



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

Vorlesung Rechnernetze (AIN 5 – SS 2017)

Klausur (K90)

Datum: 12. Juli 2017, 11:00

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] (19 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. Ebenso können Sie der Grafik die Größe der Output-Buffer für alle Links entnehmen. Zwischen Quelle Q und Ziel Z wird als Protokoll zur Datenflusssteuerung Selective Repeat mit einer Sendefenstergröße von 35 Paketen eingesetzt. Jedes Paket enthält 250 Bytes.

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

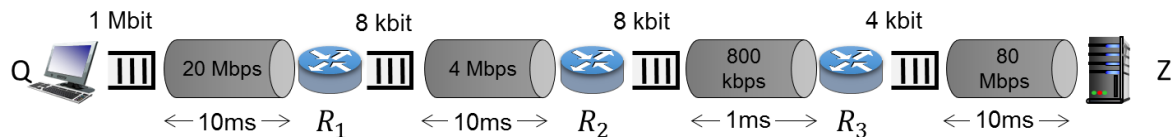


Abbildung 1: Übertragungsstrecke

- 1) Bestimmen Sie die Ende-zu-Ende Übertragungsdauer für ein Paket. (3P)
- 2) Wie lange dauert die Übertragung eines Sendefensters von Q nach Z? Gehen Sie hier davon aus, dass die Puffer groß genug sind, so dass kein Paket verloren geht. (2P)
- 3) Bestimmen Sie, welche Pakete beim Absenden eines Sendefensters am Ziel Z ankommen, wenn Sie jetzt die angegebenen Puffer-Kapazitäten berücksichtigen. Die Pakete seien mit P_1 bis P_N bezeichnet. (9P)
- 4) Wie lange dauert die Übertragung eines Sendefensters mit Selective Repeat bei der Übertragungsstrecke aus Abbildung 1? Ein ACK von Z nach Q benötigt 100ms und der Timeout wird auf 200ms gesetzt. (5P)

Aufgabe 2 [Durchsatzberechnung] (5 Punkte)

In dieser Aufgabe sollen Sie die Ende-zu-Ende-Durchsätze der Verkehrsflüsse in einem Netzwerk bestimmen. Die Verkehrsflüsse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Jeder Verkehrsfluss wird dabei über seine Endpunkte und seinen Pfad festgelegt. Die Spalte Anzahl gibt an, wie viele Verkehrsflüsse es zwischen den beiden Endpunkten gibt. In Abbildung 2 ist das Netzwerk dargestellt. Die Zahlen in den Kästchen geben jeweils die Kapazität der Links in Mbps an. Tragen Sie in Tabelle 1 die Ende-zu-Ende-Durchsätze für alle Verkehrsflüsse ein.

Tabelle 1: Liste der Verkehrsflüsse

| Endpunkte | Pfad | Anzahl | Durchsatz |
|-----------|---------|--------|-----------|
| A-D | A-B-D | 25 | |
| A-E | A-B-C-E | 10 | |
| C-D | C-E-D | 20 | |
| C-E | C-E | 20 | |
| D-E | D-B-C-E | 10 | |

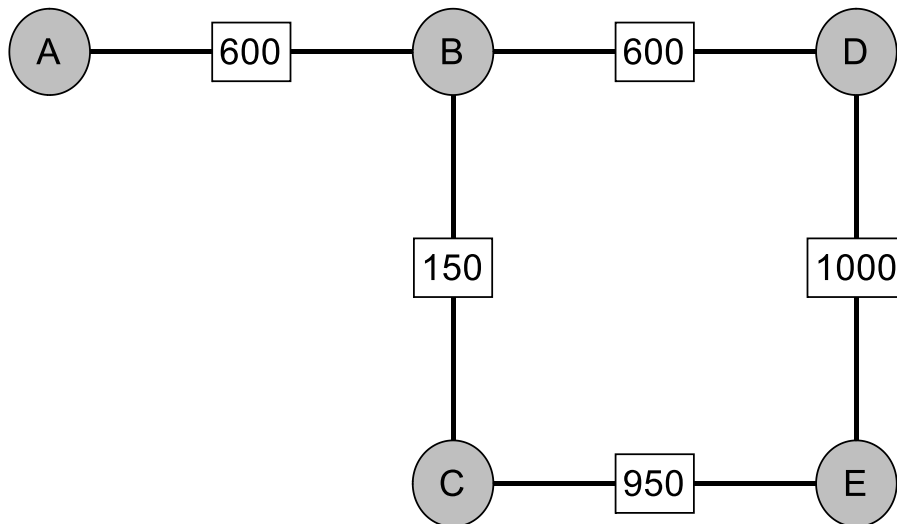


Abbildung 2: Netzwerk für Durchsatzberechnung

Aufgabe 3 [HTTP] (10 Punkte)

In dieser Aufgabe wird eine Web-Seite betrachtet, die aus einem 4500 Byte großen HTML-Code und zwanzig 7500 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 50 ms charakterisiert ist. Die Übertragungsverzögerungen für Header sind zu vernachlässigen.

Die Übertragung der Web-Seite erfolgt über Persistent http mit Pipelining. 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) Skizzieren Sie den Verlauf der Übertragung der Seite und bestimmen Sie die Page-Load-Time, wenn der GetRequest für das HTML-Objekt unmittelbar nach dem Öffnen der Verbindung gesendet wird. (6P)
- 2) Skizzieren Sie nun die Übertragung für diese Seite, wenn beim Versenden des GetRequests für das HTML-Objekt das Sendefenster der TCP Verbindung client-seitig $cwnd_c = 5 MSS$ sowie server-seitig $cwnd_s = 100 MSS$ beträgt. Weiterhin sei zu diesem Zeitpunkt $ssthresh_c = ssthresh_s = 8MSS$. (4P)

Name:

Matrikelnummer:

Aufgabe 4 [DNS] (15 Punkte)

Formulieren Sie in an Python angelehntem Pseudo-Code einen lokalen DNS Server.

Empfehlungen:

- Achten Sie darauf, für diese Aufgabe nicht zu viel Zeit zu verwenden. Setzen Sie sich beispielsweise ein maximales Zeitbudget.
- Formulieren Sie ihren Algorithmus zunächst abstrakt und verwenden Sie aussagekräftige Funktionsnamen. Es gibt mehr Punkte für das abstrakte Konzept als für „detailliertes Coding“. Implementieren sie in einem oder mehreren weiteren Schritten die verwendeten Funktionen.
- Achten Sie darauf, dass Socket-Funktionen im Detail „implementiert“ werden. Ansonsten können sie generische Funktionen wie „einsortieren_in_liste“, „lösche_aus_liste“ etc. verwenden.

Aufgabe 5 [TCP] (15 Punkte)

Ein Sender überträgt über eine bereits geöffnete TCP Verbindung, über die auch bereits einige Daten übertragen wurden, eine Anzahl von $N=125$ Segmenten. Die TCP Verbindung und die Übertragungsstrecke sind durch die folgenden Parameter spezifiziert:

- 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 das 21ste von den 125 übertragenen Segmenten verloren geht. Nutzen Sie dazu Tabelle 2, in der in der ersten Zeile der aktuelle Status der TCP Verbindung eingetragen ist.

Tabelle 2 Ablauf einer TCP Verbindung

[illegible]

Aufgabe 6 [Routingprotokoll] (8 Punkte)

- 1) 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 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 von A nach C im Beispielnetz in Abbildung 3 nach der EIGRP Default-Metrik.
(3P)
- b) Erklären Sie anhand des Beispiels, wie die EIGRP-Metrik in einem Distance-Vector-Protokoll realisiert werden kann.
(5P)

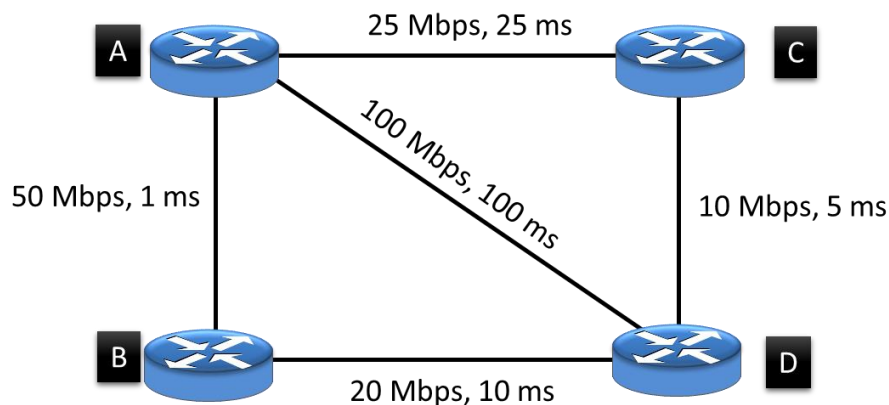


Abbildung 3: Netz für EIGRP

Aufgabe 7 [IP-Adressen] (10 Punkte)

Betrachten Sie das in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** 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_1 mit dem Internet verbunden.

- 1) Kennzeichnen Sie alle Subnetze/Netzwerksegmente und bestimmen Sie, wie viele Internet-Adressen in dem jeweiligen Subnetz vergeben sind. (4P)
- 2) Sie haben für dieses Netz den Adressbereich 200.200.200.128/25 zur Verfügung. Weisen Sie den Subnetzen/Netzwerksegmenten IP-Adressen und Subnetzmasken zu. (3P)
- 3) Ein Router R habe die in der linken Hälfte von **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** 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: (3P)

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 | | 121.128.63.34 | |
| 2 | 121.0.0.0 | 255.0.0.0 | | 121.192.32.1 | |
| 3 | 121.128.0.0 | 255.192.0.0 | | 121.175.195.175 | |
| 4 | 121.128.56.0 | 255.255.248.0 | | | |
| 5 | 121.128.224.0 | 255.255.240.0 | | | |
| 6 | 121.160.0.0 | 255.240.0.0 | | | |
| 7 | 121.160.72.0 | 255.255.248.0 | | | |
| 8 | 121.160.192.0 | 255.255.240.0 | | | |
| 9 | 121.168.0.0 | 255.252.0.0 | | | |
| 10 | 121.175.195.0 | 255.255.255.192 | | | |
| 11 | 121.175.195.158 | 255.255.255.254 | | | |
| 12 | 121.175.195.175 | 255.255.255.255 | | | |

| Dezimal | Binär | Dezimal | Binär | | |
|---------|-----------|---------|-----------|-----|-----------|
| 128 | 1000 0000 | 1 | 0000 0001 | 63 | 0011 1111 |
| 192 | 1100 0000 | 6 | 0000 0110 | 72 | 0100 1000 |
| 224 | 1110 0000 | 13 | 0000 1101 | 121 | 0111 1001 |
| 240 | 1111 0000 | 32 | 0010 0000 | 158 | 1001 1110 |
| 248 | 1111 1000 | 34 | 0010 0010 | 160 | 1010 0000 |
| 252 | 1111 1100 | 40 | 0010 1000 | 170 | 10101010 |
| 254 | 1111 1110 | 45 | 0010 1101 | 175 | 1010 1111 |
| 255 | 1111 1111 | 56 | 0011 1000 | 195 | 1100 0011 |

Name:

Matrikelnummer:

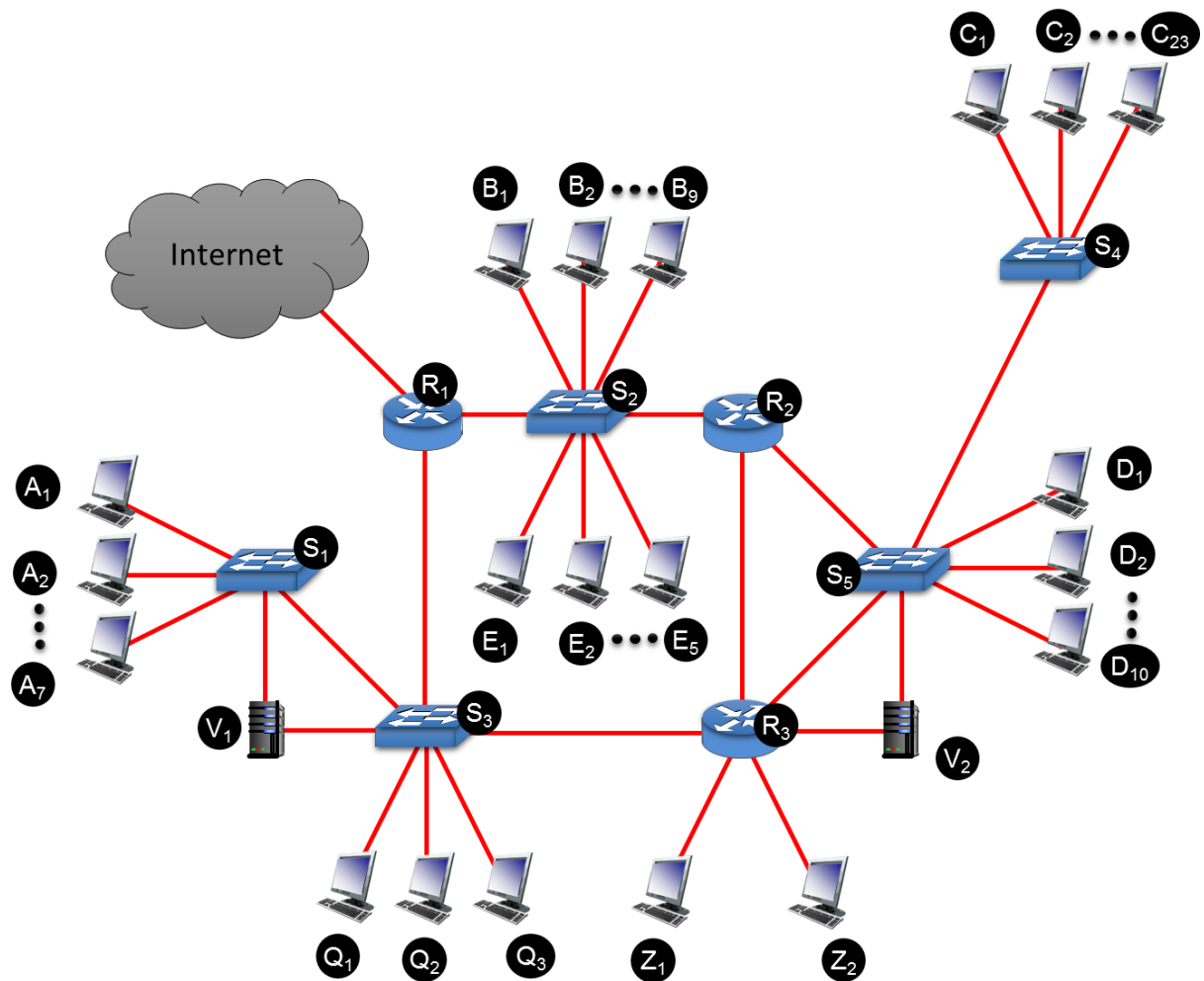


Abbildung 4: Netz mit mehreren Netzwerksegmenten

Aufgabe 8 [Verständnisfragen] (8 Punkte)

Entscheiden Sie für die folgenden Aussagen, ob sie richtig oder falsch sind, indem Sie sie mit einem R (richtig) oder einem F (Falsch) kennzeichnen. Für korrekte Antworten erhalten Sie einen Punkt. Für falsche Antworten erhalten Sie einen Minuspunkt. Das Gesamtergebnis dieser Aufgabe kann also auch eine negative Punktzahl sein.

1. Persistent http mit Pipelining hat gegenüber Persistent http ohne Pipelining vor allem auf Übertragungsstrecken Vorteile, deren Ende-zu-Ende-Durchsatz von der Bottleneck-Kapazität und nicht von der Ende-zu-Ende-Ausbreitungsverzögerung dominiert wird.
2. Ein transparenter Proxy schaltet sich in die Kommunikation zwischen Client und Server ein, ohne dass Client oder Server dies bemerken. Technisch wird das umgesetzt, indem der transparente Proxy den TCP Verbindungsaufbau zum Server unterbricht und anstelle des Servers die TCP Verbindung akzeptiert.
3. Eine einfachere Implementierung ist einer der wesentlichen Gründe, in einer Anwendung UDP und nicht TCP als Transportprotokoll zu verwenden.
4. Nach einem Timeout startet TCP immer mit $cwnd=MSS$ und einer Slow Start Phase.
5. Der Verbindungsaufbau einer TCP-Verbindung dient unter anderem dazu, sich darauf zu einigen, welche Congestion Control Variante verwendet wird.
6. Um die beste Route zu einem Ziel im Internet zu bestimmen, werden die Pfadkosten vom lokalen Router zum Border Gateway Router zu den Pfadkosten vom eigenen Border Gateway Router zum Border Gateway Router des Ziel-AS addiert. Die Route mit der größten Gesamtmeterik wird dann gewählt.
7. Ein Border Gateway Router hält in seiner Routing-Tabelle Routen für lokale und globale Ziele. Dazu laufen auf dem Border Gateway Router mindestens zwei Routing Protokolle: ein Interior Gateway Routing Protokoll für die Ziele im eigenen AS und BGP für Ziele in anderen ASen.
8. Der Multi-Exit-Discriminator ist das BGP Attribut, das in einem AS genutzt wird, um zu bestimmen, über welchen Border Gateway Router und über welche Route Verkehr zu einem Ziel AS gesendet wird.