

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

IN0010, SoSe 2019

Übungsblatt 6

3. Juni – 7. Juni 2019

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

Aufgabe 1 Bitübertragungstechniken

Seit 2010 verbindet ein neues Unterseekabel Japan und die USA. Das Kabel verläuft von Chikura nahe Tokio nach Los Angeles in Kalifornien (ca. 10 000 km) und besteht aus 8 Faserpaaren (wobei in jedem Faserpaar eine Faser für die eine Richtung und die andere Faser für die andere Richtung benutzt wird). Die Übertragungsrate beträgt insgesamt 7,68 Tbit/s pro Richtung.

Als vereinfachende Annahmen setzen wir voraus, dass das Licht nur den Weg des Kabels zurücklegt und keine Signalbeeinträchtigungen oder Verzögerungen durch Signalverstärker, Steckverbinder und ähnliches auftreten. Die relative Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht innerhalb einer Glasfaser beträgt (ebenso wie in Kupferleitungen) etwa $\nu = 2/3$ bezogen auf die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c_0 = 3 \cdot 10^8$ m/s.

a)* Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung von Chikura nach Los Angeles innerhalb des Kabels.

b)* Was sagt das *Bandbreitenverzögerungsprodukt* aus?

c) Bestimmen Sie das Bandbreitenverzögerungsprodukt.

Die Verlegung und Instandhaltung eines Unterseekabels ist sehr aufwendig. Die Verbindung zwischen den beiden Städten könnte ebenso über Satellit erfolgen. Betrachten Sie die beiden Verbindungswege kurz in Bezug auf die Round-Trip-Time (RTT¹).

Nehmen Sie dazu an, dass das Unterseekabel in direkter Luftlinienverbindung zwischen Chikura und Los Angeles liegt. Vernachlässigen Sie dabei die Erdkrümmung. Ein geostationärer Satellit (36 000 km Höhe) befinde sich genau über dem Mittelpunkt der Strecke.

d) Bestimmen Sie die minimale RTT für das Unterseekabel.

e) Bestimmen Sie die minimale RTT für eine entsprechende Satellitenverbindung.

Hinweis: Überlegen Sie, welche Streckenabschnitte ggf. vernachlässigt werden können.

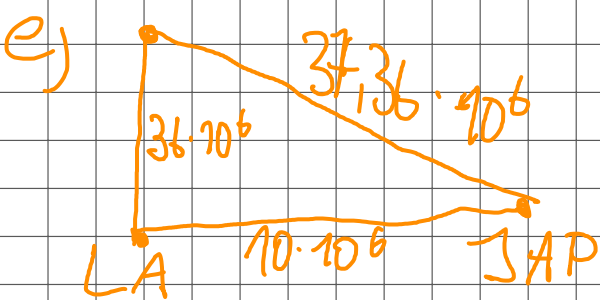
¹ Als RTT bezeichnet man die Zeit, die eine Nachricht vom Sender zum Empfänger und wieder zurück benötigt.

$$b) t_p = \frac{d}{v \cdot c} = \frac{10 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{2}{3}} = 0,05 \text{ s} \quad \checkmark$$

b) Wie viel Daten „gleichzeitig“ auf dem Band liegen können. ✓

$$c) C = t_p \cdot 7,68 \cdot 10^{12} = 48 \text{ GB} \quad \checkmark$$

$$d) 2 \cdot t_p = 0,1 \text{ s} \quad \checkmark$$



$$4. \frac{36 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} = 0,12 \text{ s} \quad \checkmark$$

Aufgabe 2 ARP und IP-Fragmentierung

In Abbildung 1 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.

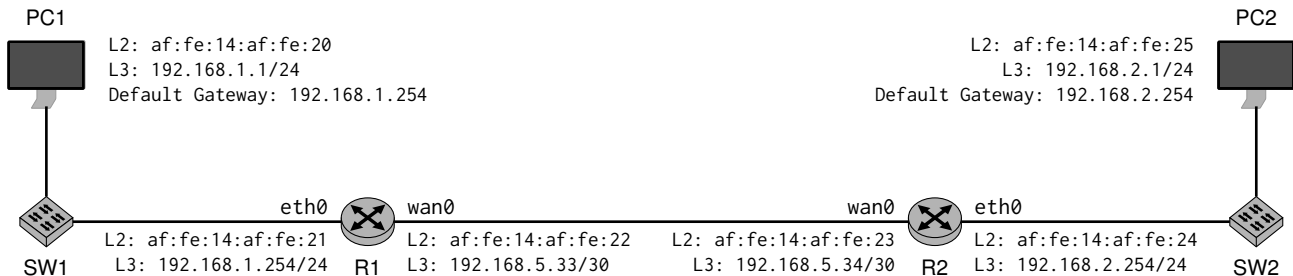


Abbildung 1: Netztopologie

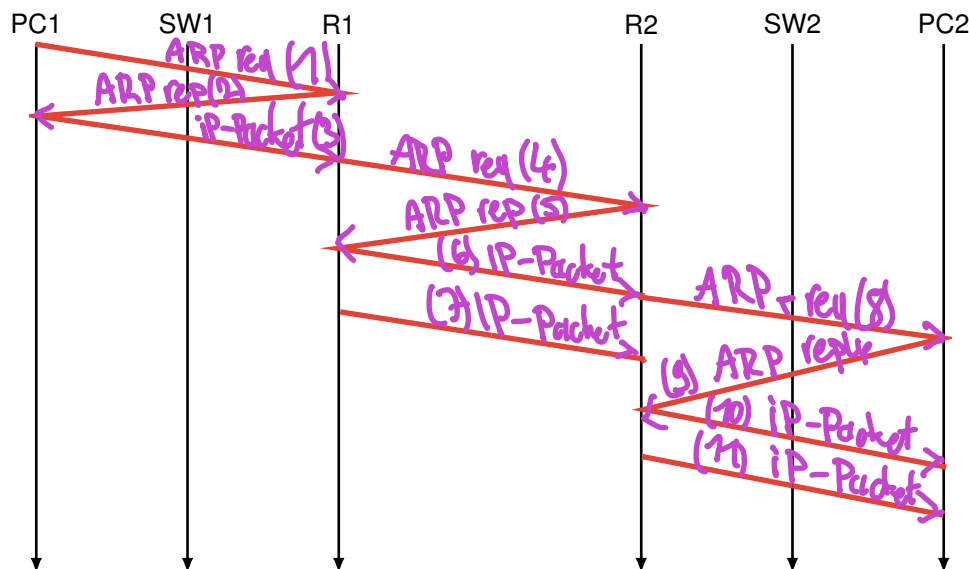
Im Folgenden soll die Übertragung des Pakets mit allen notwendigen Zwischenschritten nachvollzogen werden. Gehen Sie zunächst davon aus, dass die ARP-Caches aller beteiligten Netzwerkkomponenten geleert sind.

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

b)* In wie viele Fragmente muss R1 das Paket von PC1 aufteilen? *2*

c)* An welcher Stelle im Netzwerk werden die Fragmente reassembliert? *PC2*

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?

*Switches arbeiten mit MAC
adressen*

Ja

Bei PC 1

Vordrucke für Protokoll-Header:

Ethernet-Frames

			Payload	FCS
			Payload	FCS
			Payload	FCS
			Payload	FCS
			Payload	FCS
			Payload	FCS
			Payload	FCS
			Payload	FCS

ARP-Pakete

1

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
0x0001																0x0800															
0x06								0x04								0x0001															
0xfe20																192(10) 168(10)															
1(10) 1(10)																0x0000															
0x00000000																															
192(10) 168(10) 1(10) 254(10)																															

2

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
0x0001																0x0800															
0x06								0x04								0x0002															
0xfe20																192(10) 168(10)															
1(10) 1(10)																0xaffe															
0x7affe20																															
192(10) 168(10) 1(10) 1(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

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

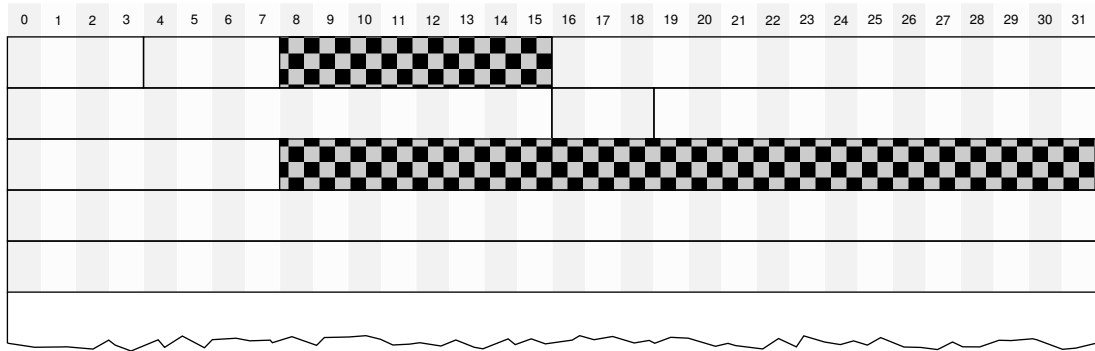
6

	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

70



71

