

H T
W I
G N

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)
Fakultät Informatik
Rechner- und Kommunikationsnetze
Prof. Dr. Dirk Staehle

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: *Yasmin Hoffmann*

Team-Mitglied 2: *Chris Tabo*

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

	Übertragungsraten	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.

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

① Ausbreitungs- und Übertragungsverzögerung

Link 1

- Ausbreitungsverzögerung $t_{\text{prop}} = \frac{l}{V}$;

$$l = 15 \text{ m}, V = 300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\frac{15 \text{ m}}{300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = \frac{0,015 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = \frac{0,015}{300000} \text{ s} = \frac{1}{20000000} \text{ s} = 0,00000005 \text{ s}$$

$$= 0,05 \text{ } \underline{\underline{\mu\text{s}}}$$

- Übertragungsverzögerung: $t_{\text{tx}} = \frac{L}{C}$

$$L = 1500 \text{ B}, C = 60 \text{ Mbsps}$$

$$\frac{1500 \text{ B}}{60 \frac{\text{Mb}}{\text{s}}} = \frac{12 \cdot 1000 \frac{\text{b}}{\text{s}}}{60 \cdot 10^6 \frac{\text{b}}{\text{s}}} = \frac{12}{60 \cdot 10^3} \text{ s} = \frac{12}{60 \cdot 10^3} \text{ s} = 0,002 \text{ s}$$

$$= 0,2 \text{ ns}$$

Link 2

- Ausbreitungsverzögerung $t_{\text{prop}} = \frac{l}{V}$

$$l = 250 \text{ m}, V = 200000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\frac{250 \text{ m}}{200000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = \frac{0,25 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{200000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = \frac{0,25}{200000} \text{ s} = \frac{0,25}{200000} \text{ s} = \frac{0,25}{0,2} \text{ } \underline{\underline{\mu\text{s}}}$$

$$= 1,25 \text{ } \underline{\underline{\mu\text{s}}}$$

- Übertragungsverzögerung $t_{\text{tx}} = \frac{L}{C}$

$$L = 1500 \text{ B} = 12000 \text{ b}, C = 25 \text{ Mbsps}$$

$$\frac{12000 \text{ b}}{25 \frac{\text{Mb}}{\text{s}}} = \frac{12000 \text{ b}}{25 \cdot 10^6 \frac{\text{b}}{\text{s}}} = \frac{12}{25 \cdot 10^3} \text{ s} = \frac{12}{25 \cdot 10^3} \text{ s} = \frac{12}{25} \text{ ms}$$

$$= 0,48 \text{ } \underline{\underline{\text{ms}}}$$

Link 3

- Ausbreitungsverzögerung $t_{\text{prop}} = \frac{l}{V}$
 $l = 10 \text{ km} , V = 250000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

$$t_{\text{prop}} = \frac{10 \text{ km}}{250000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = \frac{1}{25000} \text{ s} = \frac{1}{25} \text{ ms} = 0,04 \text{ ms}$$

- Übertragungsverzögerung $t_{tx} = \frac{L}{C}$
 $L = 1500 \text{ m} = 12000 \text{ s} , C = 20 \text{ Gbps}$

$$t_{tx} = \frac{12000 \text{ s}}{20 \cdot 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{12}{20 \cdot 10^6} \text{ s} = \frac{12}{20} \mu\text{s} = 0,6 \mu\text{s}$$

② Logische Buslänge

Link 1 $L_{BL} = \frac{t_{\text{prop}}}{t_{\text{bit}}} = t_{\text{prop}} \cdot C \quad (t_{\text{bit}} = \frac{1}{C})$ in Byte Paketgröße

$$t_{\text{prop}} = 0,05 \mu\text{s} , C = 60 \text{ Mbps}$$

$$0,05 \mu\text{s} \cdot 60 \text{ Mbps} = 0,00000005 \text{ s} \cdot 60 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}} \\ = 0,000003 \text{ Mbit} = \underline{\underline{3 \text{ b}}}$$

$$\frac{3}{8} : 1500 \\ = 0,00025 \\ \text{Pakete}$$

$$t_{\text{prop}} = 1,25 \mu\text{s} , C = 25 \text{ Mbps}$$

$$1,25 \mu\text{s} \cdot 25 \text{ Mbps} = 0,00000125 \text{ s} \cdot 25 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}} \\ = 0,00003125 \text{ Mbit} = \underline{\underline{31,25 \text{ b}}}$$

$$\frac{31,25}{8} : 1500 \\ = 0,0026 \\ \text{Pakete}$$

Link 3

$$t_{\text{prop}} = 0,04 \text{ ms} , C = 20 \text{ Gbps}$$

$$0,04 \text{ ms} \cdot 20 \text{ Gbps} = 0,00004 \text{ ms} \cdot 20 \frac{\text{Gbit}}{\text{s}} \\ = 0,0008 \text{ Gbit} = 800000 \text{ b}$$

$$\frac{800000}{8} : 1500 \\ = 66,67 \\ \text{Pakete}$$

③ Ende-zu-Ende Verzögerung

$$\text{Gesamtverzögerung } t_{\text{ere}} = t_{tx_1} + t_{\text{prop}_1} + t_{tx_2} + t_{\text{prop}_2} + t_{tx_3} + t_{\text{prop}_3}$$

$$t_{\text{ere}} = \underbrace{0.12 \text{ ms} + 0.05 \mu\text{s}}_{\text{Link 1}} + \underbrace{0.48 \text{ ms} + 1.25 \mu\text{s}}_{\text{Link 2}} + \underbrace{0.16 \mu\text{s} + 0.04 \text{ ms}}_{\text{Link 3}}$$

$$= 0.72 \text{ ms} + 1.3 \mu\text{s} = \underline{\underline{0.7219 \text{ ms}}}$$

\Rightarrow Hängt nicht von Link-Reihenfolge ab, da es nur ein Paket ist.

④ Gesamtübertragungsdauer für 20 Pakete

\rightarrow Link 2 als langsamster Link (größte Übertragungsdauer)

$$t_{\text{ere}} = t_{tx_1} + t_{\text{prop}_1} + 20 \cdot t_{tx_2} + t_{\text{prop}_2} + t_{tx_3} + t_{\text{prop}_3}$$

$$t_{\text{ere}} = 0.12 \text{ ms} + 0.05 \mu\text{s} + 20 \cdot 0.48 \text{ ms} + 1.25 \mu\text{s} \\ + 0.16 \mu\text{s} + 0.04 \text{ ms} \\ = 9.84 \text{ ms} + 1.3 \mu\text{s} = \underline{\underline{9.8419 \text{ ms}}}$$

\Rightarrow Hängt nicht von der Reihenfolge ab, sondern nur von langsamsten Link.