

**Eexam**

Place student sticker here

**Note:**

- During the attendance check a sticker containing a unique code will be put on this exam.
- This code contains a unique number that associates this exam with your registration number.
- This number is printed both next to the code and to the signature field in the attendance check list.

## Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Exam:** IN0010 / Hausaufgabe 7

**Date:** Monday 15<sup>th</sup> June, 2020

**Examiner:** Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

**Time:** 14:00 – 23:59

### Working instructions

- This exam consists of **6 pages** with a total of **2 problems**.  
Please make sure now that you received a complete copy of the exam.
- The total amount of achievable credits in this exam is 21.5 credits.
- Detaching pages from the exam is prohibited.
- Allowed resources:
  - one **non-programmable pocket calculator**
  - one **analog dictionary** English ↔ native language
- Subproblems marked by \* can be solved without results of previous subproblems.
- **Answers are only accepted if the solution approach is documented.** Give a reason for each answer unless explicitly stated otherwise in the respective subproblem.
- Do not write with red or green colors nor use pencils.
- Physically turn off all electronic devices, put them into your bag and close the bag.

Left room from \_\_\_\_\_ to \_\_\_\_\_ / Early submission at \_\_\_\_\_

## Problem 1 Packet Pair Probing (Klausuraufgabe Endterm 2012) (12 credits)

*Packet Pair Probing* ist ein Verfahren, mit dem sich durch geschickte Ausnutzung von Serialisierungs- und Verzögerungszeiten die Bandbreite eines Linkabschnitts bestimmen lässt. Wir wollen dies anhand des in Abbildung 1.1 dargestellten Beispielnetzwerks nachvollziehen.

Die Knoten 1 und 4 sind mit ihren Routern jeweils über Ethernet mit einer Datenrate von 1 Gbit/s angebunden. Die Verbindung zwischen den Routern 2 und 3 ist jedoch deutlich langsamer. Diese Übertragungsrate  $r_{23}$  soll von 1 und 4 bestimmt werden, indem möglichst wenig Last auf der ohnehin langsamen Verbindung erzeugt wird.

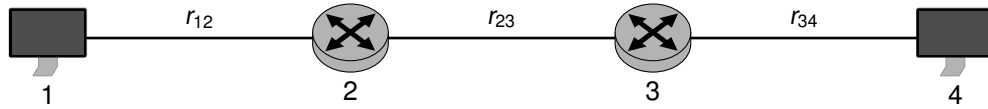


Figure 1.1: Netztopologie

Wir leiten in dieser Aufgabe zunächst allgemein ein Verfahren her, mittels dem Knoten 1 und 4 die gefragte Übertragungsrate bestimmen können. Im Anschluss werten wir das Verfahren für konkrete Zahlenwerte aus und diskutieren mögliche Probleme, die in der Praxis auftreten werden.

- 0 ☐ a)\* Geben Sie die Serialisierungszeit  $t_s(i, j)$  zwischen zwei benachbarten Knoten  $i$  und  $j$  in Abhängigkeit der Paketgröße  $p$  und der Übertragungsrate  $r_{ij}$  an.

1 ☐

- 0 ☐ b)\* Geben Sie die Ausbreitungsverzögerung  $t_p(i, j)$  zwischen zwei benachbarten Knoten  $i$  und  $j$  in Abhängigkeit der Distanz  $d_{ij}$  an.

1 ☐

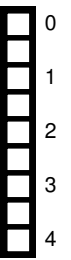
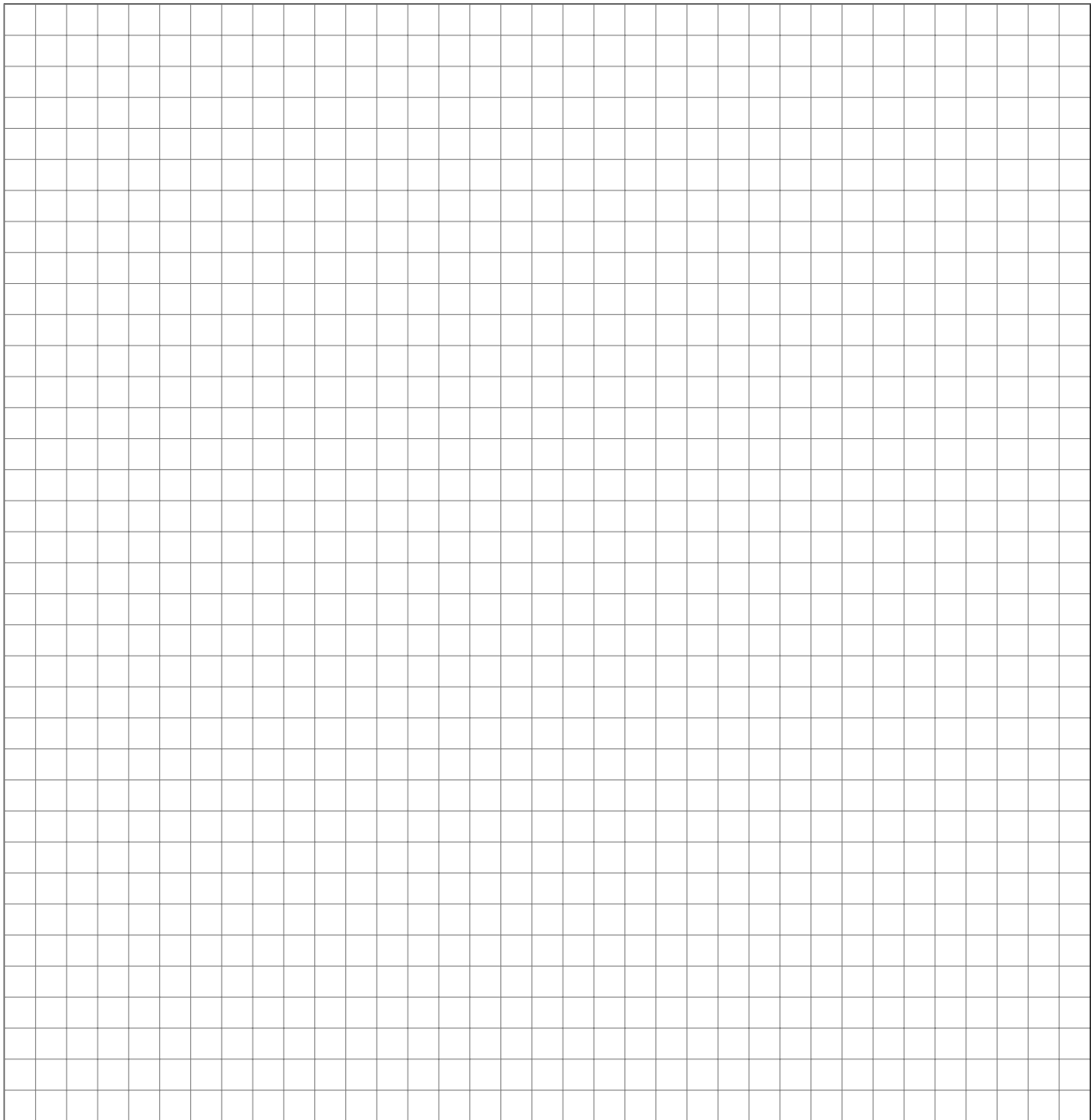
- 0 ☐ c)\* Erläutern Sie kurz, wie 1 bei Verwendung von IPv4 die maximale MTU auf dem Pfad nach 4 bestimmen kann.

1 ☐

2 ☐

1 sende nun unmittelbar nacheinander zwei Pakete der Länge  $p$  an 4. Sie können davon ausgehen, dass sonst kein weiterer Datenverkehr die Übertragung beeinflusst. Die Länge  $p$  sei so gewählt, dass keine Fragmentierung notwendig ist. Eventuelle Verarbeitungszeiten an den Knoten können Sie vernachlässigen.

d) Zeichnen Sie ein Weg-Zeit-Diagramm, welches die Übertragung der beiden Pakete qualitativ richtig darstellt. Berücksichtigen Sie dabei insbesondere  $r_{23} < r_{12} = r_{34}$  wie eingangs erwähnt.



Durch die geringe Übertragungsrate zwischen 2 und 3 entsteht an Knoten 3 eine Sendepause  $\Delta t$  zwischen den beiden weitergeleiteten Paketen. Diese kann von 4 gemessen und zur Bestimmung der Übertragungsrate zwischen 2 und 3 verwendet werden.

e) Markieren Sie  $\Delta t$  in Ihrer Lösung von Teilaufgabe d). Von welchen Größen hängt  $\Delta t$  ab?



0

1

f) Geben Sie einen Ausdruck für  $\Delta t$  an. Vereinfachen Sie den Ausdruck soweit wie möglich.

0

1

g) Geben Sie einen Ausdruck für die gesuchte Datenrate  $r_{23}$  an. Vereinfachen Sie den Ausdruck soweit wie möglich.

Wiederholte Messungen an 4 ergeben einen Durchschnittswert von  $\overline{\Delta t} = 1,2 \text{ ms}$  bei einer Paketgröße von  $p = 1500 \text{ B}$ .

0

1

h) Bestimmen Sie  $r_{23}$  als Zahlenwert in Mbit/s.

## Problem 2 Drahtthai (9.5 credits)

Gegeben sei der in Abbildung 2.1 dargestellte Hexdump in Network-Byte-Order eines Ethernet-Rahmens, ohne Checksum, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

```

0x0000  00 16 3e ff ff ff 00 16      3e 6d cd 0d 08 00 45 00
0x0010  00 58 9f 47 40 00 40 06      47 33 ac 10 fe 02 ac 10
0x0020  fe 01 00 16 da e2 02 5d      78 9a f2 3d 99 17 80 18
0x0030  00 e3 54 70 00 00 01 01      08 0a b3 13 65 ca 11 82
0x0040  53 20 53 53 48 2d 32 2e      30 2d 74 69 6e 79 73 73
0x0050  68 5f 6e 6f 76 65 72 73      69 6f 6e 20 5a 34 43 53
0x0060  69 31 5a 52 0d 0a

```

Figure 2.1: Hexdump eines Ethernet-Rahmens, ohne Checksum, in Network-Byte-Order

**Hinweis:** Zur Lösung der Aufgabe sind Informationen aus dem Cheatsheet notwendig.

0

1

a)\* Markieren Sie in Abbildung 2.1 Beginn und Ende des Ethernet-Headers.

1

b) Begründen Sie, durch Markieren und Beschreiben relevanter Headerfelder, welches Protokoll auf Schicht 3 verwendet wird.

0

1

c)\* Beschreiben Sie, wie die Länge des Headers auf Schicht 3 bestimmt wird. Markieren und benennen Sie dafür relevante Abschnitte in Abbildung 2.1.

0  
1

d)\* Markieren Sie alle Schicht 3 Adressen und benennen Sie diese.

e) Markieren Sie alle in Schicht 3 enthaltenen Extension Header.

--

0  
1

0  
1

f) Benennen und beschreiben Sie die drei kleinsten Headerfelder von Schicht 3. Geben Sie zudem die Größe der beschriebenen Headerfelder an.

	0
	1

g) Falls es eine L3-SDU gibt, geben Sie ihren Typ an und begründen Sie die Angabe. Andernfalls, legen Sie Ihren Gedankengang dar und erörtern wie es zu dieser Situation kommen konnte.

0  
1

h) Die Bytes 0x0042 und Folgende sind Payload von Schicht 4. Geben Sie die ASCII Darstellung der ersten 7 B der Payload an.

0

1

i) Um welches Protokoll der Anwendungsschicht handelt es sich also vermutlich und wozu wird dieses Protokoll verwendet?

0  
1

**Additional space for solutions—clearly mark the (sub)problem your answers are related to and strike out invalid solutions.**

