



HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG (HTWG)
Fakultät Informatik
Rechner- und Kommunikationsnetze
Prof. Dr. Dirk Staehle

Vorlesung Rechnernetze (AIN 5 – SS 2016)

Klausur (K90)

Datum: 13. Juli 2016, 9:00

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Gesamtpunkte: 90

Name:

Matrikelnummer:

Semester:

Hinweise:

- Zur Klausur sind alle Unterlagen auf Papier zugelassen. Elektronische Hilfsmittel (Handy, Laptop, Tablet, etc.) außer einfachen Taschenrechnern sind nicht erlaubt.
- Falls Sie während der Klausur einen dringenden Anruf erwarten, bitte vorher anmelden. Ansonsten Handy ausschalten!
- Falls Sie sich gesundheitlich nicht in der Lage fühlen, die Klausur mitzuschreiben, bitte VOR der Klausur melden.
- Auf jedem Blatt Name und Matrikelnummer vermerken. Am Ende alle Blätter mit einer Heftklammer zusammenfügen oder die Angabe in den Bearbeitungsbogen legen.
- Geben Sie bei allen Aufgaben immer kurze Begründungen oder Rechenschritte an. Für eine falsche Antwort gibt es ohne Zwischenrechnung keine Teilpunkte.
- Auf der Teilnehmerliste unterschreiben.

Aufgabe 1 [Paketübertragung] (20 Punkte)

Gegeben sei die in Abbildung 1 dargestellte Übertragungsstrecke von einer Quelle Q zu einem Ziel Z, die über drei Router R_1, R_2 und R_3 verläuft. Die Link-Kapazitäten sowie die Ausbreitungsverzögerungen der vier Links sind in der Abbildung angegeben. Die Output-Buffer für alle Links können als unendlich angenommen werden. Zwischen Quelle Q und Ziel Z wird als Protokoll zur Datenflusssteuerung Go-Back-N mit einer Sendefenstergröße von 51 Paketen eingesetzt.

Hinweis: Geben Sie alle zeitlichen Ergebnisse in Millisekunden (abgerundet) an.

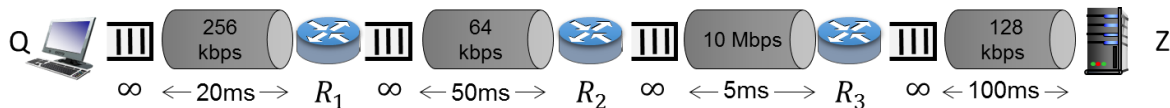


Abbildung 1

- Bestimmen Sie allgemein die Ende-zu-Ende Übertragungsdauer für ein Paket der Größe $L=800$ Bytes. (2P)
- Wie lange dauert die Übertragung eines Sendefensters von Q nach Z? (2P)
- Ist das Sendefenster groß genug, um die Übertragungsstrecke vollständig auszulasten, wenn ein ACK von Z nach Q 165 ms benötigt? Begründen Sie ihre Antwort. (2P)
- Betrachten Sie nun die in Abbildung 2 dargestellte Übertragungsstrecke mit begrenzten Pufferinhalten. Bestimmen Sie für jeden Link, welche Pakete vor diesem Link verloren gehen. Die Pakete seien mit P_1 bis P_{51} bezeichnet. (8P)

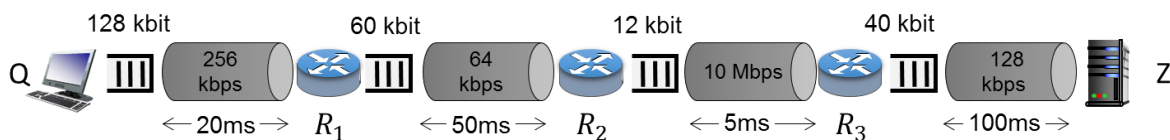


Abbildung 2

Hinweis: Wenn Sie Aufgabe 4) nicht beantworten konnten, gehen Sie im Folgenden davon aus, dass

- über Link 1 (Q- R_1) Pakete P_1 - P_{30} und $P_{32}, P_{34}, \dots, P_{50}$ übertragen werden
 - über Link 2 (R_1 - R_2) Pakete P_1 - P_{16} und $P_{18}, P_{20}, \dots, P_{50}$ übertragen werden
 - über Link 3 (R_2 - R_3) Pakete P_1 - P_{14} und $P_{16}, P_{20}, P_{24}, \dots, P_{48}$ übertragen werden
 - über Link 4 (R_3 -Z) Pakete P_1 - P_{14} und $P_{16}, P_{20}, P_{24}, \dots, P_{48}$ übertragen werden
- Wie lange dauert die Übertragung eines Sendefensters mit Go-Back-N bei der Übertragungsstrecke aus Abbildung 2? Der Timeout wird auf 200ms gesetzt. (4P)
 - Welches Sendefenster würden Sie für diese Übertragungsstrecke vorschlagen? Begründen Sie ihre Antwort. (2P)

Aufgabe 2 [HTTP] (20 Punkte)

In dieser Aufgabe wird eine Web-Seite betrachtet, die aus einem 3000 Byte großen HTML-Code und acht 12000 Byte großen Bildern besteht. Die Requests für den HTML-Code sowie für die Bilder haben eine Größe von 3000 Bytes. Der Download der Web-Seite erfolgt über eine Übertragungsstrecke, die durch eine Bottleneck-Link-Kapazität von 4 Mbps sowie eine Ende-zu-Ende-Ausbreitungsverzögerung von 20ms charakterisiert ist. Die Übertragungsverzögerungen für Header sind zu vernachlässigen.

Die Übertragung der Web-Seite erfolgt über Persistent HTTP. Die Maximum Segment Size (MSS) beträgt 1000 Bytes, das Initial Window beträgt 2 MSS und der Wert für den Retransmission Timeout wird auf das Vierfache der Round-Trip-Time gesetzt, die vom Versenden des SYN-Pakets bis zum Eintreffen der Bestätigung gemessen wird.

- 1) Bestimmen Sie die Page-Load-Time für diese Seite, wenn beim Versenden des GetRequests für das HTML-Objekt das Sendefenster der TCP Verbindung client-seitig $cwnd_c = 10 MSS$ sowie server-seitig $cwnd_s = 36 MSS$ beträgt. Weiterhin sei zu diesem Zeitpunkt $ssthresh_c = ssthresh_s = 8 MSS$. (4P)

- 2) Betrachten Sie die beiden Fälle, das

- a) das erste Segment für den Request von Bild 2 verloren geht (6P)
b) das ACK für das letzte zu Bild 3 gehörende Segment verloren geht (2P)

Skizzieren Sie den Verlauf der Übertragung für den Fall von Teilaufgabe 1) vom Absenden des Requests für das erste Bild bis zur vollständigen Übertragung von Bild 4. Vernachlässigen Sie dabei alle Übertragungsverzögerungen. Gehen Sie davon aus, dass alle Pakete eines Sendefensters gleichzeitig gesendet werden und nach der Ende-zu-Ende-Ausbreitungs-Verzögerung am Client eintreffen.

Hinweis: Stellen Sie jede Übertragung eines Segments oder ACKs durch einen eigenen Linienzug dar. Kommt es bei der gleichzeitigen Übertragung mehrerer ACKs oder Segmente nicht zu einem Paketverlust, so ist eine Linie mit der Anzahl der gesendeten Segmente ausreichend.

- 3) Wie verändert sich die Page-Load-Time, wenn vier TCP Verbindungen zur Übertragung geöffnet werden, deren Sendefenster client-seitig jeweils $cwnd_c = 6 MSS$ und server-seitig jeweils $cwnd_s = 20 MSS$ betragen? (4P)
- 4) Skizzieren Sie wie in Teilaufgabe 2) den Verlauf der Übertragung im Falle von drei TCP Verbindungen für den Fall, dass
- a) das erste Segment für den Request von Bild 2 verloren. (2P)
b) das ACK für das letzte zu Bild 6 gehörende Segment verloren geht (2P)

Skizzieren Sie in dieser Aufgabe die vollständige Übertragung vom ersten bis zum letzten Bild.

Name:

Matrikelnummer:

Aufgabe 3 [TCP] (15 Punkte)

Ein Sender überträgt über eine bereits geöffnete TCP Verbindung eine Anzahl von N Segmenten. Die TCP Verbindung und die Übertragungsstrecke sind durch die folgenden Parameter spezifiziert, falls in den Teilaufgaben keine gesonderte Angabe gemacht wird:

- Initial Window=4 Segmente, $IW=4 \cdot MSS$
- Retransmission Timeout: $5 \cdot RTT$
- ssthresh wird mit 1000 Segmenten initialisiert
- Die RTT wird von der Ausbreitungsverzögerung und nicht der Bottleneck-Bandbreite dominiert. Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Segmente eines Sendefensters gleichzeitig aber nacheinander am Empfänger ankommen und auch die daraufhin gesendeten Acknowledgements wieder gleichzeitig aber nacheinander am Sender ankommen.

Protokollieren Sie aus Sicht des Senders den Ablauf der Übertragung, wenn

1) das vierte von 25 übertragenen Segmenten verloren geht (einfacher) (10P)

oder

2) das vierte, fünfte und sechste von 30 übertragenen Segmenten verloren gehen (schwieriger) (15P)

Hinweis: Sie können wählen, ob Sie die erste oder die zweite Aufgabe beantworten wollen.

Die Beantwortung beider Aufgaben ist nicht möglich. Um die volle Punktzahl zu erreichen, ist die Beantwortung von Aufgabe 2) notwendig.

[illegible]

Aufgabe 3 [Bellman-Ford] (13 Punkte)

- 1) Betrachten Sie das in Abbildung 3 dargestellte Netz. Nach einem Ausfall des Links zwischen C und E stellen sich nach einiger Zeit die in Tabelle 1 eingetragenen Distanzvektoren ein. Diese sind allerdings noch nicht stabil. Tragen Sie die weiteren Änderungen der Distanzvektoren ein, wenn die Router in der Reihenfolge A-E ihre Updates senden. Gehen Sie davon aus, dass die Router ihre Updates nacheinander senden und die Änderungen des vorigen Updates bereits berücksichtigen können. (5P)
- 2) Das Routingprotokoll EIGRP ist ein Distance-Vector-Protokoll und benutzt den Bellman-Ford-Algorithmus, um die beste Route zu bestimmen. Die zugrundeliegende Default-Routing-Metrik ist für einen Pfad P ist

$$M(P) = \frac{10Gbps}{\min_{links \ell \in P} bw_{\ell}} + \sum_{links \ell \in P} \frac{delay_{\ell}}{10\mu s}$$

- a) Bestimmen Sie das Routing für das Beispielnetz in Abbildung 4 nach der EIGRP Metrik. (3P)
- b) Erklären Sie anhand des Beispiels, wie die EIGRP-Metrik in einem Distance-Vector-Protokoll realisiert werden kann. (5P)

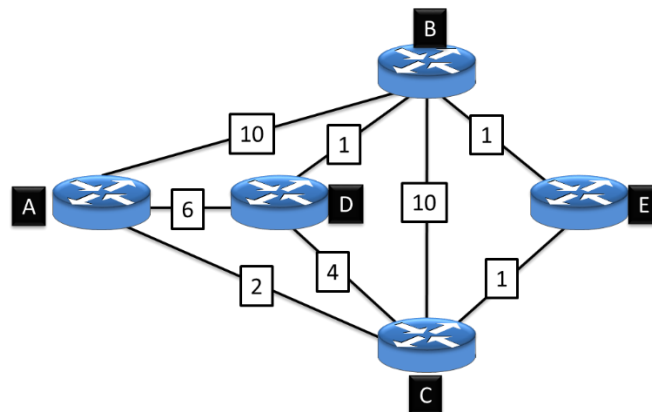


Abbildung 3: Netz für Bellman-Ford

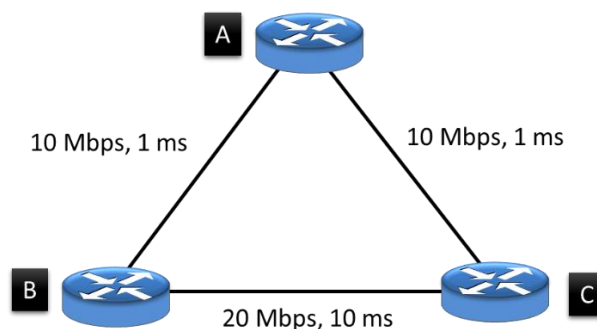


Abbildung 4: Netz für EIGRP

Name:

Matrikelnummer:

Tabelle 1: Distanzvektoren

Router A						
von		A	B	C	D	E
B	10,B					
C	2,C					
D	6,D					
E	x					
Router B						
von		A	B	C	D	E
A	10,A					
C	10,C					
D	1,D					
E	1,E					
Router C						
von		A	B	C	D	E
A	2,A					
B	10,B					
D	4,D					
E	x					
Router D						
von		A	B	C	D	E
A	5,B					
B	1,B					
C	3,B					
E	2,B					
Router E						
von		A	B	C	D	E
A	x					
B	1,B					
C	x					
D	2,B					

Aufgabe 4 [Intranet und LAN] (22 Punkte)

Betrachten Sie das in Abbildung 5 dargestellte Netz, das aus drei Routern R_1 bis R_3 , sechs Switches S_1 bis S_6 sowie diversen Hosts und Servern besteht. Das Netz ist über den Router R_3 mit dem Internet verbunden.

- 1) Kennzeichnen Sie alle Subnetze und bestimmen Sie, wie viele Internet-Adressen in dem jeweiligen Subnetz vergeben sind. Geben Sie eine kurze Begründung an. (2P)
- 2) Sie haben für dieses Netz die Adressbereiche 200.200.200.192/27, 200.200.200.80/29, 200.200.200.96/29, 200.200.200.104/29 und 200.200.200.112/30 zur Verfügung. Weisen Sie den Knoten im Netz IP-Adressen zu. Geben Sie dazu für jedes Subnetz die zugewiesenen IP-Adressen sowie die Subnetzmaske an. (3P)
- 3) Erstellen Sie zu ihrer Adress-Vergabe auch eine Routing-Tabelle in Router R_2 . Benennen Sie die Interfaces nach dem benachbarten Knoten z.B. $R_1 \setminus S_2$ (4P)
- 4) Betrachten Sie nun das in Abbildung 6 dargestellt Netz. Host A sendet ein UDP Paket an Host B. Notieren Sie in Tabelle 2, in welcher Reihenfolge welche Ethernet-Frames gesendet werden, um das Paket zu transportieren. Geben Sie dazu die Quell- und Ziel-MAC-Adressen sowie die Quell- und Ziel-IP-Adressen an, falls diese in den Headern vorkommen. Tragen Sie außerdem ein, auf welchen Links ein Ethernet-Frame gesendet wird und Daten welcher höheren Protokollschichten der Ethernet-Frame transportiert. Gehen Sie davon aus, dass seit längerer Zeit kein Ethernet-Frame gesendet wurde, so dass alle temporären Tabellen gelöscht wurden. (5P)

Hinweis: Sie können in der Tabelle eindeutige Abkürzungen für IP- und MAC-Adressen verwenden, z.B. AA für die MAC-Adresse von Knoten A oder *.9 für die IP-Adresse des Routers.

Name:

Matrikelnummer:

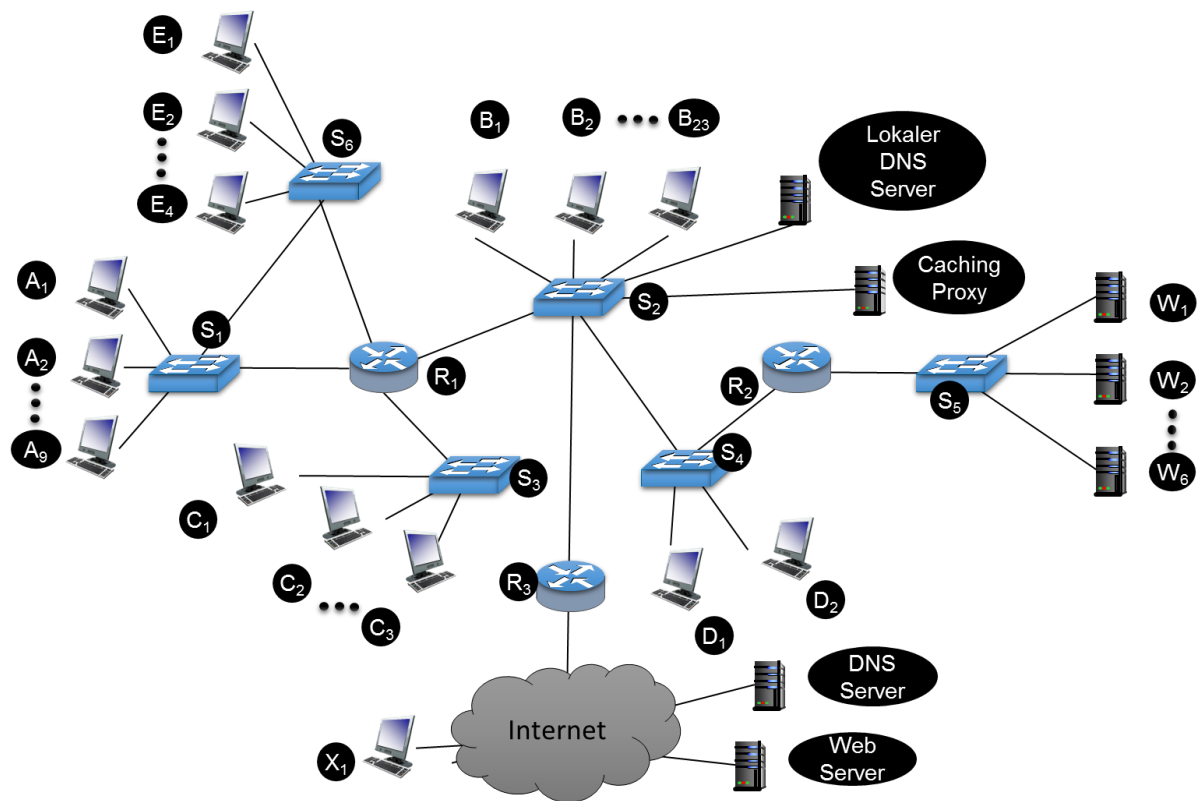


Abbildung 5: Netz für Aufgaben 4.1-4.3

IP: 100.100.100.5/29

MAC: AA:AA:AA:AA:AA:AA

IP: 100.100.100.13/29

MAC: BB:BB:BB:BB:BB:BB

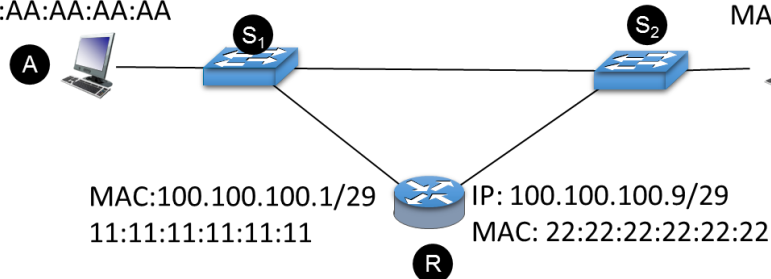


Abbildung 6: Netz für Aufgabe 4.4

Tabelle 2

Schritt	Src. MAC	Dst. MAC	Src. IP	Dst. IP	Links	Protokolle

Name:

Matrikelnummer:

- 5) Ein Router R habe die in der linken Hälfte von Tabelle 3 dargestellte Routing-Tabelle. Bestimmen Sie für die IP-Adressen auf der rechten Seite der Tabelle, auf welcher Route der Router R ein Datagramm mit dieser Ziel-IP-Adresse weiterleiten würde: (8P)

Hinweis: Die Spalte „IP Adressen“ muss nicht ausgefüllt werden, kann aber für „Zwischenergebnisse“ genutzt werden.

Tabelle 3

Route	Adress-Bereich	Subnetzmaske	IP Adressen	Liste der Ziel IP-Adressen	Route
1	0.0.0.0	0.0.0.0		172.20.133.1	
2	172.20.128.0	255.255.192.0		172.20.137.3	
3	172.20.160.0	255.255.224.0		172.20.137.26	
4	172.20.144.0	255.255.240.0		172.20.137.27	
5	172.20.136.0	255.255.248.0		172.20.137.64	
6	172.20.128.0	255.255.252.0		172.20.137.75	
7	172.20.137.128	255.255.255.128		172.20.159.1	
8	172.20.137.0	255.255.255.192		172.20.192.1	
9	172.20.137.32	255.255.255.224			
10	172.20.137.64	255.255.255.224			
11	172.20.137.0	255.255.255.240			
12	172.20.137.64	255.255.255.240			
13	172.20.137.16	255.255.255.248			
14	172.20.137.64	255.255.255.248			
15	172.20.137.28	255.255.255.252			
16	172.20.137.26	255.255.255.255			