

Eexam

Sticker mit SRID hier einkleben

Hinweise zur Personalisierung:

- Ihre Prüfung wird bei der Anwesenheitskontrolle durch Aufkleben eines Codes personalisiert.
- Dieser enthält lediglich eine fortlaufende Nummer, welche auch auf der Anwesenheitsliste neben dem Unterschriftenfeld vermerkt ist.
- Diese wird als Pseudonym verwendet, um eine eindeutige Zuordnung Ihrer Prüfung zu ermöglichen.

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Klausur: IN0010 / Hausaufgabe 6

Datum: Montag, 8. Juni 2020

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Uhrzeit: 14:00 – 23:59

Bearbeitungshinweise

- Die erreichbare Gesamtpunktzahl beträgt 30 Punkte.
- Bitte geben Sie bis spätestens Sonntag, den **14. Juni um 23:59 CEST** über TUMexam ab.
Bitte haben Sie Verständnis, wenn das Abgabesystem noch nicht reibungslos funktioniert. Wir arbeiten daran!
- Ihren **persönlichen** Link zur Abgabe finden Sie auf Moodle. Geben Sie diesen **nicht** weiter.
- Bitte haben Sie Verständnis, falls die Abgabeseite zeitweilig nicht erreichbar ist.

Bitte nehmen Sie die Hausaufgaben dennoch ernst:

- Neben der Einübung des Vorlesungsstoffs und der Klausurvorbereitung dienen die Hausaufgaben auch dazu, den Ablauf der Midterm zu erproben.
- Finden Sie einen für sich selbst praktikablen und effizienten Weg, die Hausaufgaben zu bearbeiten. Hinweise hierzu haben wir auf https://grnvs.net.in.tum.de/homework_submission_details.pdf für Sie zusammengestellt.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

Aufgabe 1 Bitübertragungstechniken (7 Punkte)

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 $v = 2/3$ bezogen auf die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c_0 = 3 \cdot 10^8$ m/s.

- 0 ☐ 1 ☐ a)* Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung von Chikura nach Los Angeles innerhalb des Kabels.

$$t_p = \frac{10000 \cdot 10^3 \text{ m}}{\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 50 \text{ ns} \quad \text{Formel } t_p = \frac{d}{v c_0}$$

- 0 ☐ 1 ☐ b)* Was sagt das Bandbreitenverzögerungsprodukt aus?

Es beschreibt die auf der Leitung liegende Datenmenge.
(Anzahl der beim Sender serialisierten Bits, bis diese beim Empfänger ankommen)

- 0 ☐ 1 ☐ c) Bestimmen Sie das Bandbreitenverzögerungsprodukt.

$$\begin{aligned} B &= 50 \cdot 10^{-9} \text{ s} \cdot 7,68 \cdot 10^{12} \frac{\text{bit}}{\text{s}} \\ &= 384 \cdot 10^3 \text{ bit} \\ &= 384 \text{ Gbit} = 48 \text{ GB} \end{aligned} \quad \text{Formel } B = t_p \cdot r$$

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) befindet sich genau über dem Mittelpunkt der Strecke.

- 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ d) Bestimmen Sie die minimale RTT für das Unterseekabel. **Hinweis:** Überlegen Sie sich, welche Komponente der RTT im vorliegenden Fall den wesentlichen Beitrag liefert.

Da die Paketgröße beliebig klein gewählt werden kann, wenn die Serialisierungszeit vernachlässigbar ist, betrachten wir $t_s \rightarrow 0$

$$\text{Formel } RTT = 2(t_p + t_s)$$

$$RTT = 2(t_p + t_s) \approx 2 \cdot t_p = 100 \text{ ns}$$

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

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

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

$$d_{\text{SAT}} = \sqrt{5.000^2 + 36.000^2} = 36.345,56 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$t_{\text{SAT}} = \frac{2 \cdot d_{\text{SAT}}}{c_0} = \frac{2 \cdot 36.345,56 \cdot 10^3 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 242,3 \text{ ms}$$

$$\text{RTT} \approx 2 \cdot t_{\text{SAT}} = 2 \cdot 242 \text{ ms} \approx 485 \text{ ms}$$

Pythagoras: $a^2 + b^2 = c^2$

0
1
2

Aufgabe 2 ARP und IP-Fragmentierung (23 Punkte)

In Abbildung 2.1 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.

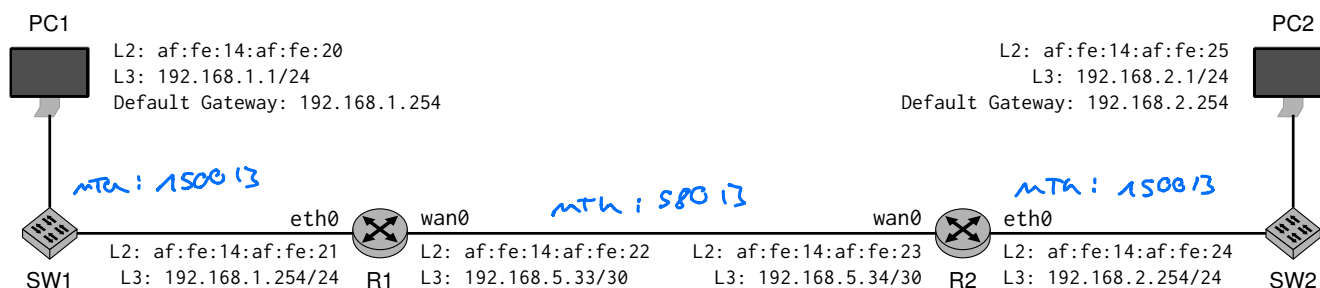


Abbildung 2.1: Netztopologie

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?

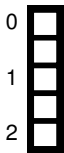
Car keinen. Switches haben auf Layer 2 keinen Einfluss.
Sie verändern also keine Adressen.

0
1

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

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

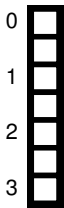
0
1
2



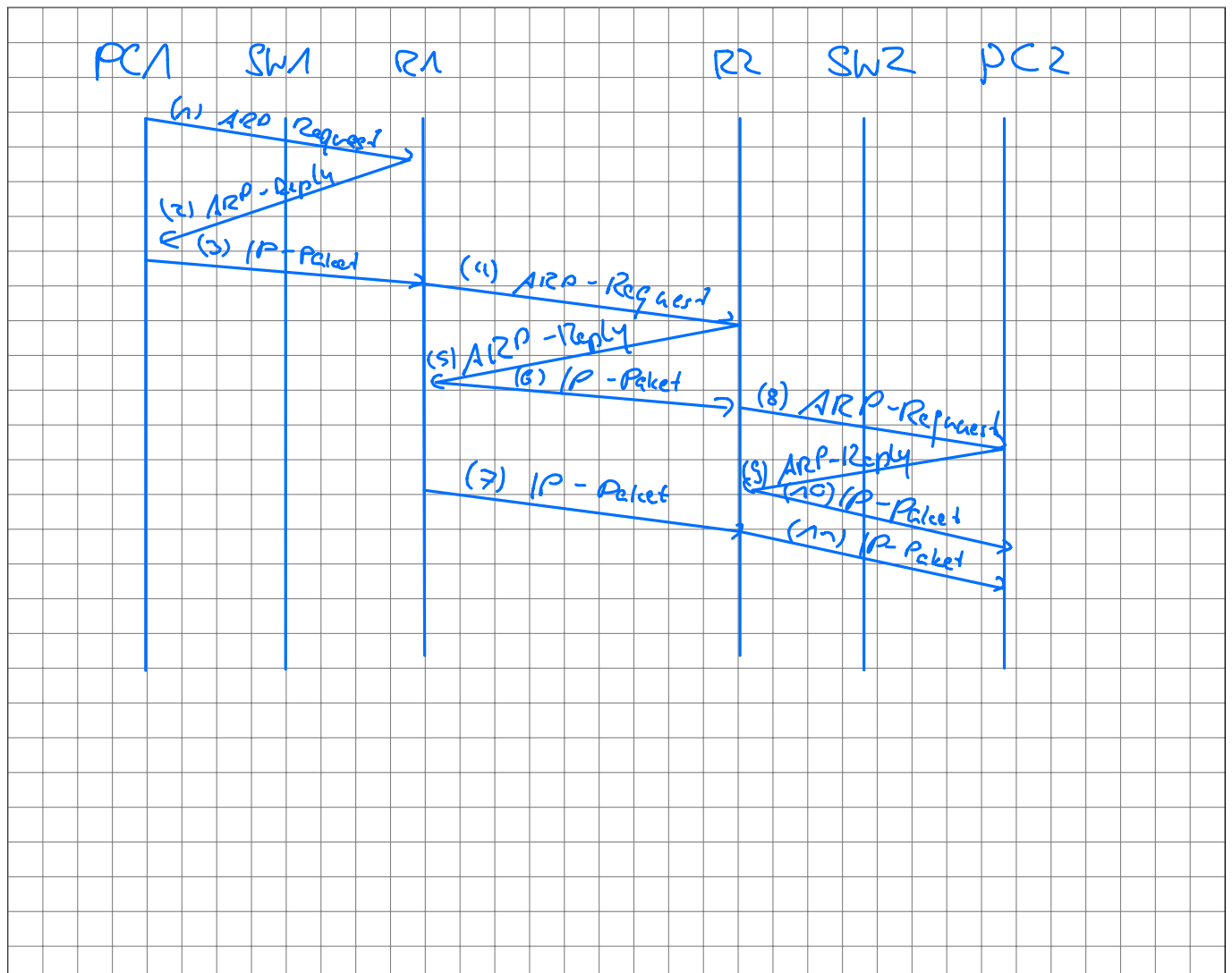
c)* An welcher Stelle im Netzwerk werden die Fragmente reassembliert?

Immer nur beim finalen Empfänger.

↳ ALLE Fragmente kommen i.A. nur beim finalen Empfänger an.



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 Teilaufgabe 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 Teilaufgabe 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?

	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6

	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6

	0
	1
	2
	3

1.) Keine. Switches arbeiten nur mit MAC-Adressen
Es ändert sich nichts außer bei einem Multicast

2.) Ja, zumindest an allen lokalen Interfaces eth0
→ Theoretisch wäre ein Transport von IPv6 in IPv4 möglich
da aber IPv6 → IPv4 nicht injektiv ist, wird eine
Adressabbildung schwer/unmöglich.

3.) PC1 würde direkt fragmentieren.
Router fragmentieren generell bei IPv6 nicht.

Vordrucke für Protokoll-Header:

Ethernet-Frames

PC1 → Broadcast	1	Destination ff:ff:ff:ff:ff:ff	Sender a1:f1:14:a1:f1:20	Ethernet Type 0x0800	Payload	FCS
PC1 → PC1	2	a1:f1:14:a1:f1:20	a1:f1:14:a1:f1:21	0x0800	Payload	FCS
PC1 → PC2	3	a1:f1:14:a1:f1:21	a1:f1:14:a1:f1:20	0x0800	Payload	FCS
PC1 → PC2	6	a1:f1:14:a1:f1:23	a1:f1:14:a1:f1:22	0x0800	Payload	FCS
PC1 → PC2	7	a1:f1:14:a1:f1:23	a1:f1:14:a1:f1:22	0x0800	Payload	FCS
PC2 → PC2	10	a1:f1:14:a1:f1:25	a1:f1:14:a1:f1:24	0x0800	Payload	FCS
PC2 → PC2	11	a1:f1:14:a1:f1:25	a1:f1:14:a1:f1:24	0x0800	Payload	FCS
					Payload	FCS

ARP-Pakete

Packet 1

Header Type

IPv4 Protocol Header

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									
0x 0000																0x 0800																								
0x 06								0x 04								0x 0001																Request								
0x a1:f1:14:a1:f1:20																Sender Hardware																								
0x f1:20																192.168.1.1																Sender Protocol								
1. 1 (no)																0x 0000																								
0x 00 00 00 00 00																Target Hardware																								
192.168.1.254 (no)																Target Protocol																								

Packet 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									
0x 0000																0x 0800																								
0x 06								0x 04								0x 0002																Response								
0x a1:f1:14:a1:f1:21																																								
0x f1:21																192.168.1.1																								
1. 254 (no)																0x a1:f1																								
0x 14: a1:f1:21																																								
192.168.1.1 (no)																																								

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

