

# Theorieübungen zur Vorlesung Rechnernetze

## Ende-zu-Ende-Verzögerung

Prof. Dr. Dirk Staehle  
Daniel Scherz (M.Sc.)

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

### **Bearbeitung in Zweier-Teams**

**Team-Mitglied 1: Alexander Schapelt**

**Team-Mitglied 2: Josef Müller**

**Team-Mitglied 3: Walter Vötsch Cortés**

Betrachten Sie eine Übertragungsstrecke mit 3 Links, die durch folgende Übertragungsraten, Entfernungen und Ausbreitungsgeschwindigkeiten gekennzeichnet sind:

	Übertragungsrate	Physikalische Länge	Physikalische Ausbreitungsgeschwindigkeit
Link 1	60 Mbps	15 m	300 000 km/s
Link 2	25 Mbps	250 m	200 000 km/s
Link 3	20 Gbps	10 km	250 000 km/s

An allen Routern, die die Links verbinden, steht ausreichend Speicherkapazität zur Verfügung, so dass es nicht zu Paketverlusten kommt.

- Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung und die Übertragungsverzögerung der 3 Links für Pakete der Größe 1500 Byte.

$$L = 1500 \text{ Byte} = \frac{1500}{1000000} \text{ MB} = 0,0015 \text{ MB}$$

$$C_1 = 60 \text{ Mbps} = \frac{60}{8} \text{ MBps} = 7,5 \text{ MBps}$$

$$C_2 = 25 \text{ Mbps} = \frac{25}{8} \text{ MBps} = 3,125 \text{ MBps}$$

$$\begin{aligned} C_3 &= 20 \text{ Gbps} = 20 \cdot 1000 \text{ Mbps} = 20000 \text{ Mbps} \\ &= \frac{20000}{8} \text{ MBps} \\ &= 2500 \text{ MBps} \end{aligned}$$

Link	Ausbreitungsverzögerung	Übertragungsverzögerung
Link 1	$t_{\text{prop}} = \frac{e}{v}$ $= \frac{0,015 \text{ km}}{300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$ $= 0,00000005 \text{ s}$	$t_{tx} = \frac{L}{C} = \frac{0,0015 \text{ MB}}{7,5 \text{ MBps}}$ $= 0,0002 \text{ s}$
Link 2	$t_{\text{prop}} = \frac{0,25 \text{ km}}{200\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$ $= 0,00000125 \text{ s}$	$t_{tx} = \frac{0,0015 \text{ MB}}{3,125 \text{ MBps}}$ $= 0,00048 \text{ s}$
Link 3	$t_{\text{prop}} = \frac{10 \text{ km}}{250\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$ $= 0,00004 \text{ s}$	$t_{tx} = \frac{0,0015 \text{ MB}}{2500 \text{ MBps}}$ $= 0,0000006 \text{ s}$

2. Bestimmen sie die logische Buslänge der drei Links. Die logische Buslänge ist die Anzahl von Paketen (oder der Anteil eines Pakets), der sich gleichzeitig auf dem Bus befindet.

Link	Logische Buslänge
Link 1	$\text{Bitübertragungsdauer} = \frac{1}{60 \text{ Mbps}}$ $= \frac{1}{0,06 \text{ Gbps}}$ $= \frac{50}{3} \text{ ns} = \frac{50}{3} \cdot 10^{-9} \text{ s}$ $\text{Log. Buslänge} = \frac{\text{Ausbreitungsverzögerung}}{\text{Bitübertragungsdauer}}$ $= \frac{0,00000005 \text{ s}}{\frac{50}{3} \cdot 10^{-9} \text{ s}}$ $= 3$
Link 2	$\text{Bitübertragungsdauer} = \frac{1}{25 \text{ Mbps}}$ $= \frac{1}{0,025 \text{ Gbps}} = \frac{1}{0,025} \text{ ms} = \frac{1}{0,025} \cdot 10^{-3} \text{ s}$ $\text{Log. Busl.} = \frac{0,00000125 \text{ s}}{\frac{1}{0,025} \cdot 10^{-3} \text{ s}}$ $= 31,25$
Link 3	$\text{Bitübertragungsd.} = \frac{1}{20 \text{ Gbps}}$ $= 0,05 \text{ ms} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ $\text{Log. Busl.} = \frac{0,00004 \text{ s}}{0,05 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$ $= 800 \text{ 000}$

3. Bestimmen Sie die Ende-zu-Ende-Verzögerung für die Übertragung eines Pakets über die 3 Links in der Reihenfolge Link 1-Link 2-Link 3. Hängt die Ende-zu-Ende-Verzögerung von der Reihenfolge der Links ab?

$$\begin{aligned}
 T_{E2E}(1) &= T_{e1}(1) + T_{e2}(1) + T_{e3}(1) \\
 &= 0,00000005s + 0,0002s \\
 &\quad + 0,00000125s + 0,00048s \\
 &\quad + 0,00004s + 0,00000006s \\
 &= 0,0007219s
 \end{aligned}$$

Nein, die Ende-zu-Ende-Verzögerung hängt nicht von der Reihenfolge der Links ab.

4. Betrachten Sie nun einen Packet-Burst aus 20 Paketen, d.h. 20 Pakete werden direkt hintereinander übertragen werden. Was ist die Gesamtübertragungsdauer für diesen Packet-Burst, wenn die Links in der Reihenfolge Link 1-Link 2-Link 3 übertragen werden? Hängt in diesem Fall die Gesamtübertragungsdauer von der Reihenfolge der Links ab?

$$\begin{aligned}
 T_{E2E}(20) &= T_{E2E}(1) + (20-1) \cdot \frac{L}{\min\{C_e\}} \\
 &= 0,0007219s + 19 \cdot 0,00048s \\
 &= 0,0098419s
 \end{aligned}$$

Nein, die Gesamtübertragungsverzögerung hängt nicht von der Reihenfolge der Links ab.