



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

Vorlesung Rechnernetze (AIN 5 – WS 2015/16)

Klausur (K90)

Datum: 11. Februar 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 die richtige Antwort alleine gibt es nicht die volle Punktzahl. 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 20 Paketen eingesetzt.

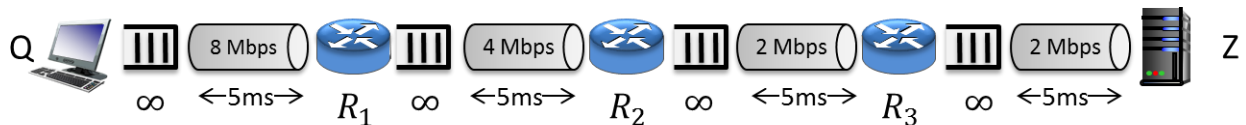


Abbildung 1

- 1) Bestimmen Sie allgemein die Ende-zu-Ende Übertragungsdauer für ein Paket der Größe $L=1000$ Bytes. (2P)
- 2) Wie lange dauert die Übertragung eines Sendefensters von Q nach Z? (2P)
- 3) Ist das Sendefenster groß genug, um die Übertragungsstrecke vollständig auszulasten, wenn ein Acknowledgement von Z nach Q 20ms benötigt? Begründen Sie ihre Antwort. (2P)
- 4) 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_{20} bezeichnet. (8P)

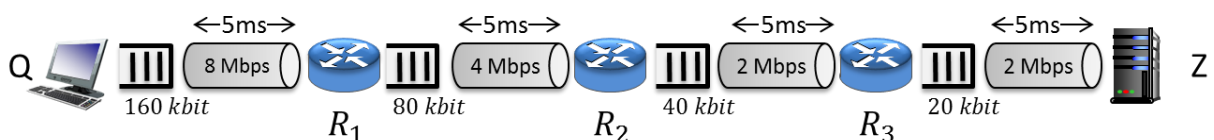


Abbildung 2

- 5) Wie lange dauert die Übertragung eines Sendefensters mit Go-Back-N bei der Übertragungsstrecke aus Abbildung 2? Der Timeout wird auf 150ms gesetzt. (4P)
- 6) Welches Sendefenster würden Sie für diese Übertragungsstrecke vorschlagen? Begründen Sie ihre Antwort. (2P)

Aufgabe 2 [HTTP] (25 Punkte)

In dieser Aufgabe wird eine Web-Seite betrachtet, die aus einem 1500 Byte großen HTML-Code und vier 10500 Byte großen Bildern besteht. Die Requests für den HTML-Code sowie für die Bilder haben eine Größe von 500 Bytes. Der Download der Web-Seite erfolgt über eine Übertragungsstrecke, die durch eine Bottleneck-Link-Kapazität von 40 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. Am Web-Server ist die TCP Version New Reno mit Fast Retransmit und Fast Recovery implementiert. Die Maximum Segment Size (MSS) beträgt 1500 Bytes, das Initial Window beträgt 3 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 $cwnd_c = 8 \text{ MSS}$ sowie server-seitig $cwnd_s = 36 \text{ MSS}$ beträgt. (4P)
- 2) Das letzte zu Bild 1 gehörende Segment geht verloren. Skizzieren Sie den Verlauf der Übertragung für den Fall von Teilaufgabe 1). (6P)

Vernachlässigen Sie dabei die Übertragungsverzögerungen. Gehen Sie davon aus, dass alle Pakete eines Sendefensters gleichzeitig gesendet werden und nach der Ende-zu-Ende-Ausbreitungs-Verzögerung am Client eintreffen.

- 3) Wie verändert sich die Page-Load-Time, wenn zwei TCP Verbindungen zur Übertragung geöffnet werden, deren Sendefenster client-seitig $cwnd_{c1} = 6 \text{ MSS}$ und $cwnd_{c2} = 5 \text{ MSS}$ sowie server-seitig $cwnd_{s1} = 20 \text{ MSS}$ und $cwnd_{s2} = 19 \text{ MSS}$ betragen? (7P)
- 4) Das letzte zu Bild 1 gehörende Segment geht verloren. Skizzieren Sie den Verlauf der Übertragung im Falle zweier TCP Verbindungen wie in Teilaufgabe 2). Vernachlässigen Sie auch in dieser Teilaufgabe die Übertragungsverzögerungen. (6P)
- 5) Erklären, wie es zu den Sendefestern in den vorigen beiden Teilaufgaben kommen kann. (2P)

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=2 Segmente, $IW=2 \cdot MSS$
- 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.

- 1) Die Übertragung erfolgt über die TCP Version Reno mit Fast Retransmit aber ohne Fast Recovery Mechanismus. Protokollieren Sie aus Sicht des Senders den Ablauf der Übertragung von $N=20$ Segmenten in Tabelle 1, wenn das sechste übertragene Segment verloren geht. (6P)

Tabelle 1

RTT	Angekommene ACKs	DUPACK	CWND	SSTHRESH	Gesendete Segmente	Kommentar
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Name:

Matrikelnummer:

- 2) Die Übertragung erfolgt über die TCP Version New Reno mit Fast Retransmit und Fast Recovery Mechanismus (wie in Vorlesung/Übung beschrieben). Protokollieren Sie den Ablauf der Übertragung von 16 Segmenten aus Sicht des Senders in Tabelle 2, wenn das sechste und das achte übertragene Segment verloren gehen. (9P)

Tabelle 2

RTT	Angekommene ACKs	DUPACK	CWND	SSTHRESH	Gesendete Segmente	Kommentar
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Aufgabe 3 [Bellman-Ford] (10 Punkte)

Betrachten Sie das in Abbildung 3 dargestellte Netz. Das Netz besteht aus 5 Routern A bis E, die mit 8 Links miteinander verbunden sind. Die Kosten der einzelnen Links sind jeweils in der Abbildung gegeben. Führen Sie für dieses Netz den Bellman-Ford Algorithmus durch, indem Sie die Änderungen in den Routing-Tabellen der einzelnen Router Schritt für Schritt in Tabelle 3 notieren. Jede Spalte in der Tabelle entspricht einem empfangenen Distanz-Vektor.

Gehen Sie davon aus, dass alle Router ihre Distanz-Vektoren gleichzeitig senden und dass ein Router die empfangenen Distanz-Vektoren in alphabetischer Reihenfolge der sendenden Router abarbeitet. Wenn also beispielsweise Router A in einer Runde Distanz-Vektoren der Router E, B und C erhält, dann werden diese in der Reihenfolge B-C-E abgearbeitet. Erst nachdem alle Router alle empfangenen Distanz-Vektoren abgearbeitet haben, senden diese wieder gleichzeitig ihre Updates.

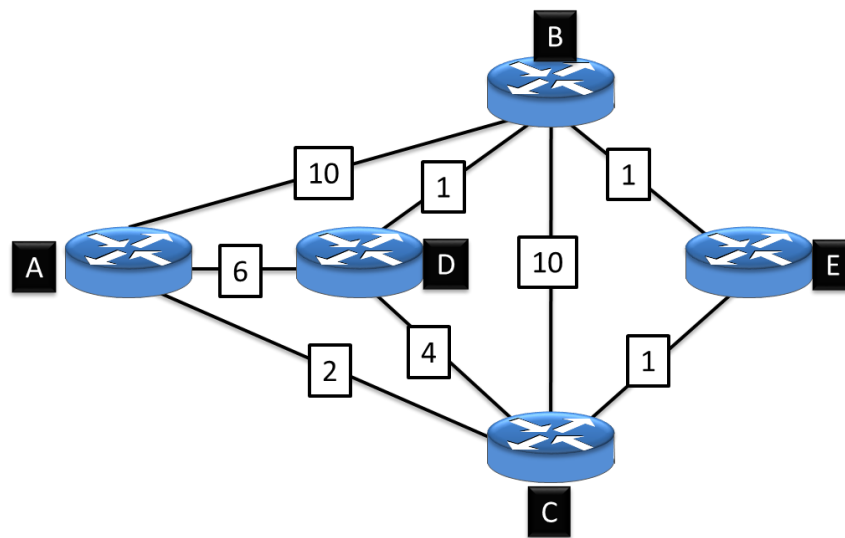


Abbildung 3

Name:

Matrikelnummer:

Tabelle 3

Router A															
von															
B															
C															
D															
E															
Router B															
von															
A															
C															
D															
E															
Router C															
von															
A															
B															
D															
E															
Router D															
von															
A															
B															
C															
E															
Router E															
von															
A															
B															
C															
D															

Aufgabe 4 [Intranet und LAN] (20 Punkte)

Betrachten Sie das in Abbildung 4 dargestellte Netz, das aus drei Routern R_1 bis R_3 , fünf Switches S_1 bis S_5 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 den Adressbereich 200.200.200.64/26 zur Verfügung. Weisen Sie den Knoten im Netz IP-Adressen zu. (3P)
- 3) Erstellen Sie zu ihrer Adress-Vergabe auch eine Routing-Tabelle in Router R_1 . Benennen Sie die Interfaces nach dem benachbarten Knoten z.B. $R_2 \backslash S_2$ (3P)
- 4) Client E_1 lädt eine Web-Seite vom Web-Server W_3 . Notieren Sie in Tabelle 4, in welcher Reihenfolge welche Ethernet-Frames innerhalb des Netzes gesendet werden, um das erste zwischen E_1 und W_3 gesendete IP-Paket zu transportieren. Geben Sie dazu die Quell- und Ziel-MAC-Adressen sowie die Quell- und Ziel-IP-Adressen an. 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 zwischen dem Router R_2 und den Web-Servern W_1 bis W_6 seit längerer Zeit kein Ethernet-Frame gesendet wurde, so dass alle temporären Tabellen gelöscht wurden. (4P)

Hinweis: Tragen Sie in der Tabelle keine echten MAC- und IP-Adressen sondern die Namen der Knoten (z.B. C) bzw. Netzwerkinterfaces (z.B. S/X für das Interface von Router S zu Switch X) ein. Die Notation für einen Link enthält die beiden durch den Link verbundenen Netzknoten wie z.B. C-Y für den Link zwischen Host C und Switch Y.

Name:

Matrikelnummer:

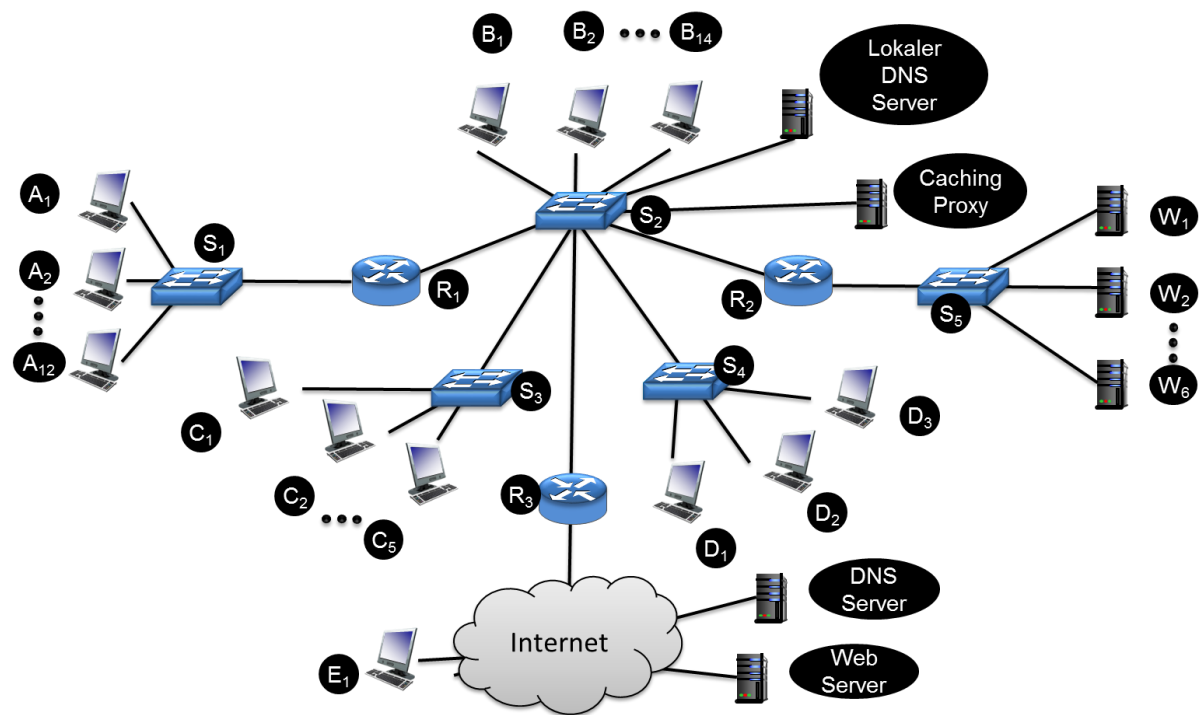


Abbildung 4

Tabelle 4

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 5 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: (5P)

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

Tabelle 5

Route	Adress-Bereich	Subnetzmaske	IP Adresse	Liste der Ziel IP-Adressen	Route
1	0.0.0.0	0.0.0.0		187.0.0.2	
2	187.0.0.0	255.255.0.0		187.0.2.0	
3	187.0.0.0	255.255.255.0		187.2.0.2	
4	187.0.0.0	255.255.255.254		187.133.3.14	
5	187.128.0.0	255.248.0.0		187.133.3.24	
6	187.133.0.0	255.255.248.0		187.133.4.13	
7	187.133.3.0	255.255.255.240		187.135.3.12	
8	187.133.3.20	255.255.255.252		187.140.4.13	
9	187.135.3.0	255.255.255.0		187.141.3.14	
10	187.135.4.8	255.255.255.252		187.153.3.14	
11	187.136.0.0	255.252.0.0			
12	187.144.0.0	255.240.0.0			

- 6) Ein Host H hat die IP-Adresse 200.200.200.47 und die Subnetzmaske 255.255.255.240. Die Adresse des Default-Gateways ist 200.200.200.35. Eine Anwendung sendet UDP Pakete zu folgenden IP-Adressen: (3P)

a) 200.200.200.16

b) 132.178.106.17

c) 200.200.200.44

Wie verfährt die IP-Schicht mit diesen Paketen?