

Vorlesung Rechnernetze

Theorieübung Paketverlust

-Musterlösung-

Prof. Dr. Dirk Staehle

Die Abgabe erfolgt durch Hochladen der Lösung in Moodle und exemplarisches Vorrechnen in der Laborübung.

Bearbeitung in Zweier-Teams

Team-Mitglied 1:

Team-Mitglied 2:

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. Jedes Paket enthält 250 Bytes.

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

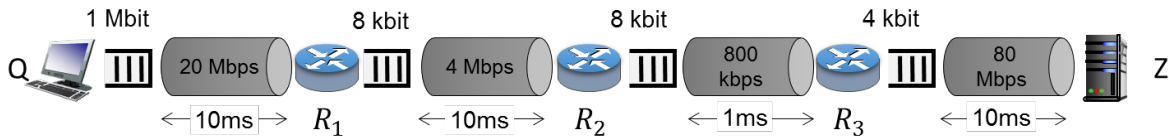


Abbildung 1: Übertragungsstrecke

- 1) Bestimmen Sie die Ende-zu-Ende Übertragungsdauer für ein Paket.

$$T_{E2E}(1) = \sum_{links \ell} \frac{L}{C_{\ell}} + t_{prop, \ell}$$

Berechnung der Übertragungsverzögerungen:

20 Mbps	$\frac{2000 \text{ bit}}{20 \text{ Mbps}} = 100 \mu s$	
4 Mbps		$5 \cdot 100 \mu s = 500 \mu s$
800 kbps		$5 \cdot 500 \mu s = 2500 \mu s$
80 Mbps		$0,25 \cdot 100 \mu s = 25 \mu s$

Summe der Übertragungsverzögerungen $t_{tx, \ell}$:

$$100 \mu s + 500 \mu s + 2500 \mu s + 25 \mu s = 3125 \mu s$$

Summe der Ausbreitungsverzögerungen:

$$10 \text{ ms} + 10 \text{ ms} + 1 \text{ ms} + 10 \text{ ms} = 31 \text{ ms} = 31000 \mu s$$

Ende-zu-Ende-Übertragungsdauer:

$$T_{E2E}(1) = 31000 \mu s + 3125 \mu s = 34125 \mu s$$

- 2) Wie lange dauert die Übertragung von 35 Paketen von Q nach Z? Gehen Sie hier davon aus, dass die Puffer groß genug sind, so dass kein Paket verloren geht.

$$T_{E2E}(35) = T_{E2E}(1) + 34 \cdot \max_{\ell} t_{tx, \ell} = 34125 \mu s + 34 \cdot 2500 \mu s = 119125 \mu s$$

- 3) Bestimmen Sie, welche Pakete am Ziel Z ankommen, wenn Q 35 Pakete auf einmal absendet. Berücksichtigen Sie jetzt die angegebenen Puffer-Kapazitäten.

Link	Zeit t_{zw} zwischen zwei Ankünften	Übertragungsverzögerung	$\frac{t_{tx}}{t_{zw}}$	Puffergröße in Paketen
1	$0\mu s$	$100\mu s$		500
2	$100\mu s$	$500\mu s$	5	4
3	$500\mu s$	$2500\mu s$	5	4
4	$2500\mu s$	$25\mu s$	0,01	2

Eine Analyse der Links ergibt, dass Paketverluste nur Links 2 und 3 vorkommen können, da

1. da die Pufferkapazität vor Link 1 größer als die 35 gesendeten Pakete ist
2. da die Übertragungsverzögerung von Link 4 geringer als der Abstand zwischen zwei Paketen ist

Die Zeit zwischen zwei Ankünften entspricht dem Maximum aus dem zeitlichen Abstand, mit dem die Pakete übertragen werden, und der größten Übertragungsverzögerung aller Links, die das Paket bereits durchlaufen hat.

Das Verhältnis von Übertragungsverzögerung zu der Zeit zwischen zwei Ankünften ist für die Links 2 und 3 jeweils 5:1. Dementsprechend gehen langfristig jeweils 80% der ankommenden Pakete verloren. Die Pufferkapazität beträgt jeweils 4 Pakete.

Simulation eines 5-fach überlasteten Links mit einer Speicherkapazität von 4 Paketen:

Paket	Ankunft	Pakerverlust	Pakete im Speicher	Übertragungsende	
1	0	n	0	5	Puffer wird gefüllt
2	1	n	1		
3	2	n	2		
4	3	n	3		
5	4	n	4		
6	5	n	4	10	Bereich wiederholt sich
7	6	y	4		
8	7	y	4		
9	8	y	4		
10	9	y	4		
11	10	n	4	15	Bereich wiederholt sich
12	11	y	4		
13	12	y	4		
14	13	y	4		
15	14	y	4		
16	15	n	4	20	betrachten nur noch akzeptierte Pakete
21	20	n	4	25	
26	25	n	4	30	
31	30	n	4	35	

Bei Link 2 kommen 35 Pakete an, von denen die 11 Pakete P1-P6, P11, P16, P21, P26 und P31 weitergesendet werden. Bei Link 3 kommen also 11 Pakete an, von denen die ersten 6 Pakete sowie das elfte Paket weitergeleitet werden. Dementsprechend kommen am Ziel die Pakete P1-P6 sowie P31 an.