Chair of Network Architectures and Services
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

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 / Retake	**Datum:**	Freitag, 4. Oktober 2024
Prüfer:	Prof. Dr.-Ing. Georg Carle	**Uhrzeit:**	11:00 – 12:30

Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **7 Aufgaben** sowie den bekannten **Cheatsheet**. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Klausur beträgt 90 Punkte.
- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
  - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner**
  - ein **analoges Wörterbuch** Deutsch $\leftrightarrow$ Muttersprache **ohne Anmerkungen**
  - das mit der Klausur ausgeteilte Cheatsheet
- Mit * gekennzeichnete Teilaufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorheriger Teilaufgaben lösbar.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen der Lösungsweg erkennbar ist.** Auch Textaufgaben sind **grundsätzlich zu begründen**, sofern es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.
- Schreiben Sie weder mit roter / grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Schalten Sie alle mitgeführten elektronischen Geräte vollständig aus, verstauen Sie diese in Ihrer Tasche und verschließen Sie diese.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

Aufgabe 1 **Multiple Choice (18 Punkte)**

Die folgenden Teilaufgaben sind Multiple Choice / Multiple Answer, d. h. es ist jeweils mind. eine Antwortoption korrekt. Teilaufgaben mit nur einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt bewertet, wenn richtig. Teilaufgaben mit mehr als einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt pro richtigem und -1 Punkt pro falschem Kreuz bewertet. Fehlende Kreuze haben keine Auswirkung. Die minimale Punktzahl pro Teilaufgabe beträgt 0 Punkte.

Kreuzen Sie richtige Antworten an ☒
Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden ■
Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden ×■

a)* `1f 00` ist die hexadezimale Darstellung für die Zahl 7936 in welcher Byte-Order?

- ☐ Little-Endian
- ☐ Low-Endian
- ☐ Middle-Endian
- ☐ Big-Endian
- ☐ AS-Byte-Order
- ☐ Cloud-Byte-Order
- ☐ Network-Byte-Order
- ☐ Host-Byte-Order

b)* Welche der folgenden Auswahlmöglichkeiten stehen für im Rahmen der Vorlesung kennengelernte digitale Modulationsverfahren?

- ☐ ASP
- ☐ NRZ
- ☐ QAP
- ☐ QRM
- ☐ Tiefpassfilter
- ☐ Keine
- ☐ QMP
- ☐ ASF
- ☐ TSA
- ☐ Brieftaube

c)* Welches Zeichen hat in der folgenden Zeichenkette den höchsten Informationsgehalt?

ABBACCADDAEEAGHG

- ☐ G
- ☐ E
- ☐ D
- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ H

d)* Der Knoten zu welchem der Zeichen der obigen Zeichenkette hätte im zugehörigen Huffmann-Baum die geringste Tiefe?

- ☐ H
- ☐ A
- ☐ B
- ☐ E
- ☐ D
- ☐ C
- ☐ G

e)* Welche Aussagen zu IEEE 802.11 Access Points (APs) sind richtig?

- ☐ APs werden grundsätzlich direkt addressiert und sind daher nie transparent.
- ☐ APs sind für Teilnehmer außerhalb des kabellosen Netzwerks transparent.
- ☐ APs sind nur innerhalb des kabellosen Netzwerks transparent.
- ☐ APs sind für alle Teilnehmer transparent.

f)* Wie viele nutzbare Host-IPv4 Adressen sind im Präfix 193.77.96.0/19?

- ☐ 524286
- ☐ < 32
- ☐ 1022
- ☐ 510
- ☐ 524288
- ☐ $> 10^{32}$
- ☐ 1024
- ☐ 512
- ☐ 8190
- ☐ 8192

g)* Welche Eigenschaften besitzt IPv6 *im Vergleich zu* IPv4?

- ☐ Keine Fragmentierung bei Routern
- ☐ automatische MAC-Vergabe über SLAAC
- ☐ Longest-Prefix-Matching möglich
- ☐ 2^{64}-fach größerer Adressraum
- ☐ feste Headergröße
- ☐ kein L4-Protokoll nötig
- ☐ kleinerer Adressraum
- ☐ keine Switche nötig

h) Weche der folgenden Aussagen bezüglich der IP-Addresse `ff02::1:ffae:57d0` sind korrekt?

- ☐ Die IP ist eine Loopback Adresse.
- ☐ Die IP ist eine Unicast Adresse.
- ☐ Die IP ist eine Broadcast Adresse.
- ☐ Die IP ist eine Multicast Adresse.
- ☐ Die IP ist eine IPv5 Adresse.
- ☐ Die IP ist ein historisches Relikt aus den Anfangszeiten des Internet.

i)* Welche Headerfelder werden durch eine klassische NAT bei **ausgehenden** Paketen **immer** verändert?

☐ Protocol ☐ Dst-Port ☐ Src-Port ☐ Dst-IP ☐ Src-IP

j)* Welche Eigenschaften hat UDP?

- ☐ Das Sendefenster wird dynamisch angepasst.
- ☐ Kann durch IPv6 nicht vermittelt werden.
- ☐ Pakete können in anderer Reihenfolge ankommen und verarbeitet werden.
- ☐ Es gibt Mechanismen der Flusskontrolle
- ☐ Das Empfangsfenster wird dynamisch angepasst.
- ☐ Nachrichten-orientiert
- ☐ Es werden Bestätigungen versendet.
- ☐ Stream-orientiert
- ☐ Es gibt Mechanismen der Staukontrolle.

k)* Der in der Vorlesung vorgestellte (vereinfachte) TCP-Reno Staukontrollalgorithmus befinde sich in der Congestion Avoidance Phase. **Es wurden alle Segmente des Sendefensters bestätigt.** Was passiert?

- ☐ Das Staukontrollfenster bleibt unverändert.
- ☐ Der Grenzwert für die Stauvermeidung wird auf die halbe aktuelle Fenstergröße gesetzt.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird halbiert.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird um eine MSS vergrößert.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird auf den Grenzwert für die Stauvermeidung gesetzt.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird auf eine MSS gesetzt.
- ☐ Der Algorithmus geht in den Slow-Start.
- ☐ Der Algorithmus bleibt in der CA-Phase.

l)* Der in der Vorlesung vorgestellte (vereinfachte) TCP-Reno Staukontrollalgorithmus befinde sich in der Congestion Avoidance Phase. **Es tritt ein Timeout auf.** Was passiert?

- ☐ Das Staukontrollfenster wird auf den Grenzwert für die Stauvermeidung gesetzt.
- ☐ Der Algorithmus geht in den Slow-Start.
- ☐ Das Staukontrollfenster bleibt unverändert.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird um eine MSS vergrößert.
- ☐ Der Algorithmus bleibt in der CA-Phase.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird halbiert.
- ☐ Das Staukontrollfenster wird auf eine MSS gesetzt.
- ☐ Der Grenzwert für die Stauvermeidung wird auf die halbe aktuelle Fenstergröße gesetzt.

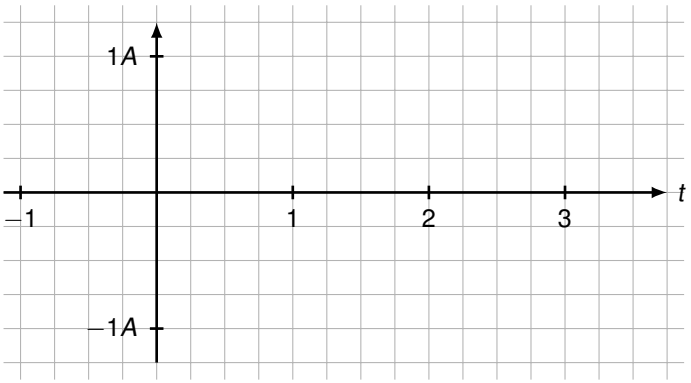
Aufgabe 2 EKG-Frequenzanalyse (14 Punkte)

Wir wollen das Spektrum eines Signals bestimmen. Das Signal $s(t)$ besteht aus periodischen Wiederholungen des Grundimpulses $g(t)$ mit Periodendauer $T = 2$.

$$g(t) = \begin{cases} 2At + A & -\frac{1}{2} \leq t \leq 0 \\ 2At - A & 0 < t \leq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

0 1 2

a)* Zeichen Sie das periodische Signal $s(t)$ in folgendes Koordinatensystem ein.



0 1 2

b)* Kreuzen Sie an mit welchen Verfahren das Spektrum von $s(t)$ bestimmt werden kann. Begründen Sie anschließend Ihre Entscheidung.

☐ Fourierreihe ☐ Fouriertransformation

0 1 2

c)* Ermitteln Sie den Gleichanteil von $s(t)$ durch Rechnung oder Begründung.

0 1 2

d)* Kreuzen Sie korrekte Aussagen an und begründen Sie Ihre Wahl in der folgenden Box kurz.
Hinweis: Ohne Begründungen gibt es für die Kreuze keine Punkte!

☐ $\forall_{k \in \mathbb{N}^+} a_k = 0$ ☐ $\exists_{k \in \mathbb{N}^+} a_k \neq 0$

$$b_k = 2A \cdot \left(\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} t \sin(k\pi t)\,\mathrm{d}t - \int_{0}^{\frac{1}{2}} \sin(k\pi t)\,\mathrm{d}t \right) \tag{2.1}$$

Bei der Berechnung der Sinusanteile b_k ist das Zwischenergebnis aus Formel 2.1 erreichbar.

e)* Geben Sie den Rechenweg zum Zwischenergebnis 2.1 an und erklären Sie nicht offensichtliche Rechenschritte kurz.

0 1 2 3 4 5 6

Aufgabe 3 **Adressierung (5 Punkte)**

Gegeben sei die folgende Topologie. Der PC habe eine Anfrage an den Server geschickt und wir betrachten nun die Antwort vom Server zum PC an den drei Punkten P1, P2 und P3. Router R2 betriebt NAT und ändert entsprechend Adressen und Ports beim Weiterleiten in das private Netzwerk zum PC.

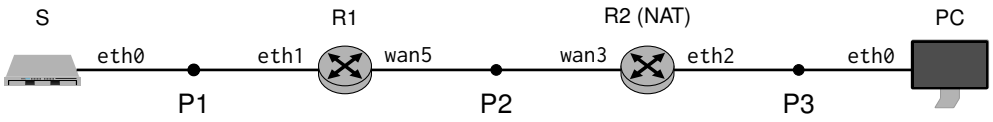


Abbildung 3.1: Netzwerktopologie

0 1 2 3

a)* Füllen Sie in der folgenden Tabelle die Ethernet und IP-Adressen des Rahmens bzw. Pakets aus, wie Sie am jeweiligen Punkt beobachtet werden. Nutzen Sie für MAC- und IP-Adressen die Notation *Gerät.Interface.Adresse*, also z.B. *PC3.eth0.MAC*.

	SRC-MAC	**DST-MAC**	**SRC-IP**	**DST-IP**
P1				
P2				
P3				

0 1

b)* Angenommen, S wählt als TTL den Wert 4. Begründen Sie kurz, ob das Paket beim PC ankommt.

0 1

c)* Es werden die Netze `10.222.15.128/26` und `10.222.15.192/26` zusammengefasst. Nennen Sie die resultierende Netzadresse in CIDR-Notation.

Aufgabe 4 Legend of the Galactic High-Speed Satellite Communication (12 Punkte)

Sie arbeiten bei der intergalaktischen Telekom und sollen die Dimensionierung einer neuen Satellitenübertragungsstrecke zwischen den Planeten Odin und Fezzan planen. Ihr Konkurrent FezzSat hat diese Verbindung bereits mit Satelliten gleichen Typs realisiert.
Folgende Informationen sind bekannt:

- Die Satelliten unterstützen eine maximale Rahmengröße inklusive Header von 2304 B.
- Die Distanz zwischen Odin und Fezzan beträgt 7000 Lj (1 Jahr sind 365 Tage).[a]

Bestimmung der Fehlerrate

Ihr Chef möchte Geld sparen und plant, zwischen Sende- und Empfangsstation $N = 99$ Satelliten äquidistant zu verwenden. Somit kommt es zu insgesamt 100 Übertragungen. Sei $p_e(d)$ die Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die Übertragung von einem Satelliten zum anderen, welche in Abhängigkeit von der Satellitendistanz d definiert ist.

a)* Sei X die Zufallsvariable, welche die Anzahl an Bitfehlern bei der Übertragung eines maximal-großen Pakets zwischen zwei Satelliten angibt. Geben Sie die Verteilung der Zufallsvariable X inklusive Verteilungsparametern in Abhängigkeit von $p_e(d)$ an.

0
1

$X \sim$ ( ) ( )

b) Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein maximal-großes Paket vollkommen korrekt beim nächsten Satelliten ankommt? Nutzen Sie folgende Definition von $p_e(d)$ und geben Sie das Ergebnis in Prozent an.

0
1
2

$$p_e(d) = 10^{-\left(\frac{320}{d/1\,\mathrm{Lj}}\right)}$$

c) Ist also mit der Fehlerwahrscheinlichkeit aus Teilaufgabe b) ein Betrieb mit 99 Satelliten sinnvoll? Begründen Sie kurz.

0
1

[a] 1 Lj ist die Strecke, die Licht im Vakuum in genau einem Jahr zurücklegt.

Aufbau der Übertragungsdauer bei Paketvermittlung

Um besser zu verstehen, wie die Gesamtübertragungsdauer einer Datenmenge L bei Paketvermittlung zustande kommt, sollen Sie dies an einem konkreten Beispiel mit 5 Paketen und 4 Satelliten grafisch nachvollziehen.
Die folgenden Zeiten sind für die Gesamtübertragungsdauer relevant.

1. Serialisierungszeit t_s
2. Ausbreitungsverzögerung t_p
3. Verzögerung t_z bei der Datenübertragung bei **jedem** Satelliten

0
1

d) Markieren Sie die obigen Zeitdauern an passender Stelle in der schematischen Darstellung der Paketübermittlung in Abbildung 4.1.

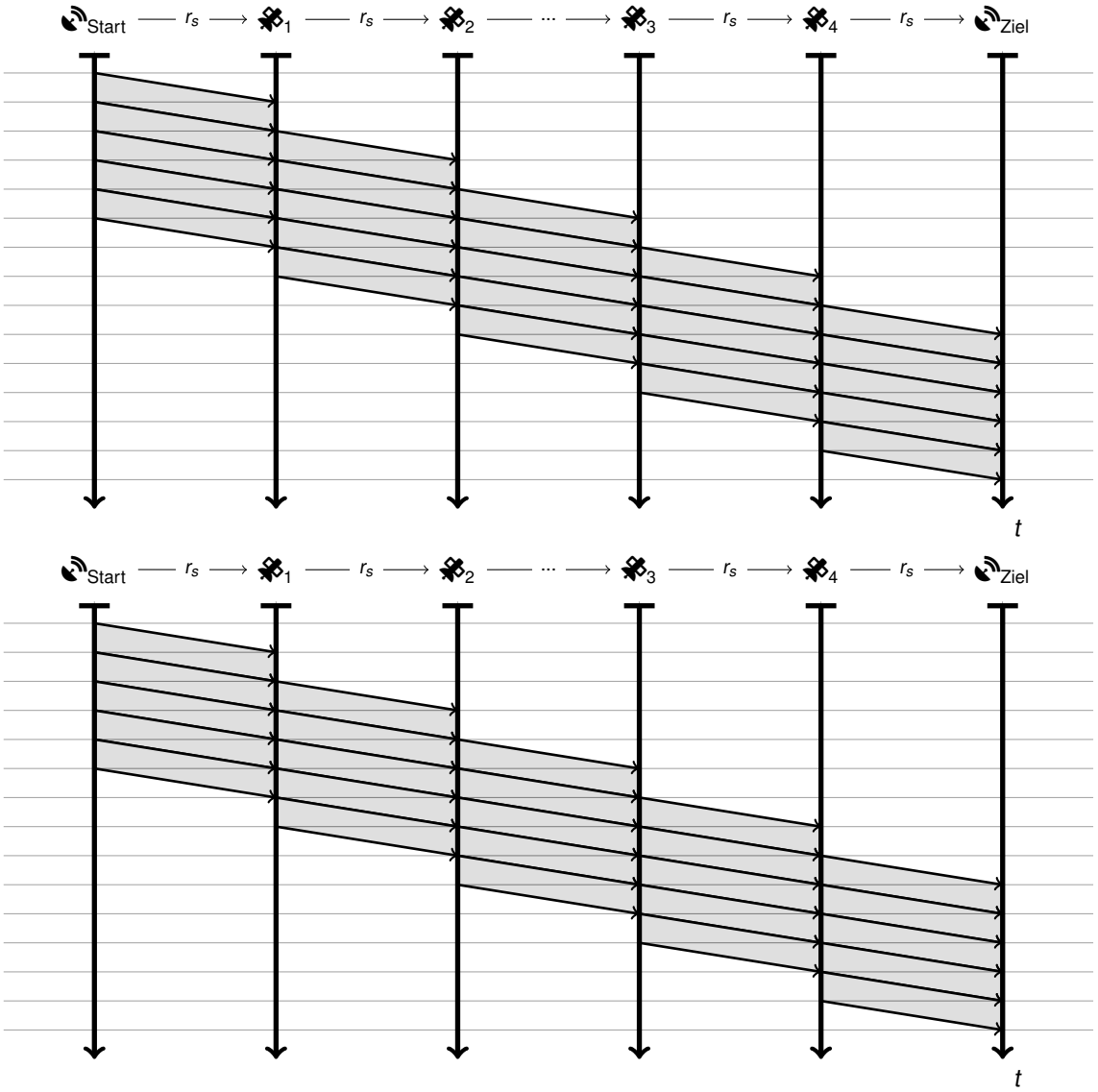


Abbildung 4.1: Schematische Darstellung der Übertragung von 5 Paketen über 4 Satelliten. Wenn Sie beide Vorlagen verwenden, streichen Sie die nicht zu korrigierende durch!

Schätzung der Anzahl der Satelliten

Ihr Chef möchte wissen, wie viele Satelliten FezzSat ungefähr verwendet. Um dies zu bestimmen, hat Ihr Bekannter eine Testdatei der Größe $L = 6\,\text{MiB}$ über das Satellitennetzwerk von FezzSat versendet, welches für diesen Test exklusiv gebucht wurde.
Aus diesem Test und weiteren Nachforschungen konnten Sie folgende Informationen herausfinden:

- Die Distanz zwischen Odin und Fezzan beträgt 7000 Lj (1 Jahr sind 365 Tage).
- Die Gesamtübertragung benötigt laut Ihren Messungen $T = 26\,755{,}66\,\text{s}$.
- Die Daten wurden in insgesamt $N_p = 3101$ Pakete aufgeteilt.
- Die Verzögerung der Datenübertragung jedes Satelliten beträgt $t_z = \frac{384}{875}\text{s}$.
- Die relative Ausbreitungsverzögerung der Verbindungen beträgt $\nu = 8{,}76 \cdot 10^6$.[b]
- Die Headergröße der Pakete beträgt jeweils $L_H = 275\,\text{B}$.
- Jede Übertragungsstrecke sendet mit einer Übertragungsrate von $r_s = 42\,\text{kbit/s}$.

e)* Berechnen Sie die Ausbreitungsverzögerung auf dem gesamten Kommunikationsweg.

0
1

f) Wie lange dauert die Serialisierung aller Pakete beim Sender?

0
1

g) Wie viele Satelliten verwendet FezzSat ungefähr? Runden Sie auf die nächste ganze Zahl.

0
1
2
3

[b] Somit handelt es sich hierbei um eine Überlichtgeschwindigkeitsübertragung.

Aufgabe 5 **Drahtposthai (15 Punkte)**

Gegeben sei der Ethernet-Rahmen (ohne FCS) aus Abbildung 5.1, welcher im Folgenden analysiert werden soll.

```
0x0000  b4 96 f4 ae 80 6c 30 61    08 06 08 00 86 dd 60 07
0x0010  45 3d 00 30 06 40 20 01    4c a0 20 01 00 00 07 32
0x0020  00 00 00 00 dc 91 20 01    4c a0 20 01 00 00 02 16
0x0030  3e ff fe 52 ed 14 e2 74    00 19 e9 07 92 c5 5b 0b
0x0040  53 5a 80 18 01 fb ee b8    00 00 01 01 08 0a b8 ba
0x0050  4a 00 2b cf d4 80 45 48    4c 4f 20 67 72 6e 76 73
0x0060  2e 6e 65 74 0d 0a
```

Abbildung 5.1: Ethernet-Rahmen (ohne FCS)

Beachten Sie, dass für nachfolgende Teilaufgaben Begründungen erforderlich sind. Achten Sie darauf, dass Markierungen eindeutig einzelnen Teilaufgaben zugeordnet werden können. Nicht nachvollziehbare Aussagen **werden nicht bewertet.**

0 a)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 die Absenderadresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)

b)* Markieren Sie in Abbildung 5.1 die Empfängeradresse auf Schicht 2. (ohne Begründung)

0 c)* Von welchem Typ ist die L3-PDU?

0 1 Typ: Begründung:

0 1 d) Geben Sie die Absenderadresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen, ggf. gekürzten Schreibweise an.

0 1 e) Geben Sie die Empfängeradresse auf Schicht 3 in ihrer üblichen, ggf. gekürzten Schreibweise an.

0 1 f) Begründen Sie, durch welchen Mechanismus die Empfängeradresse auf Schicht 3 vermutlich zugewiesen wurde.

0 1 g) Von welchem Typ ist die L4-PDU?

Typ: Begründung:

h) An welcher Stelle im Frame beginnt die L4-PDU?

0 1 2

Offset:	Begründung:

i) Um welches L7-Protokoll handelt es sich vermutlich?

0 1 2

Protokoll:	Begründung:

j) An welcher Stelle im Frame beginnt die L7-PDU?

0 1 2

Offset:	Begründung:

k) Dekodieren Sie die ersten 4 Bytes der L7-Payload.
Hinweis: Es handelt sich um ein text-basiertes Protokoll (ASCII).

0 1

l) Wofür wird das L7-Protokoll verwendet?

0 1

Aufgabe 6 DNS (14.5 Punkte)

Sie haben von Kommilitonen gehört, dass auf `grnvs.tum.de` Klausurlösungen zu finden sind. In der Hoffnung, die Lösung der diesjährigen Retake zu finden, rufen Sie die Website in Ihrem Browser auf. Sie befinden sich in einem kleinen Heimnetz und der Router **R1** ist am Internet angeschlossen. Per DHCP konfiguriert **R1** sich selbst als Standard Resolver auf Ihrem Laptop **C1**. Auf **R1** ist **R2** als Resolver eingetragen.

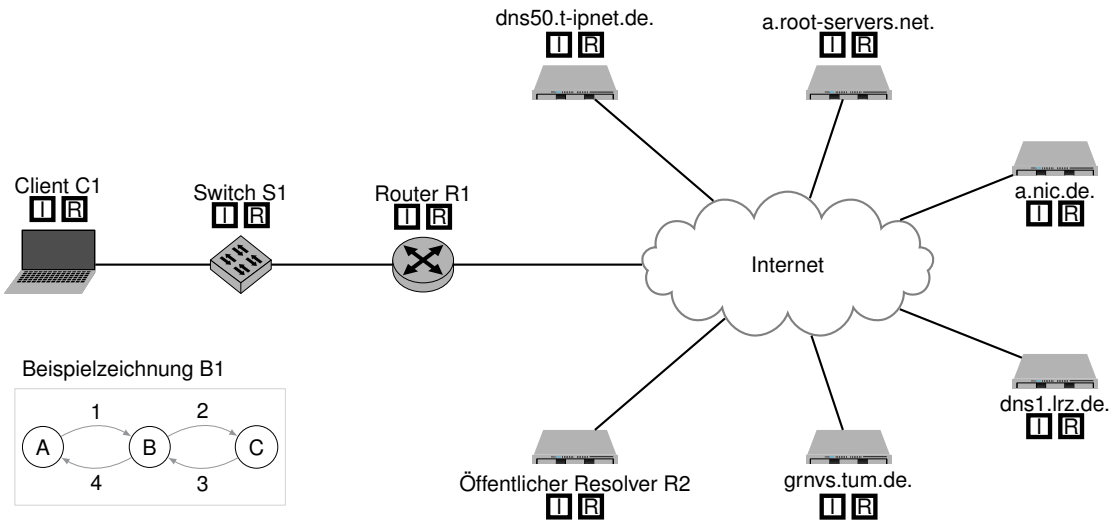


Abbildung 6.1: Vereinfachte Internettopologie

0 1 2 3

a)* Zeichnen Sie in Abbildung 6.1 alle DNS-Anfragen und Antworten ein, die zu der Namensauflösung von `grnvs.tum.de` notwendig sind. Zeichnen sie Pfeile und **nummerieren Sie sie in der Auftrittsreihenfolge** wie in dem Beispielzeichnung **B1**. Gehen Sie davon aus, dass **alle Caches leer** sind. Sie wissen:

1. `a.nic.de` is der autoritative Nameserver der Zone `de`.
2. `dns1.lrz.de` is der autoritative Nameserver der Zone `tum.de`.

Einen zusätzlichen Vordruck finden Sie am Ende der Klausur in Abbildung 7.2.

0 1 2 3

b) Markieren Sie für die verwendeten Netzwerkkomponenten, ob diese DNS Anfragen iterativ (I) oder rekursiv (R) auflösen, indem sie das jeweilige Feld ankreuzen. Begründen Sie Ihre Wahl.

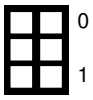
0 1 2

c)* Wie kann der Resolver die Anfrage an `dns1.lrz.de` stellen, ohne zuvor dessen Domain explizit aufzulösen?

Sie sind Werkstudent und haben die Aufgabe bekommen, eine Zonefile für `grnvs.net` zu erstellen. Füllen Sie die folgende Zonefile so aus, dass die Anforderungen der einzelnen Teilaufgaben erfüllt werden. Der Anfang der Zonefile ist bereits vorgegeben (der `SOA` Record ist zur Einfachheit abgekürzt).
Tragen Sie für die folgenden Teilaufgaben den Buchstaben der zugehörigen Teilaufgabe in die gepunktete Box am Ende jeder Zeile ein.

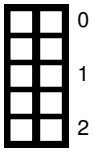
```
$TTL 86400 ; 1 day
grnvs.net.          IN          SOA         ns.grnvs.net. info.grnvs.net. [...]
grnvs.net.                      NS          ns.grnvs.net.
```


d)* `ns.grnvs.net` ist bereits als primärer Nameserver der Zone eingetragen. Zur Ausfallsicherheit soll der Server `dns2.lrz.de` als sekundärer Nameserver agieren. Tragen Sie diesen ein.

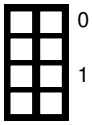


e)* Der primäre Nameserver soll unter der IP Adresse `95.217.202.138` erreichbar sein.

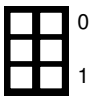
f)* Wenn jemand `grnvs.net` in seinem Browser aufruft, soll die GRNVS Website angezeigt werden. Der entsprechende Webserver hat die IP-Adressen `188.95.232.10` und `2a00:4700:0:9:f::`.



g) Damit Studierende eine E-Mail an `info@grnvs.net` schicken können, muss ein Mailserver eingetragen werden. Um diesen nicht selber betreiben zu müssen, soll mit Priorität 10 nur der LRZ E-Mail Service `postrelay1.lrz.de` verwendet werden.



h) Im kommenden Semester sollen GRNVS Fanartikel und Bonuspunkte verkauft werden. Damit kein eigener Online Shop betrieben werden muss, soll `shop.grnvs.net` als ein Alias für `grnvs.myshopify.com` dienen.



Aufgabe 7 Kurzaufgaben (11.5 Punkte)

Die folgenden Kurzaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

0 1 2

a)* Gegeben sei folgende IPv6-Adresse: `fe80::2788:1fff:feae:3c4a`. Wie lautet die der IP Adresse zugehörige *Solicited Node Address* sowie die *Multicast-MAC Adresse*?

Solicited Node Address

Multicast-MAC Adresse

0 1 2

b)* Nennen Sie vier in der Vorlesung vorgestellte Multiplex-Verfahren bezüglich des Medienzugriffs.

① ②

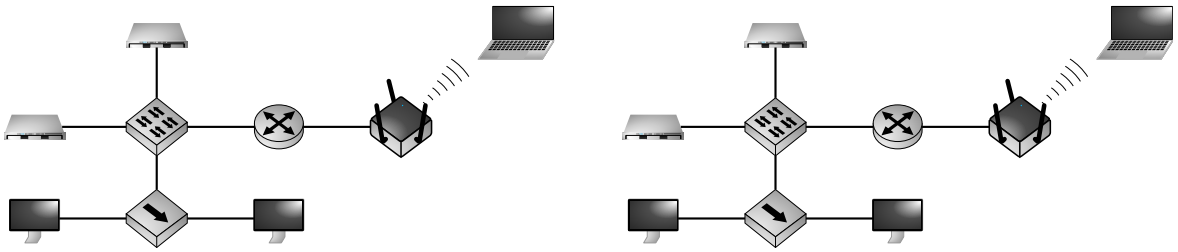
③ ④

0 1

c)* Markieren Sie in Abbildung 7.1a die **Kollisionsdomänen**.

d)* Markieren Sie in Abbildung 7.1b die **Broadcastdomänen**.

0 1

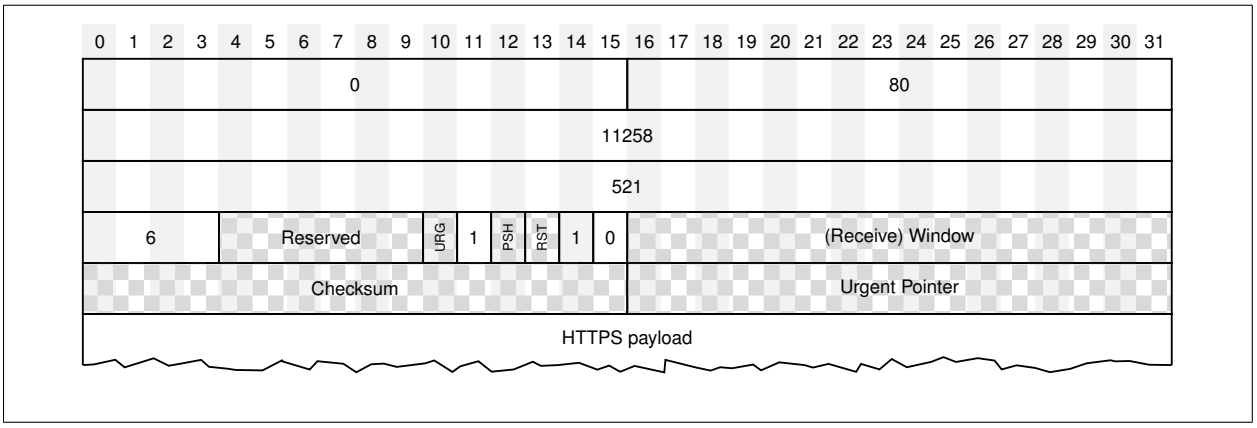


(a) Kollisionsdomänen (b) Broadcastdomänen

Abbildung 7.1: Netzwerktopologie

0 1 2

e) Wir betrachten den TCP-Header einer HTTPS-Verbindung, wobei es sich hier um das erste Paket vom Client zum Server nach dem TCP-Handshake handelt. Etwas scheint an dem Header aber nicht zu stimmen. Markieren Sie alle Fehler im Header und korrigieren Sie diese. Verwenden Sie sinnvolle Werte, wo notwendig.



0 1 2 3

f) Geben Sie für eine TCP Verbindung die richtige Reihenfolge aller notwendigen Socket-Methodenaufrufe an. Es soll genau eine Nachricht von einem Client zu einem Server gesendet werden.

Server

Client

Zusätzlicher Platz für Lösungen. Markieren Sie deutlich die Zuordnung zur jeweiligen Teilaufgabe. Vergessen Sie nicht, ungültige Lösungen zu streichen.

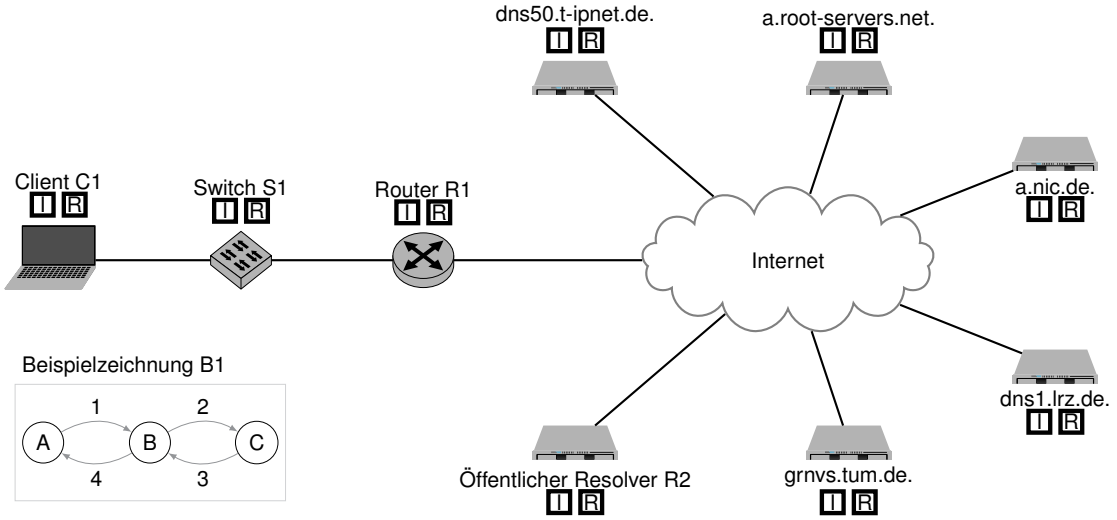
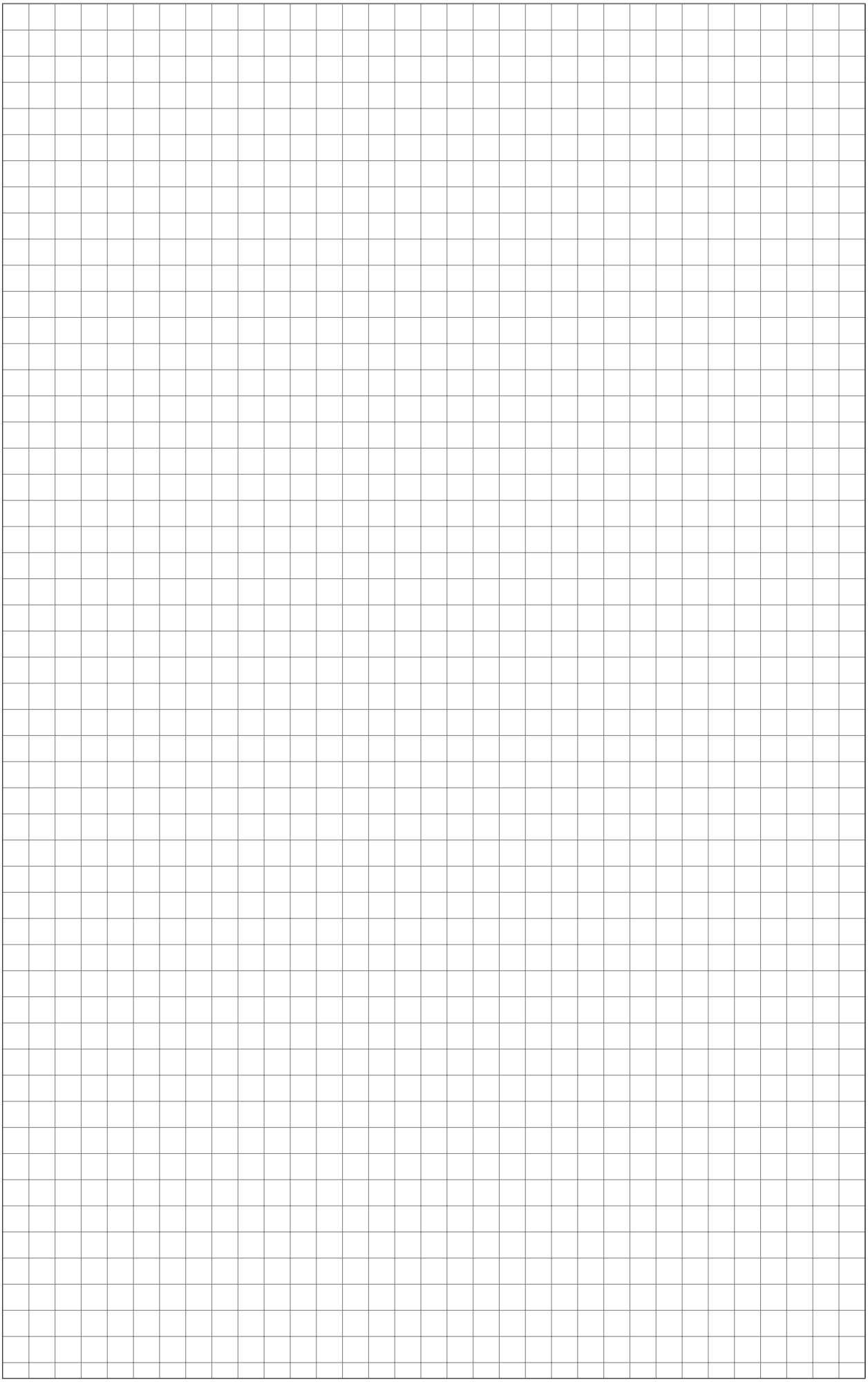



Abbildung 7.2: Zusätzlicher Vordruck für Aufgabe 6a)