

Theorieübungen zur Vorlesung Rechnernetze

Paketverlust

Prof. Dr. Dirk Staehle

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

Bearbeitung in Zweier-Teams (Team 18)

Team-Mitglied 1: *Yasmin Hoffmann*

Team-Mitglied 2: *Chris Jakob*

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.

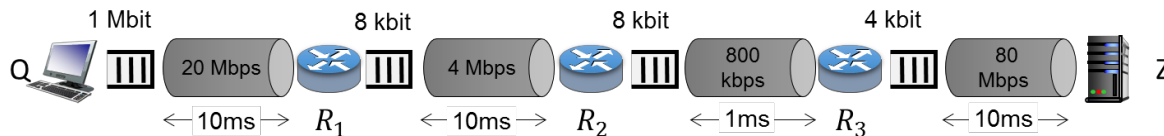


Abbildung 1: Übertragungsstrecke

- 1) Bestimmen Sie die Ende-zu-Ende Übertragungsdauer für ein Paket.
- 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.
- 3) Bestimmen Sie, welche Pakete am Ziel Z ankommen, wenn Q 35 Pakete auf einmal absendet. Berücksichtigen Sie jetzt die angegebenen Puffer-Kapazitäten.

Tipp: Überlegen Sie sich zunächst, ob vor einem Link Pakete verloren gehen. Bestimmen Sie dazu den zeitlichen Abstand, in dem Pakete ankommen, sowie die Übertragungsverzögerung des Links. Bestimmen Sie außerdem die Speicherkapazität des Puffers in Paketen. Pakete können verloren gehen, wenn (a) die Pakete schneller ankommen als sie übertragen werden und (b) die Speicherkapazität kleiner ist, als die Anzahl von Paketen, die in den vorhergehenden Links nicht verworfen wird.

Hinweis: Stellen Sie für alle Links eine Tabelle auf, wenn Sie vermuten, dass dort Pakete verloren gehen können. In der Tabelle simulieren Sie die ankommenden und übertragenen Pakete aus Sicht eines Links. Die Tabelle enthält folgende Spalten: Zeitpunkt, ankommendes Paket, Pufferinhalt, Pufferfüllstand, momentan übertragenes Paket, verbleibende Übertragungsverzögerung für das gerade übertragene Paket

Tipp: Versuchen Sie die Tabelle möglichst schnell aufzustellen, indem Sie (a) sich nur die ankommenden Pakete und den Pufferfüllstand notieren und (b) darauf achten, wann sich die Veränderung des Pufferfüllstandes wiederholt.

Tipp: Das Ergebnis einer Tabelle ist für alle Links gültig, die das gleiche Verhältnis von Paketankunftsrate zu Datenrate des Links haben.

1) Ende-zu-Ende Verzögerung bei 1 Paket

$$\rightarrow t_{eze} = t_{tx1} + t_{prop1} + t_{rx1} + t_{prop2} + t_{tx2} + t_{prop3} + t_{rx2} + t_{prop4}$$

$$\bullet t_{prop} = \frac{l}{v} \quad ; \text{ (gegeben)}$$

$$\bullet t_{tx} = \frac{L}{C} \quad ; L = 250 \text{ B}, C_1 = 20 \text{ Mbps}, C_2 = 4 \text{ Mbps}, C_3 = 800 \text{ kbps}, C_4 = 80 \text{ Mbps}$$

$$\hookrightarrow t_{tx1} = \frac{250 \text{ B}}{20 \frac{\text{Mb}}{\text{s}}} = \frac{2000 \text{ b}}{20 \cdot 10^3 \frac{\text{b}}{\text{s}}} = \frac{2}{20000} \text{ s} = 0,0001 \text{ s} = \underline{100 \mu\text{s}}$$

$$\hookrightarrow t_{tx2} = \frac{2000 \text{ b}}{4 \frac{\text{Mb}}{\text{s}}} = \frac{2000 \text{ b}}{4000 \cdot 10^3 \frac{\text{b}}{\text{s}}} = \frac{2}{4000} \text{ s} = 0,0005 \text{ s} = \underline{500 \mu\text{s}}$$

$$\hookrightarrow t_{tx3} = \frac{2000 \text{ b}}{800 \frac{\text{kb}}{\text{s}}} = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ b}}{800 \cdot 10^3 \frac{\text{b}}{\text{s}}} = \frac{2}{800} \text{ s} = 0,0025 \text{ s} = \underline{2500 \mu\text{s}} \quad \text{Max}$$

$$\hookrightarrow t_{tx4} = \frac{2000 \text{ b}}{80 \frac{\text{Mb}}{\text{s}}} = \frac{2000 \text{ b}}{80000 \cdot 10^3 \frac{\text{b}}{\text{s}}} = \frac{2}{80000} \text{ s} = 0,000025 \text{ s} = \underline{25 \mu\text{s}}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow t_{eze}(1) &= 100 \mu\text{s} + 10 \text{ ms} + 500 \mu\text{s} + 10 \text{ ms} + 2500 \mu\text{s} + 1 \text{ ms} \\ &\quad + 25 \mu\text{s} + 10 \text{ ms} \\ &= 3125 \mu\text{s} + 31 \text{ ms} = \underline{\underline{34125 \mu\text{s}}} \end{aligned}$$

2) Ende-zu-Ende Verzögerung bei 35 Paketen (à 250 B)

• Bottleneck: link 3

$$t_{eze}(35) = t_{eze}(1) + 34 \cdot t_{tx3}$$

$$\Rightarrow t_{eze}(35) = 34125 \mu\text{s} + 34 \cdot 2500 \mu\text{s} = \underline{\underline{119125 \mu\text{s}}}$$

3) Link 1:

Paketgröße $L = 250\text{B}$

Zwischenankunftszeit = ?

Übertragungsverzögerung $t_{tr1} = 100\mu\text{s}$

$$\text{Pufferkapazität} = \frac{1\text{Mb}}{250\text{B}} = \frac{1000 \cdot 10^3 \text{B}}{2500 \text{B}} = \frac{1000}{2} = \underline{\underline{500}} \text{ Pakete} \quad \checkmark$$

\Rightarrow kein Paketverlust, da Puffer groß genug

Link 2:

Übertragungsverz.
vom Link davor
 \downarrow

Zwischenankunftszeit = $t_{tr1} = 100\mu\text{s}$

Übertragungsverzögerung $t_{tr2} = 500\mu\text{s}$! 5x langsamer als Ankunftsrate

$$\text{Pufferkapazität} = \frac{8\text{kb}}{2000\text{B}} = \frac{8000 \text{B}}{2000 \text{B}} = \frac{8}{2} = \underline{\underline{4}} \text{ Pakete}$$

\Rightarrow Paketverlust möglich, da Übertragung zu lange

Link 3:

Zwischenankunftszeit = $t_{tr2} = 500\mu\text{s}$

Übertragungsverzögerung $t_{tr3} = 2500\mu\text{s}$! 5x langsamer als Ankunftsrate

$$\text{Pufferkapazität} = \frac{8\text{kb}}{2000\text{B}} = \underline{\underline{4}} \text{ Pakete}$$

\Rightarrow Paketverlust möglich, da Übertragung zu lange

Link 4:

Zwischenankunftszeit = $t_{tr1} = 2500\mu\text{s}$

Übertragungsverzögerung $t_{tr4} = 25\mu\text{s}$! 100x schneller als Ankunftsrate \checkmark

$$\text{Pufferkapazität} = \frac{4\text{kb}}{2\text{kb}} = \underline{\underline{2}} \text{ Pakete}$$

\Rightarrow kein Paketverlust, da Übertragung schnell genug

Fazit: Link 2 und Link 3 für Tabelle betrachten

- Link 2 (Ankunftsrate $\frac{1}{100\mu s} = \frac{1}{0,1ms}$; $t_{tr} = 0,5ms$; Puffer = 4P)

Zeit	Ereignisse	Pakete im Buffer (kurz nach Ereignis)				übertragenes Paket (kurz nach Ankunft)	Ende der Übertragungsverzögerung (Paket vollständig auf dem Link)
0	A1					P1	0,5ms
0,1	A2				P2		
0,2	A3			P3	P2		
0,3	A4		P4	P3	P2		
0,4	A5	P5	P4	P3	P2		
0,5	D1		P5	P4	P3	P2	1ms
	A6	P6	P5	P4	P3		
0,6	A7	P6	P5	P4	P3		
0,7	A8						
0,8	A9						
0,9	A10						

Zeit	Ereignisse	Pakete im Buffer (kurz nach Ereignis)				übertragenes Paket (kurz nach Ankunft)	Ende der Übertragungsverzögerung (Paket vollständig auf dem Link)
1	D2		P6	P5	P4	P3	1,5ms
	A11	P11	P6	P5	P4		
:	A12, A13, A14, A15						
1,5	D3, A16	P16	P11	P6	P5	P4	2ms
:	A17, A18, A19, A20						
2	D4, A21	P21	P16	P11	P6	P5	2,5ms
:	A22, A23, A24, A25						
2,5	D5, A26	P26	P21	P16	P11	P6	3ms
:	A27, A28, A29, A30						
3	D6, A31	P31	P26	P21	P16	P11	3,5ms
:	A32, A33, A34, A35						

Ab dem 6.ten Paket gehen im Wechsel 4 Pakete verloren, und eins schafft es in den Puffer.

Insgesamt gehen $4 \cdot 5 = 20$ Pakete verloren, und 15 Pakete werden übertragen.

- Link 3: Tabelle für Link 2 gilt, da gleiches Verhältnis. Da nur 15 Pakete bei Link 3 ankommen, gehen 8 Pakete verloren, 7 werden übertragen.

⇒ Von 35 abgeschickten Paketen, kommen 7 bei Z an