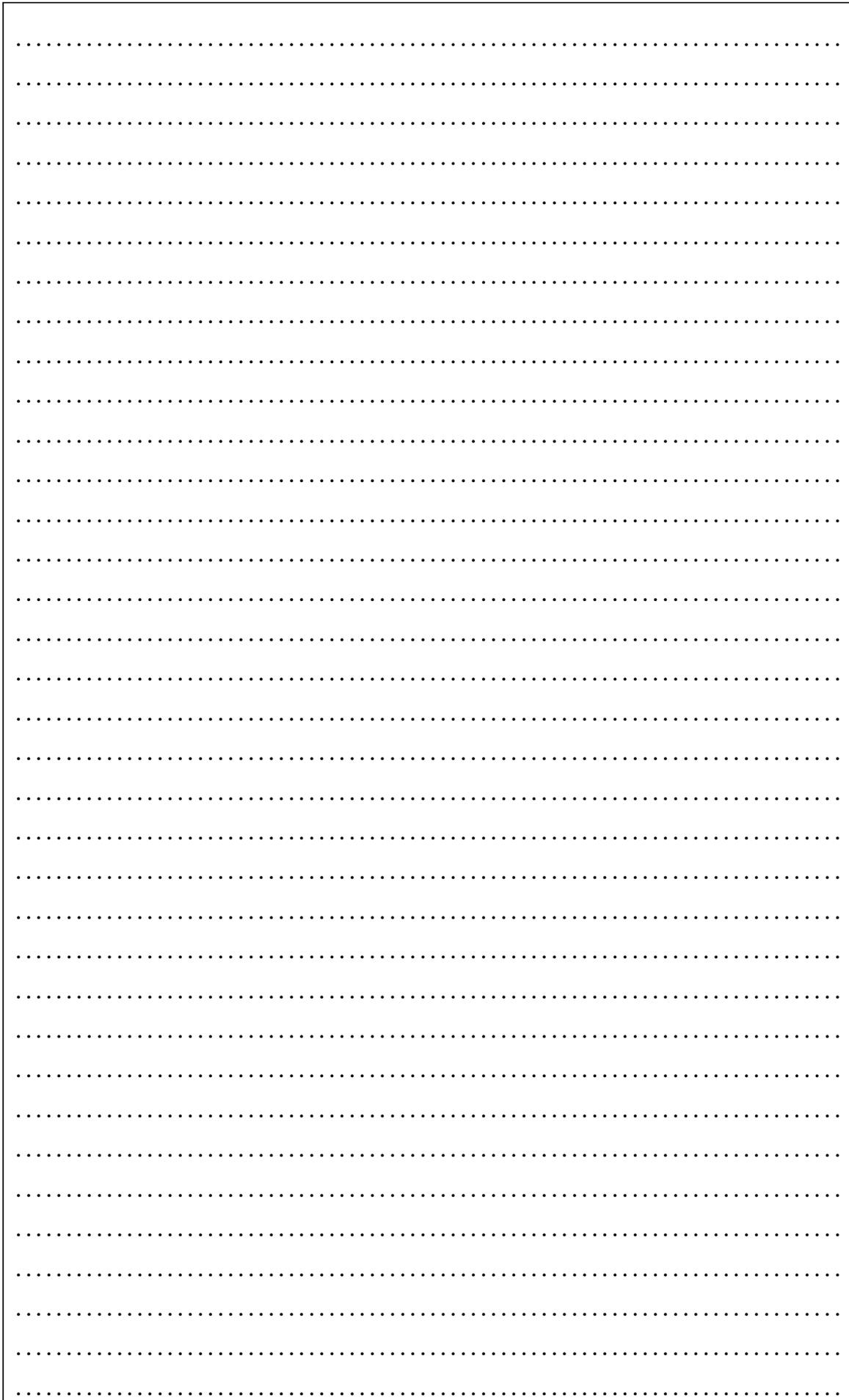
Tragen Sie in das folgende Diagramm die übermittelten Nachrichten für den Aufbau einer TCP-Verbindung und das Versenden von 1500B Nutzdaten vom Client zum Server sowie dem abschließenden Verbindungsabbau ein (vom Client initiiert). Der Client beginnt mit Sequenznummer Seq = 10 und der Server mit Seq = 40. Die Maximum Segment Size MSS beträgt 500B. Der Einfachheit halber wird keine Flußkontrolle angewandt, d.h., jedes Paket darf bis zu 500B Nutzdaten enthalten.

Geben Sie für jedes Segment die richtigen Flags, die Anzahl Datenbytes sowie die Sequenz- und ACK-Nummern an. (je 1 Punkt pro richtiger Nachricht, delayed ACK zählt dadurch 2 Punkte)





---

A large rectangular area containing 30 horizontal dotted lines for writing. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page, providing a template for handwritten answers.