



**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-Mitglied 1: Julian Mennel**

**Team-Mitglied 2: Maximilian Schmidt**

Gegeben sei die in dargestellte Übertragungsstrecke von einer Quelle Q zu einem Ziel Z, die über drei Router und 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.

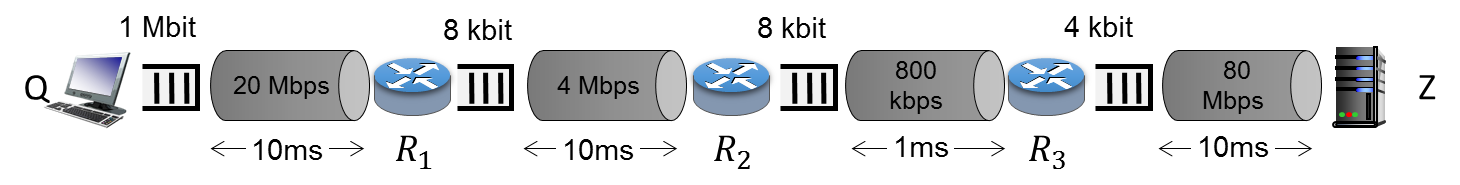


Abbildung : Übertragungsstrecke

1. Bestimmen Sie die Ende-zu-Ende Übertragungsdauer für ein Paket.   
   Te2e = 2000b / 20 Mbps + 10ms + 2000b / 4 Mbps + 10ms + 2000b / 800kbps + 1ms + 2000b/80Mbps + 10ms   
   = 31ms + 2000b \* (1/20Mbps + 1/4 Mbps + 1/0.8Mbps + 1/80Mbps)   
   = 31ms + 2000b \* (4/80Mbps + 20/80Mbps + 100/80Mbps + 1/80Mbps)   
   = 31ms + 2000b \* 125/80Mbps   
   = 31ms + 2000b \* 125 / 80,000,000   
   = 31ms + 0.003125s   
   = 31ms +3.125ms = 34.125ms
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.   
   Te2e(35) = Te2e + 34 \* 2000b / 800kbps   
   = 34.125ms + 68b / 800bps   
   = 34.125ms + 0.085s   
   = 119.125ms
3. Bestimmen Sie, welche Pakete am Ziel Z ankommen, wenn Q 35 Pakete auf einmal absendet. Berücksichtigen Sie jetzt die angegebenen Puffer-Kapazitäten.   
     
   Von 35 Paketen sind vier Pakete im Puffer von R1 und ein Paket wird übertragen. Von den restlichen 30 Paketen werden 4 von 5 verworfen, da die Übertragungsrate von Q nach R1 5-mal so groß ist, wie die Übertragungsrate von R1 nach R2.   
   D.h., dass von 30 Paketen insgesamt 24 verworfen werden. Es bleiben 11 Pakete übrig, die von R1 nach R2 übertragen werden können.   
   Das Verhältnis der Übertragungsrate von R1->R2 zu R2->R3 ist ebenso 5:1. Auch hier können 4 Pakete gepuffert werden. Mit 4 Paketen im Puffer und einem Paket, welches übertragen wird, bleiben von den 11 Paketen noch 6 übrig. Von diesen 6 Paketen gehen wiederum 4 verloren.   
   Da die Übertragungsrate von R3 nach Z die größte ist, gehen bei R3 keine Pakete mehr verloren.   
   Insgesamt werden also 7 Pakete übertragen, 28 gehen verloren. Übertragen werden Pakete 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 31.   
     
     
   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.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zeitpunkt | Ereignis | Puffer R1 | PÜ R1 | Ende PÜ R1 | Verlust | Ereignis | Puffer R2 | PÜ R2 | Ende PÜ R2 | Verlust |
| 0,0 | A1 |  | P1 | 0,5 |  |  |  |  |  |  |
| 0,1 | A2 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,2 | A3 | 2;3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,3 | A4 | 2;3;4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,4 | A5 | 2;3;4;5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,5 | A6; | 3;4;5;6 | P2 | 1 |  | A1 |  | P1 | 3 |  |
| 0,6 | A7 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 0,7 | A8 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 0,8 | A9 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 0,9 | A10 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,0 | A11; | 4;5;6;11 | P3 | 1,5 |  | A2 | 2 |  |  |  |
| 1,1 | A12 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,2 | A13 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,3 | A14 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,4 | A15 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,5 | A16 | 5;6;11;16 | P4 | 2 |  | A3 | 2;3 |  |  |  |
| 1,6 | A17 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,7 | A18 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,8 | A19 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 1,9 | A20 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,0 | A21 | 6;11;16;21 | P5 | 2,5 |  | A4 | 2;3;4 |  |  |  |
| 2,1 | A22 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,2 | A23 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,3 | A24 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,4 | A25 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,5 | A26 | 11;16;21;26 | P6 | 3 |  | A5 | 2;3;4;5 |  |  |  |
| 2,6 | A27 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,7 | A28 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,8 | A29 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 2,9 | A30 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 3,0 | A31 | 16;21;26;31 | P11 | 3,5 |  | A6 | 3;4;5;6 | P2 | 5,5 |  |
| 3,1 | A32 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 3,2 | A33 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 3,3 | A34 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 3,4 | A35 |  |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 3,5 |  | 21;26;31 | P16 | 4 |  | A11 |  |  |  | x |
| 4,0 |  | 26;31 | P21 | 4,5 |  | A16 |  |  |  | x |
| 4,5 |  | 31 | P26 | 5 |  | A21 |  |  |  | x |
| 5,0 |  |  | P31 | 5,5 |  | A26 |  |  |  | x |
| 5,5 |  |  |  |  |  | A31 | 4;5;6;31 | P3 | 8 |  |
| 8,0 |  |  |  |  |  |  | 5;6;31 | P4 | 10,5 |  |
| 10,5 |  |  |  |  |  |  | 6;31 | P5 | 13 |  |
| 13,0 |  |  |  |  |  |  | 31 | P6 | 15,5 |  |
| 15,5 |  |  |  |  |  |  |  | P31 | 18 |  |