

4.1 4.5/4.5P

a) Insgesamte Größe eines Rahmens:  $12 \text{ Byte} + 1600 \text{ Byte} = 1612 \text{ Byte} = 12,896 \text{ Bits} = 12,896 \text{ kBit/s}$

1.5/1.5P Größe ACK:  $12 \text{ Byte} = 96 \text{ Bits} = 0,096 \text{ kBit/s}$

Latenz:  $4 \text{ ms} = 0,004 \text{ s}$

Datenrate:  $100 \text{ MBit/s} = 100.000 \text{ kBit/s}$

$$\text{Dauer der Übertragung eines Rahmens: } \underbrace{\frac{12,896}{100.000} + 0,004 \text{ s}}_{\substack{\text{Dauer bis Rahmen} \\ \text{vollständig beim} \\ \text{Empfänger angekommen} \\ \text{ist}}} + \underbrace{\frac{0,096}{100.000} + 0,004 \text{ s}}_{\substack{\text{Dauer bis Bestätigung} \\ \text{vollständig beim Sender} \\ \text{angekommen ist}}} = 0,008723 \text{ s}$$

Es werden also 1600 Byte Nutzdaten in 0,008723 s vollständig mit Bestätigung übertragen.

$$1600 \text{ Byte} = 12.800 \text{ Bits} = 12,8 \text{ kBit/s}$$

$$\text{Nutzdatenrate: } \frac{12,8 \text{ kBit/s}}{0,008723 \text{ s}} = 1.575,7725 \text{ kBit/s} \approx 1,5758 \text{ MBit/s}$$

b) Bitfehlerrate:  $10^{-4} = 0,0001$

1.5/1.5P

$$\begin{array}{c} \text{Payload} \quad \text{Header/Sektor-Informationen} \\ \downarrow \quad \downarrow \\ (1600+72) \cdot 8 \quad \text{Umrechnung in Bits} \end{array}$$

$$\text{Fehlerrate Rahmen: } (1 - 10^{-4}) = 0,2754$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 27,54% enthält der gesendete Rahmen keine Bitfehler.

$$\text{Fehlerrate ACK: } (1 - 10^{-4})^{12,8} = 0,9904$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,04% enthält das ACK keine Bitfehler.

$$\text{Insgesamt: } 0,2754 \cdot 0,9904 = 0,2728$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 27,28% enthält der Rahmen und das ACK keine Bitfehler.

$$\text{Daraus ergibt sich eine mittlere Nutzdatenrate von: } 0,2728 \cdot \frac{1600 \cdot 8}{0,008723} = 429.870,74 \text{ Bit/s} \approx 429,87 \text{ kBit/s}$$

c)(i) Nutzdatenrate: 1,5758 MBit/s

1.5/1.5P Die Nutzdatenrate wird bei einer Fenstergröße von 7 erreicht, da sich das Sliding-Window-Protokoll dann wie Stop-and-Wait verhält und es somit die gleiche Nutzdatenrate wie in a erreicht.

(ii) Maximale Nutzdatenrate  $\rightarrow$  dauerhaft senden

Also solange senden bis das ACK bei Sender ankommt.

Aus Aufgabe o) wissen wir, dass es 0,008723 s dauert um einen Rahmen zu senden und die Bestätigung zu erhalten.

Da die maximale Datenrate 100 Mbit/s beträgt, kann in dieser Zeit  $0,008723 \text{ s} \cdot 100 \text{ Mbit/s} = 0,8723 \text{ Mbit} = 872300 \text{ Bit} = 101537,5 \text{ Bit}$  übertragen werden. Da jeder Rahmen nur 1600 Byte Nutzdaten enthalten kann, ergibt sich eine Fenstergöße von:  $\frac{101537,5}{1600} = 63,46 \Rightarrow 64$

Sehr gut!

Die Fenstergöße muss min. 64 betragen.

## 4.2 4/4.5P

3/3.5P a) (i) Latenz:  $\frac{7000 \text{ km}}{200.000 \text{ km/s}} = 0,005 \text{ s} = 5 \text{ ms}$

1/1P Größe eines Rahmens:  $2500 \text{ Byte} = 20.000 \text{ Bits} = 20 \text{ kBit} = 0,02 \text{ MBit} = 0,00002 \text{ GBit}$   
In einer Sekunde soll 1 GBit gesendet werden.

Benötigt Rahmen:  $\frac{1 \text{ GBit}}{0,00002 \text{ GBit}} = 50.000 \text{ Rahmen}$

Fenstergöße:  $50.000 \cdot \underbrace{2}_{\text{doppelte Latenz}} 0,005 \text{ s} = 500$

doppelte Latenz

Die Fenstergöße muss 500 betragen, damit dauerhaft gesendet werden kann.

(ii) Das Sliding-Window-Verfahren benötigt so viele Sequenznummern, dass falls

1/1P ein Rahmen verloren geht und dann das entsprechende ACK beim Sender ankommt, kein neues Paket dieselbe Sequenznummer haben kann.

Die Zeit dafür entspricht:  $2 \cdot 0,005 \text{ s} + \frac{0,00002 \text{ GBit}}{1 \text{ GBit}} = 0,01002 \text{ s}$

In dieser Zeit können  $0,01002 \text{ s} \cdot 1 \text{ GBit} = 0,01002 \text{ GBit} = 10.000.000 \text{ Bit} = 1252500 \text{ Byte}$  gesendet werden. Dies entspricht  $\frac{1252500}{2500} = 501$  Paketen.

Da  $2^8 < 501 < 2^9$  werden 9 Bits für die Sequenznummern benötigt.

(iii) Für selective Repeat werden ebenfalls 9 Bit benötigt, da obwohl

1/1.5P nur der fehlerhafte Rahmen neu gesendet wird, trotzdem in der Zwischenzeit kein anderes Paket mit der selben Sequenznummer gesendet werden darf.

-0.5P: Da Selective-Repeat verwendet wird, darf das Fenster nicht größer als die Hälfte der möglichen Sequenznummern sein. Ihr solltet hier auf 10 Bit kommen.

b) Anteil der Nutzdaten in einem Paket:  $\frac{2450}{2500} = 0,98$

1/1P Da das Sliding-Window-Sendefenster voll ausgenutzt wird, wird dauerhaft gesendet, also wird 1 Gbit/s gesendet und somit ergibt sich die maximal mögliche Nutzdatenrate von:  $1 \text{ Gbit/s} \cdot 0,98 = 0,98 \text{ Gbit/s} = 980 \text{ Mbit/s}$ .

#### 4.3 3/3P

1. A sendet an B:

- A sendet an Switch 1
  - Switch 1 broadcastet an B, Hub 1 und Switch 3
  - Hub 1 broadcastet an C und Switch 2
  - Switch 2 broadcastet an D und Switch 4
  - Switch 4 broadcastet an G
  - Switch 3 broadcastet an E und Hub 2
  - Hub 2 broadcastet an F und Switch 4
- Weiterleitungstabellen:
- |                         |
|-------------------------|
| Switch 1: (A, Port 1.1) |
| Switch 2: (A, Port 3.1) |
| Switch 3: (A, Port 4.1) |
| Switch 4: (A, Port 6.1) |

2. C sendet an A:

- C sendet an Hub 1
  - Hub 1 broadcastet an Switch 1 und Switch 2
  - Switch 2 verwirft den Rahmen, da der Rahmen von Port 3.1 kommt und Switch 2 den Eingang (A, Port 3.1) enthält
  - Switch 1 leitet Rahmen an A weiter da der Eingang (A, Port 1.1) vorhanden ist.
- Weiterleitungstabellen:
- |                                       |
|---------------------------------------|
| Switch 1: (A, Port 1.1) (C, Port 1.3) |
| Switch 2: (A, Port 3.1) (C, Port 3.1) |
| Switch 3: (A, Port 4.1)               |
| Switch 4: (A, Port 6.1)               |

3. G sendet an A:

- G sendet an Switch 4
  - Switch 4 leitet Rahmen an Switch 2 weiter da der Eingang (A, Port 6.1) vorhanden ist.
  - Switch 2 leitet Rahmen an Hub 1 weiter da der Eingang (A, Port 3.1) vorhanden ist.
  - Hub 1 broadcastet an C und Switch 1
  - Switch 1 leitet Rahmen an A weiter da der Eingang (A, Port 1.1) vorhanden ist
- Weiterleitungstabellen:
- |   |
|---|
| Switch 1: (A, Port 1.1) (C, Port 1.3) (G, Port 7.3) |
| Switch 2: (A, Port 3.1) (C, Port 3.1) (G, Port 3.3) |
| Switch 3: (A, Port 4.1)                             |
| Switch 4: (A, Port 6.1) (G, Port 6.2)               |

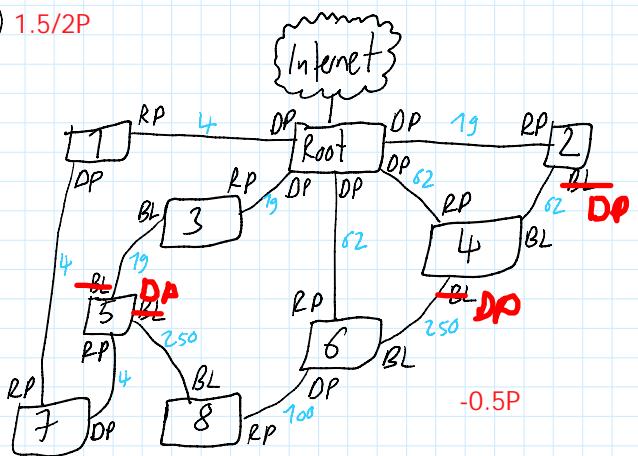
#### 4.4 2.5/3P

- a) Indem man die Bridge Priority des Switch niedriger setzt  
 (der Standardwert ist 32768, also würde es reichen einen Wert 32768 zu wählen und die Priorities aller anderen Switches unverändert zu lassen.)

Es ist sinnvoll diesen Switch als root Bridge zu wählen,  
 da dieser dann die Wurzel im STP ist und von der aus  
 Pfade zu den anderen Switches festgelegt werden. Da dieser Switch

der einzige ist, der mit dem Internet verbunden ist, muss deswegen sowieso jeder Pfad in diesem Switch anfangen bzw. enden.

b) 1.5/2P



• Kosten