

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

IN0010, SoSe 2018

Übungsblatt 6

21. Mai – 1. Juni 2018

Wegen der Pfingstfeiertage wird dieses Blatt am 23. – 25. Mai sowie am 28. und 29. Mai besprochen. Die Übungsgruppen an den anderen Tagen entfallen.

Hinweis: Mit * gekennzeichnete Teilaufgaben sind ohne Lösung vorhergehender Teilaufgaben lösbar.

Aufgabe 1 Optischer Telegraf

Hinweis: Klausuraufgabe Midterm 2014

In dieser Aufgabe betrachten wir optische Telegrafen. Der Abstand zwischen je zwei benachbarten Telegrafenstationen beträgt 15 km. Der Mast einer solchen Station (siehe Abb. 1) hat links und rechts jeweils drei Flügel, wovon jeder wiederum vier verschiedene Positionen (|, \, — und /) einnehmen kann.

Ein *Symbol* ist die Konfiguration aller Flügel.

Für das Einstellen eines Symbols werden 10 s benötigt. Das Ablesen beim Empfänger erfolgt parallel und benötigt daher keine zusätzliche Zeit.

a)* Wie viele bit können mit jedem Symbol übertragen werden?

Symbole: $4^6 = 4096$, Bits: $N = \log_2 4096 = 12$

b) Bestimmen Sie die erzielte Datenrate in B/s.

$$r = \frac{N}{8 \cdot 10} \text{ B/s} \\ = 0,15 \text{ B/s}$$

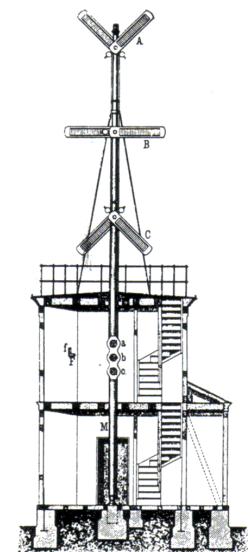


Abbildung 1: Optischer Telegraf

c)* Die zur Verfügung stehende Datenrate wird üblicherweise nicht vollständig für Nutzdaten aufgewendet. Nennen Sie zwei weitere, sinnvolle Aufgaben, die bei gängigen Systemen einen Teil der Datenrate in Anspruch nehmen.

- Steuersymbole (Start of Frame, End of Frame)
- 4B5B Code: Taktrückgewinnung
- Fehlererkennung (Prüfsumme) / Fehlerkorrektur
- Headerinformationen (Adressierung)
- Padding

Es soll nun eine Nachricht der Länge 72 B übertragen werden.

d) Berechnen Sie benötigte Serialisierungszeit für diese Nachricht.

$$t_s = \frac{72 \text{ B}}{r} = \frac{72 \text{ B}}{0,15 \text{ B/s}} = 480 \text{ s}$$

e)* Berechnen Sie die Ausbreitungsverzögerung dieser Nachricht zwischen zwei Stationen. Die Verringerung der Lichtgeschwindigkeit ($3 \cdot 10^8$ m/s) durch die Luft kann hierbei vernachlässigt werden.

$$t_p = \frac{d}{vc} = \frac{15\,000\text{ m}}{300\,000\,000\text{ m/s}} = 0,05\text{ ms}$$

Wir betrachten nun eine Kette von insgesamt 4 Telegrafestationen, welche jeweils 15 km voneinander entfernt sind.

f)* Diese Nachricht der Länge 72 B soll nun mittels Paketvermittlung übertragen werden. Das auf Schicht 2 genutzte Protokoll kann hierbei nur Rahmen bis zu einer Größe von einschließlich 36 B übertragen. In wie viele Pakete muss die Nachricht aufgeteilt werden, wenn jedem Paket ein Header von 4 B hinzugefügt werden muss?

$$p_{\max} = 36\text{ B} - 4\text{ B} = 32\text{ B}$$

$$N = \left\lceil \frac{L}{p_{\max}} \right\rceil = \left\lceil \frac{72\text{ B}}{32\text{ B}} \right\rceil = 3$$

g) Berechnen Sie die Dauer einer vollständig paketbasierten Übertragung der Nachricht über die gesamte Telegrafenkette hinweg. Gehen Sie davon aus, dass die Übermittlungen immer erfolgreich sind und somit keine Bestätigungen benötigt werden.

$$T_{PV} = \frac{1}{r} \left(\left\lceil \frac{L}{p_{\max}} \right\rceil \cdot L_h + L \right) + \frac{d}{vc} + n \cdot \frac{L_h + p_{\max}}{r}$$

|Anzahl Zwischenstationen| = $n = 2$

$$T_{PV} = \frac{1}{0,15\text{ B/s}} (3 \cdot 4 + 72) + \frac{45\text{ km}}{c} + 2 \cdot \frac{4 + 32}{0,15\text{ B/s}}$$

$$= 560\text{ s} + 0,15\text{ ms} + 480\text{ s} \approx 1040\text{ s}$$

h) Um wieviel weicht die Dauer bei einer durchgängigen Nachrichtenvermittlung ab? Gehen Sie davon aus, dass bei der Nachrichtenvermittlung kein Header verwendet wird.

Jede Station muss die Nachricht vollständig erhalten, bevor die Nachricht weiter geleitet werden kann.

$$\text{Gesamtdistanz } d = 3 \cdot 15\text{ km} = 45\text{ km}$$

$$T_{NV} = (n + 1) \cdot t_s + t_{p,\text{gesamt}}$$

$$= (2 + 1) \cdot 480\text{ s} + 0,15\text{ ms} = 1440\text{ s}$$

Eine Nachrichtenvermittlung wäre ca. $1440\text{ s} - 1040\text{ s} = 400\text{ s}$ langsamer.

Aufgabe 2 ARP und IP-Fragmentierung

In Abbildung 2 ist eine Anordnung von Netzkomponenten mit ihren IP- und MAC-Adressen dargestellt. Die beiden Computer PC1 und PC2 verwenden den jeweils lokalen Router als Default-Gateway. PC1 sendet ein IP-Paket mit 1000 B Nutzdaten an PC2. Die MTU auf dem WAN-Link zwischen R1 und R2 betrage 580 B. Innerhalb der lokalen Netzwerke gelte die für Ethernet übliche MTU von 1500 B.

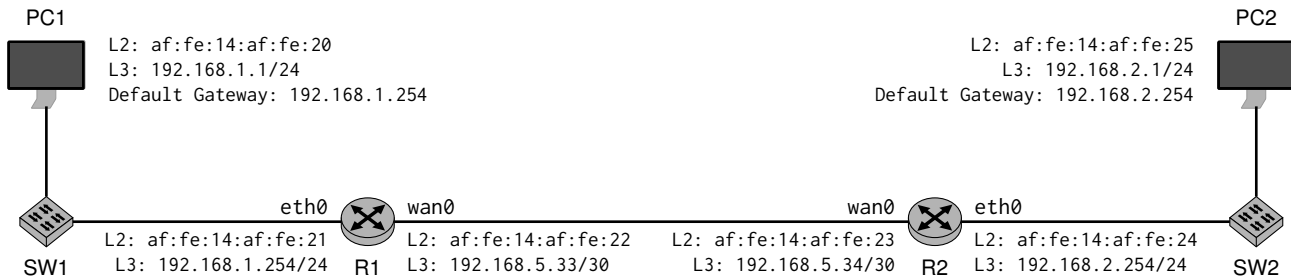


Abbildung 2: Netztopologie

Im Folgenden soll die Übertragung des Pakets mit allen notwendigen Zwischenschritten nachvollzogen werden. Gehen Sie zunächst davon aus, dass die ARP-Caches aller beteiligten Netzwerkkomponenten geleert sind.

a)* Inwiefern wirken sich die beiden Switches SW1 und SW2 in diesem Beispiel aus?

Die Switches haben keinerlei Einfluss auf die ausgetauschten Nachrichten. Switches sind i. A. transparent für die angeschlossenen Hosts. Insbesondere verändern Switches weder Absender noch Empfänger Adresse.

b)* In wie viele Fragmente muss R1 das Paket von PC1 aufteilen?

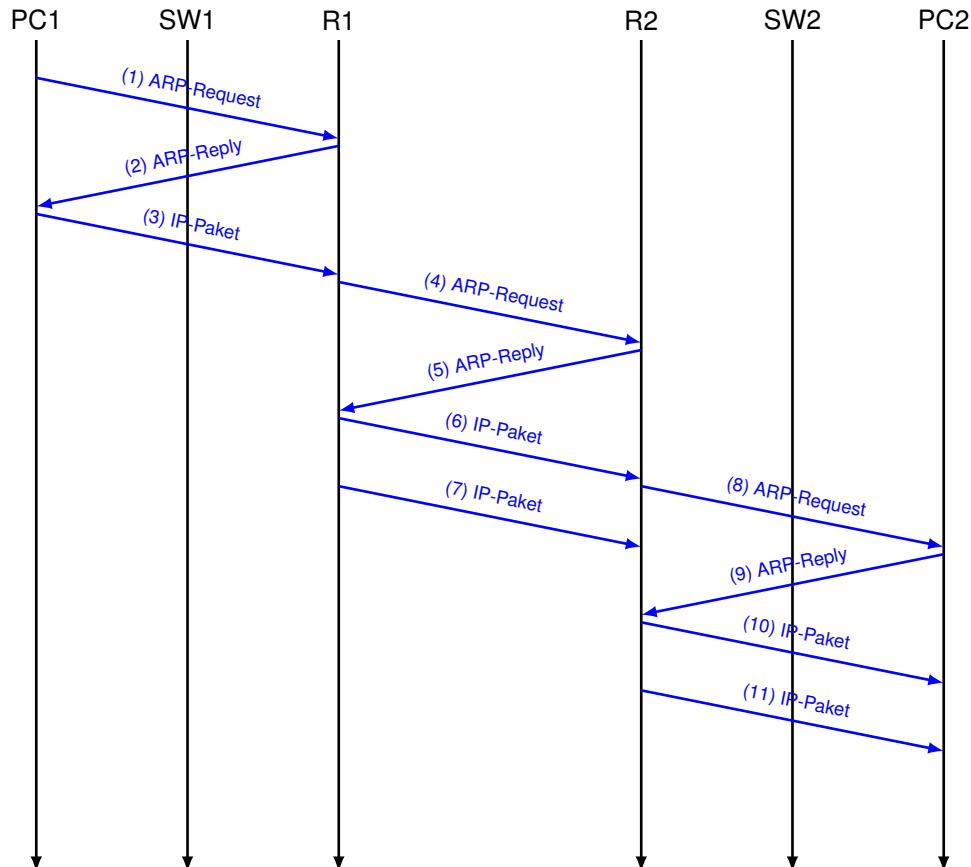
Die MTU (Maximum Transmission Unit) ist die maximale Größe eines Pakets auf Schicht 3 inkl. Header. Sie entspricht also genau der maximalen Größe der Payload auf Schicht 2. Mit dem Wissen, dass ein IP-Header 20 B lang ist (Ausnahme bei Verwendung von Optionen), erhalten wir:

$$N = \left\lceil \frac{1000 \text{ B}}{580 \text{ B} - 20 \text{ B}} \right\rceil = 2$$

c)* An welcher Stelle im Netzwerk werden die Fragmente reassembliert?

Erst der Empfänger, hier also PC2, reassembliert die Fragmente wieder. Tatsächlich kann i. A. kein anderer Knoten die Reassemblierung durchführen, da die Fragmente jeweils einzelne und voneinander unabhängige Pakete darstellen. Dies bedeutet insbesondere, dass sie unabhängig voneinander geroutet werden und daher u. U. verschiedene Wege zum Ziel nehmen können – das sieht man aus dem einfachen Beispiel in Abbildung 2 natürlich nicht, da es hier nur einen Pfad zwischen PC1 und PC2 gibt.

d) Skizzieren Sie ein einfaches Weg-Zeit-Diagramm, welches **alle Rahmen** berücksichtigt, die auf den jeweiligen Verbindungen übertragen werden müssen. **Nennen Sie die Art der ausgetauschten Rahmen und geben Sie den Rahmen Nummern (1,2,3,...).** (Das Diagramm muss nicht maßstabsgetreu sein. Serialisierungszeiten und Ausbreitungsverzögerungen sind zu vernachlässigen.)



Am Ende dieses Übungsblatts finden Sie Vordrucke für Ethernet-Header, ARP-Pakete (Header und Payload) und IP-Header (mehr als benötigt). Es ist nicht notwendig, den Header binär auszufüllen. Achten Sie lediglich darauf, dass Sie die Zahlenbasis deutlich kennzeichnen, z. B. $0x10$ für hexadezimal oder $63_{(10)}$ für dezimal.

e) Füllen Sie für die ersten drei Rahmen aus Teilaufgabe (d) jeweils einen Ethernet-Header und die passende Payload (ARP-Paket oder IP-Header mit angedeuteter Payload) aus. Beschriften Sie die gestrichelte Box neben dem jeweiligen Header/Paket mit der in (d) vergebenen Rahmennummer.

f) Füllen Sie für alle übrigen Rahmen, welche eine IP-Payload transportieren, jeweils einen Ethernet- und IP-Header aus. Beschriften Sie die gestrichelte Box neben dem jeweiligen Header mit der in (d) vergebenen Rahmennummer.

g)* Angenommen PC1 und PC2 würden über IPv6 kommunizieren:

1. Welche Auswirkungen hätte dies auf die Switches SW1 und SW2?
2. Müssten die Router R1 und R2 in diesem Fall auch IPv6-fähig sein?
3. An welcher Stelle fände die Fragmentierung von Paketen statt?

1. Im gegebenen Fall gar keine: Switches arbeiten nur mit MAC-Adressen, an denen sich nichts ändern würde (abgesehen von ggf. Multicast).
2. Ja, zumindest an den lokalen Interfaces `eth0`, da IPv6 und IPv4 nicht kompatibel sind. Ein Transport von IPv6 über IPv4 mittels GRE (General Routing Encapsulation) ist dann zwar theoretisch möglich, wegen der nicht-injektiven Abbildbarkeit von IPv4 auf IPv6 aber wenig sinnvoll bzw. im Allgemeinen unmöglich.
3. Fragmentiert würde nun direkt an PC1, da bei IPv6 Router grundsätzlich nicht fragmentieren.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31


IP-Pakete

3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

10

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0x4				0x5												580 ₍₁₀₎																	
32913 ₍₁₀₎																0 0 1			0 ₍₁₀₎														
62 ₍₁₀₎																																	
192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎																																	
192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎ 2 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎																																	
Payload																																	
																																	

11

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31													
0x4				0x5												460 ₍₁₀₎																												
32913 ₍₁₀₎																0 0 0			70 ₍₁₀₎																									
62 ₍₁₀₎																																												
192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎																																												
192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎ 2 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎																																												
Payload																																												

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																				

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31