Umbruch von: Rafael
Version 1 : 04.02.21

SS 2020 29.07.2020

Zitterbart
Telematik

Dauer: 60? min Lösung: ja Bestanden mit: ?/60 P
Bemerkungen: -

Aufgabe 1 Allgemeine Fragen (*General Questions*) (9 Punkte)

a) Nennen Sie zwei Parameter, die die Dämpfung eines Signals über ein Kabel beeinflussen. 1

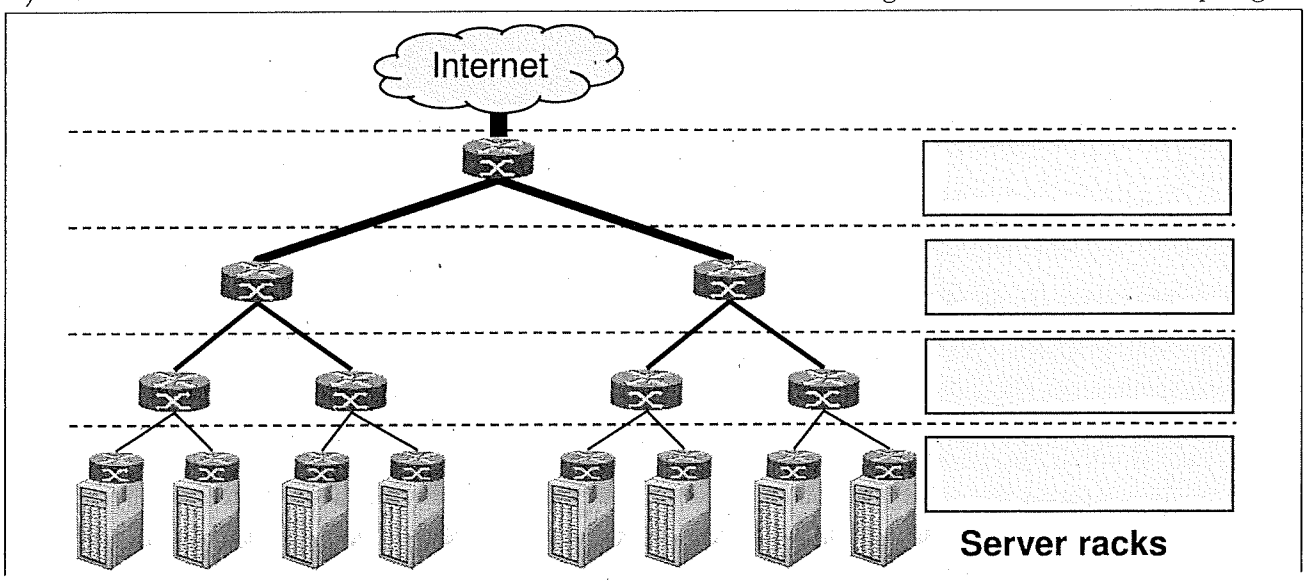
b) Erläutern Sie die Funktionsweise von NAT und geben Sie ein Beispiel für dessen Einsatz an. 2

c) Wie wird das Count-To-Infinity Problem in RIP gelöst? 1

d) Nennen Sie zwei typische grundlegende Strukturen einer Switch Fabric. 2

e) Zwischen welchen zwei Arten von Routern wird in einem MPLS-Netzwerk unterschieden? Nennen Sie eine Aufgabe, die von dem jeweiligen Router-Typ erfüllt wird. 2

f) Benennen Sie die vier verschiedenen Ebenen der Switches in der dargestellten Data Center Topologie.



Aufgabe 2 Tries (10 Punkte)

10

Gegeben ist die folgende Liste mit acht Präfixen P1 bis P8, die in einen Multibit Trie eingetragen werden sollen. Gehen Sie für alle Teilaufgaben davon aus, dass der Stride fest auf $k = 3$ gesetzt ist und dass das Prefix Expansion Verfahren zur Anwendung kommt.

a) Führen Sie für alle Präfixe das Prefix Expansion Verfahren durch und geben Sie das Ergebnis an. Falls das Verfahren für ein bestimmtes Präfix nicht benötigt wird, tragen Sie **Nicht benötigt** in die Ergebnis-Spalte ein. 3

Name	Prefix	Ergebnis für dieses Präfix oder "Nicht benötigt"
P1	101*	
P2	110*	
P3	01*	
P4	11001*	
P5	110010*	
P6	1*	
P7	11*	
P8	110111*	

b) Erklären Sie mit einem Beispiel, warum bei einem Multibit-Trie mit Prefix Expansion kleine Werte (<10) für den Stride k verwendet werden.

c) Zeichnen Sie den Multibit-Trie, der entsteht, wenn die acht Präfixe aus der Aufgabenstellung in den Trie eingetragen werden. Beschriften Sie die Kanten des Tries und tragen Sie ein, in welchem Knoten welches Präfix (P1-P8) abgespeichert wird.

d) Gegeben ist der Multibit-Trie aus dem vorherigen Aufgabenteil und das 6-bit lange Suchwort **110011**. Erklären Sie den Ablauf des Lookup-Algorithmus schrittweise in Textform. Geben Sie hierzu an, welche Informationen genutzt werden und welche Vergleiche stattfinden. Geben Sie außerdem in der dafür vorgesehenen Spalte an, welches zum jeweiligen Zeitpunkt der "Best Match" ist.

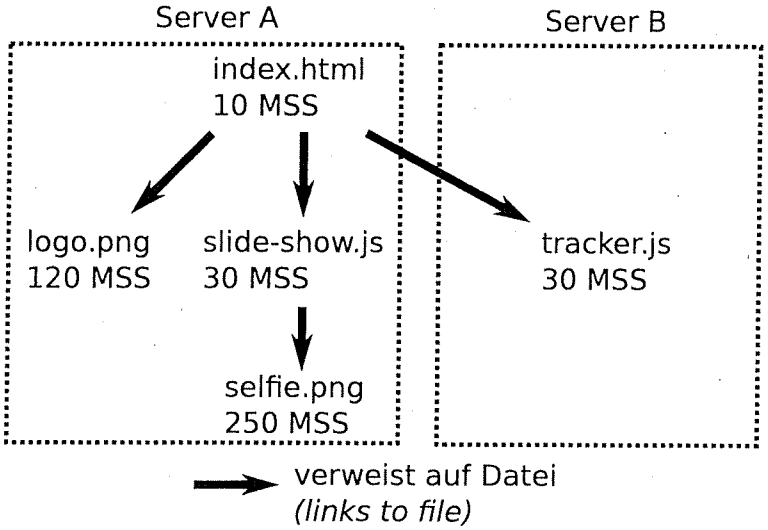
Schritt	Erklärung	Best Match
1		
2		
3		
4		
5		

Es ist möglich, dass weniger als 5 Schritte benötigt werden.

Aufgabe 3 WWW (11 Punkte)

Sie möchten eine Webseite von Server A mittels HTTP/1 aufrufen, die unter der Datei `index.html` erreichbar ist. Die Datei selbst besitzt eine Größe von 10 MSS und verweist auf drei Unterobjekte, deren Größe und weitere Verweise in der unteren Grafik dargestellt sind.

Beachten Sie, dass Dateien, die auf andere Objekte verweisen, erst vollständig geladen werden müssen, bevor weitere Unter-Objekte geladen werden können. Dateien, die nicht von einander abhängig sind, werden parallel geladen. Gehen Sie davon aus, dass keine Paketverluste auftreten, Verarbeitungszeiten der End- und Zwischensysteme vernachlässigt werden können und es keine Engstelle im Netz gibt. Beachten Sie die unten stehende Tabelle.



RTT zwischen Ihnen und Server A	10 ms
RTT zwischen Ihnen und Server B	20 ms
Initiales Staukontrollfenster	2 MSS
Eingesetzte Staukontrolle	TCP Reno

a) Der Aufruf der Webseite beginnt zum Zeitpunkt 0. Berechnen Sie für jedes Objekt den Zeitpunkt seit Beginn des Webseiten-Aufrufs (in ms), zu dem das Objekt vollständig heruntergeladen wurde. Berechnen Sie ebenfalls den Zeitpunkt, zu dem die gesamte Webseite vollständig heruntergeladen wurde. Geben Sie den Rechenweg für jede Datei und die gesamte Webseite an.

6

Objekt (object)	Zeitpunkt (time point) (in ms)
`index.html`	
`logo.png`	
`slide-show.js`	
`selfie.png`	
`tracker.js`	
Gesamte Webseite *(entire website)*	

b) Erläutern Sie kurz den Begriff TCP Fast Open. Welches Sicherheitsproblem tritt durch die Verwendung von TCP Fast Open auf? Wie kann der Einsatz von TCP Fast Open abgesichert werden?

2

Erläuterung von TCP Fast Open (*explanation of TCP Fast Open*):

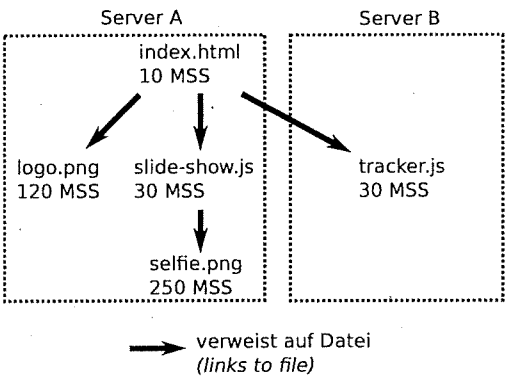
Sicherheitsproblem (*security problem*):

Absicherung von TCP Fast Open (*securing TCP Fast Open*):

c) Der Betreiber des Webservers A möchte die Ladezeit seiner Webseite durch folgende Anpassungen verbessern:

1. Erhöhen des initialen Staukontrollfensters auf 10 MSS
2. Aktivierung von TCP Fast Open

Gehen Sie davon aus, dass bisher keine Verbindung zu Server A bestand. Berechnen Sie wie in Teil a) den Zeitpunkt seit Beginn des Webseiten-Aufrufs (in ms), zu dem die Datei `logo.png` vollständig heruntergeladen wurde. Geben Sie den Rechenweg an.



2

The operator of webserver A wants to improve the loading time of his website through the following adjustments:

1. *Increasing the initial congestion window to 10 MSS*
2. *Activation of TCP Fast Open*

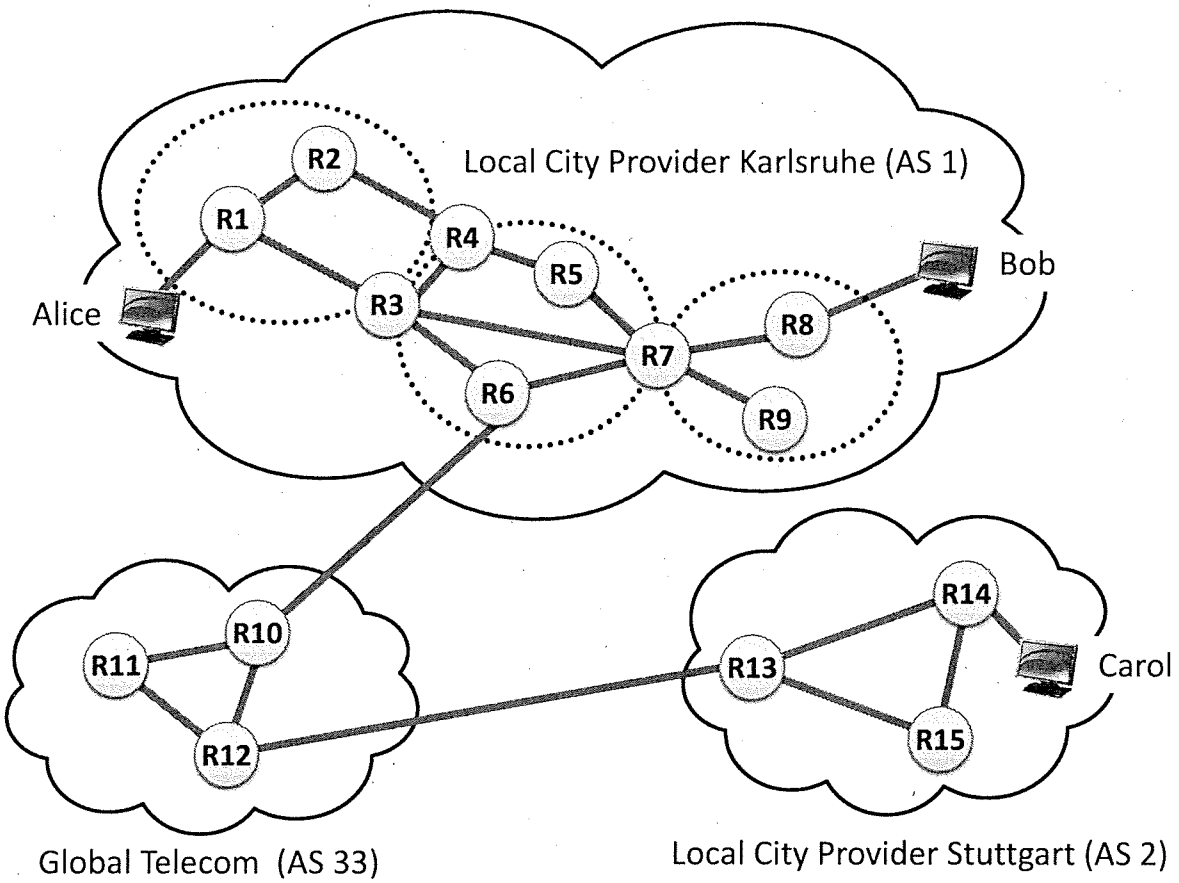
Assume that there was no prior connection to server A. Calculate like in sub-task a) the point in time since the beginning of the website request (in ms), at which the file `logo.png` *was fully downloaded. Write down the calculation method.*

RTT zwischen Ihnen und Server A (*RTT between you and server A*)	10 ms
RTT zwischen Ihnen und Server B (*RTT between you and server B*)	20 ms
Initiales Staukontrollfenster (*Inital congestion window size*)	10 MSS
Eingesetzte Staukontrolle (*Used congestion control*)	TCP Reno

Aufgabe 4 Routing (10 Punkte)

10

Gegeben ist die folgende Netztopologie, die aus drei Autonomen Systemen (AS1, AS2, AS33) und 15 Routern (R1-R15) besteht. Die durchgezogenen Verbindungen kennzeichnen die physische Verbindung zwischen den Routern.



a) Erklären Sie die in der Tabelle angegebenen Begriffe und geben Sie jeweils ein konkretes Beispiel mit Bezug auf die vorgegebene Netztopologie an.

6

Begriff	Bedeutung	Beispiel in vorgegebenem Netz
Area 0		
ABR		
IBGP		
Transit Provider		
Stub AS		
Summary LSA		

2 b) Welche Routing-Protokolle müssen die Router R1 / R6 / R10 in diesem Beispielnetz mindestens unterstützen?

c) Nun verschickt Carol ein IP Datagram an Alice. Woher weiß Router R14, wohin er dieses Datagram weiterleiten muss? Geben sie zwei verschiedene Möglichkeiten an.

1

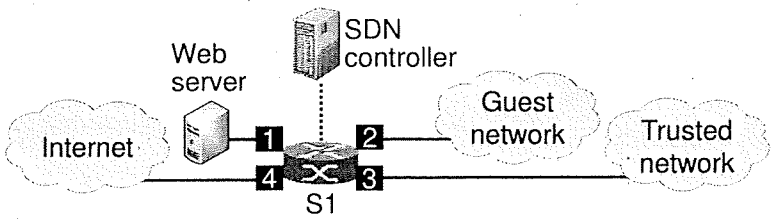
d) Das verschickte IP Datagram von Carol zu Alice ist bei Router R13 angekommen. Erklären Sie, woher R13 weiß, an welchen Router das Datagram weitergleitet werden muss.

1

10

Aufgabe 5 Software Defined Networking (10 Punkte)

Ein SDN-Switch S1 ist wie nachfolgend dargestellt mit dem Internet, einem Gast-Netz, einem vertrauenswürdigen Netz und einem Webserver verbunden. Endgeräte im vertrauenswürdigen Netz sollen uneingeschränkten Zugang zum Internet erhalten, während solche im Gast-Netz sich vorab bei dem Webserver registrieren müssen.



3 a) Geben Sie zunächst proaktive Flowtable-Einträge für S1 an, die folgendes gewährleisten:

1. Pakete aus dem Gast-Netz werden an den Webserver weitergeleitet sofern ihr TCP-Zielport 80 ist, anderfalls an den SDN-Controller.
2. Pakete aus dem vertrauenswürdigen Netz werden an den SDN-Controller weitergeleitet.
3. Pakete vom Webserver werden stets an das Gast-Netz weitergeleitet.
4. Sämtlicher anderer Verkehr wird stets verworfen.

Flowtable von S1

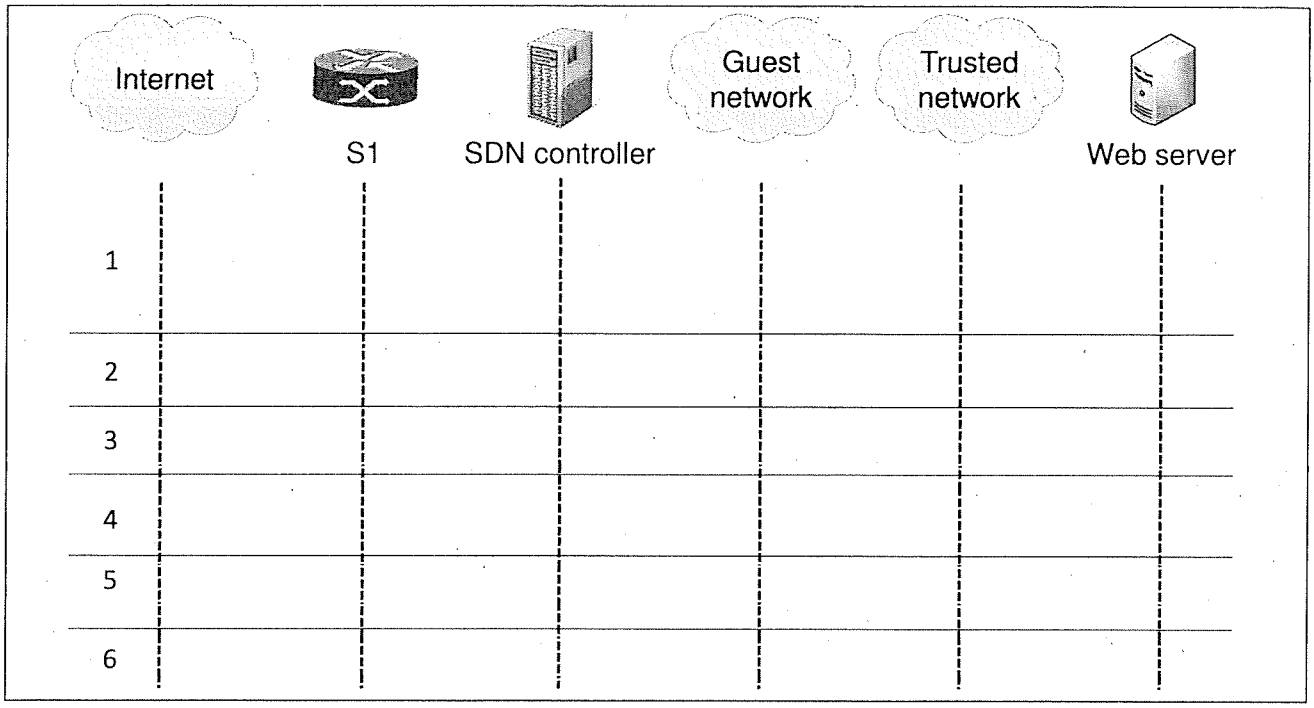
Priorität *(priority)*	Match-Felder *(match fields)*	Aktion *(action)*

b) Gehen Sie davon aus, dass das Netz wie in Aufgabenteil a) beschrieben betrieben wird. Vervollständigen Sie die `onPacketIn`-Methode, so dass sie nach dem Empfang eines Paketes überprüft, ob der Zugriff auf das Internet gewährt wird. In diesem Fall sollen Flowtable-Einträge für eine bidirektionale Weiterleitung anhand von IP-Adressen zwischen dem Internet und dem Gast-Netz, bzw. vertrauenswürdigen Netz programmiert werden. Indem Sie der importierten `registered`-Methode die IP-Quelladresse eines Endsystems als Parameter übergeben, können Sie überprüfen, ob das Endsystem erfolgreich beim Webserver registriert ist. 4

```
import registered

onPacketIn(packet, switch, inport)
{
  if (                                                    )
  {
    r1, r2 = Rule()




    send_rule(r1, switch)
    send_rule(r2, switch)
    send_packet(packet, switch)
  }
}
```

3 c) Gehen Sie davon aus, dass das Netz wie zuvor beschrieben betrieben wird. Zeichnen Sie das Weg-Zeit-Diagramm der Weiterleitung von Paketen mit den in der Tabelle angegebenen Informationen, wenn diese von S1 empfangen werden. Beachten Sie die Rückgabewerte der `registered`-Methode bezüglich der jeweiligen IP-Quelladressen.

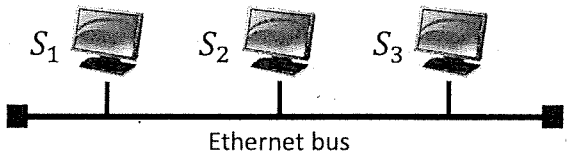
Nr.	IN_PORT	IP_SRC	IP_DST	TCP_DST	registered
1	2	4.0.0.1	4.4.4.4	80	-
2	1	4.4.4.4	4.0.0.1	12345	-
3	2	4.0.0.1	2.3.4.5	22	true
4	3	4.8.0.2	2.3.4.5	80	-
5	4	3.4.5.6	4.8.1.9	12345	-
6	4	2.3.4.5	4.0.0.1	12345	-



Aufgabe 6 Ethernet (10 Punkte)

10

Die Systeme S_1, S_2 und S_3 sind über einen Ethernet-Bus miteinander verbunden. Sie setzen CSMA/CD als Medienzugriff und zur Erkennung von Kollisionen innerhalb eines (normalisierten) Zeitschlitzes ein. Die Systeme senden einen Rahmen in einem Zeitschlitz jeweils mit der Wahrscheinlichkeit $p_1 = 1/2, p_2 = 1/3$, bzw. $p_3 = 1/4$.



System	Sending probability
S_1	$p_1 = 1/2$
S_2	$p_2 = 1/3$
S_3	$p_3 = 1/4$

1 a) Wie groß ist die Dauer eines Zeitschlitzes bei CSMA/CD ausgedrückt mittels Ausbreitungsverzögerung? Woran erkennt ein System, ob innerhalb eines Zeitschlitzes eine Kollision aufgetreten ist?

1 b) Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit A, dass System S_1 einen Rahmen in einem Zeitschlitz sendet und dass dabei keine Kollision auftritt?

b) Gehen Sie davon aus, dass das Netz wie in Aufgabenteil a) beschrieben betrieben wird. Vervollständigen Sie die `onPacketIn`-Methode, so dass sie nach dem Empfang eines Paketes überprüft, ob der Zugriff auf das Internet gewährt wird. In diesem Fall sollen Flowtable-Einträge für eine bidirektionale Weiterleitung anhand von IP-Adressen zwischen dem Internet und dem Gast-Netz, bzw. vertrauenswürdigen Netz programmiert werden. Indem Sie der importierten `registered`-Methode die IP-Quelladresse eines Endsystems als Parameter übergeben, können Sie überprüfen, ob das Endsystem erfolgreich beim Webserver registriert ist.

4

```
import registered

onPacketIn(packet, switch, inport)
{
  if (                                                    )
  {
    r1, r2 = Rule()



    send_rule(r1, switch)
    send_rule(r2, switch)
    send_packet(packet, switch)
  }
}
```

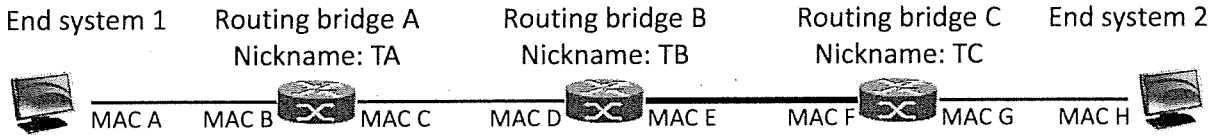
c) Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit B, dass System S_1 einen Rahmen aufgrund von Kollisionen erst im dritten Zeitschlitz erfolgreich sendet? 1

d) Erläutern Sie das in der Vorlesung vorgestellte Carrier-Extension-Verfahren. Welche Eigenschaften von Ethernet werden bei Carrier Extension explizit beibehalten? 2

e) Erläutern Sie Zweck und Funktionsweise von Frame Bursting. 1

f) Erläutern Sie, wie Bridges zur Vermeidung von Kollisionen in Ethernet-LANs beitragen. 3

g) Das nachfolgend dargestellte Netz verwendet das Protokoll TRILL für das Routing von Ethernet-Rahmen, welches ein eigenes Header-Format verwendet. Endsystem 1 sendet einen Ethernet-Rahmen an Endsystem 2. Geben Sie jeweils die Werte für Quelle (SRC) und Ziel (DST) der Felder des inneren und äußeren Ethernet- sowie des TRILL-Headers an, wenn dieser Rahmen zwischen Routing-Bridge B und C ausgetauscht wird. Die MAC-Adressen der Schnittstellen sowie die Nicknames der Routing-Bridges sind an den jeweiligen Bridges angegeben.



TRILL Header

Outer Ethernet		TRILL		Inner Ethernet	
SRC	DST	SRC	DST	SRC	DST

Aufgabe 1 Allgemeine Fragen (*General Questions*) (9 Punkte)

Mögliche Antworten:

- Distanz
- Interferenz
- Kabel-Durchmesser

Funktionsweise: Network Address Translation bildet Adressen (oder auch Ports) aus unterschiedlichen Adressbereichen aufeinander ab und ersetzt die entsprechenden Header-Informationen in Paketen.
Alternativ: Abbildung eines Bereichs mit privaten Adressen auf einen externen Bereich mit global eindeutigen Adressen.

Einsatz-Beispiele:

- Ermöglicht das Routing zwischen privaten Adressbereichen und Adressbereichen mit global eindeutigen Adressen.
- Auflösung von Adresskonflikten zwischen identischen oder überlappenden (privaten) Adressbereichen.

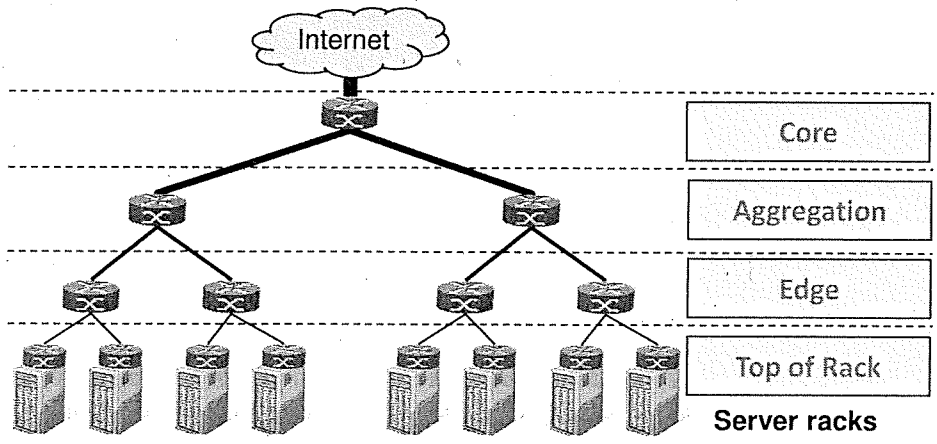
Begrenzung des Hop-Count-Feldes auf einen Maximalwert von 16.

Basisstrukturen:

- Shared Memory
- Bus/ring structure
- Crossbar
- Multi-level switching network

Router-Arten und Funktionen:

- Label-Edge Router (LER): Einfügen und Entfernen von Labeln, Zugangskontrolle, Klassifikation nach FECs (Weiterleitungsklassen).
- Label-Switching Router (LSR): Weiterleitung von Paketen anhand von Label-Informationen, Austausch von Labeln

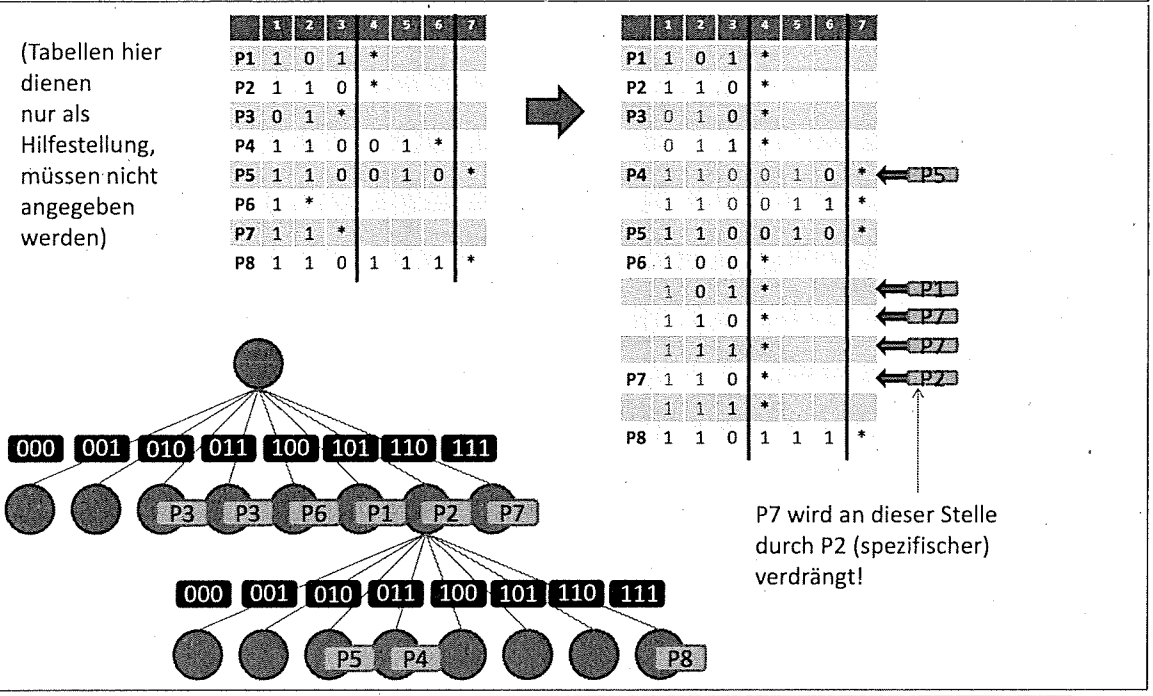


Aufgabe 2 Tries (10 Punkte)

Name	Prefix	Ergebnis für dieses Präfix oder "Nicht benötigt"
P1	101*	Nicht benötigt
P2	110*	Nicht benötigt
P3	01*	010*, 011*
P4	11001*	110011* , (110010*)
P5	110010*	Nicht benötigt
P6	1*	100*, (101*, 110*, 111*)
P7	11*	111*, (110*)
P8	110111*	Nicht benötigt

Die Präfixe in Klammern werden durch andere Präfixe verdrängt.

Für große Werte von k müssen für ein einzelnes Präfix u.U. sehr viele Präfixe in den Trie eingefügt werden. Beispiel: Wähle ein k größer 10, also z.B. k=21;
Für Präfix P6 müssten in diesem Fall im Rahmen der Präfix Expansion 2^{20} (also über 1 Million) Präfixe in den Trie eingefügt werden.

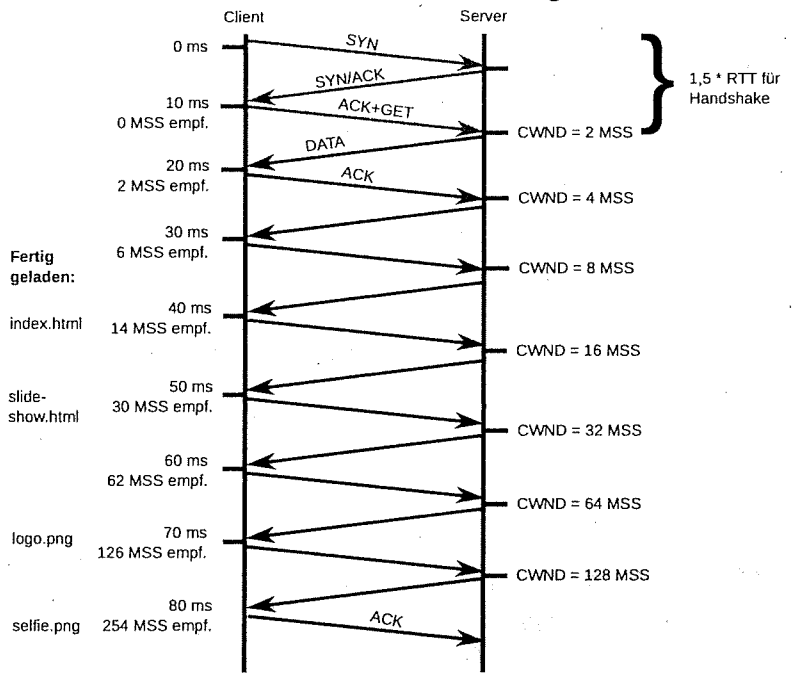


Schritt	Erklärung	Best Match
1	Die ersten drei Bit des Suchwortes sind 110. Vergleich mit hinterlegtem Präfix P2 ist positiv, Best match wird aktualisiert	P2
2	Das vierte bis sechste Bit des Suchwortes sind 011. Positiver Vergleich mit hinterlegtem Präfix P4, Best match wird aktualisiert	P4
3	Keine weiteren Verzweigungen, Algorithmus terminiert mit Ergebnis P4 (dieser Schritt muss nicht explizit angegeben werden)	P4

Aufgabe 3 WWW (11 Punkte)

Es gibt zwei Arten die Aufgabe zu lösen: Für jede Datei eine neue TCP Verbindung (Variante A) oder eine TCP Verbindung für Server A und eine weitere für Server B (Variante B). Die Lösung erfordert kein Weg-Zeit-Diagram. Diese sind hier für eine bessere Nachvollziehbarkeit abgebildet.

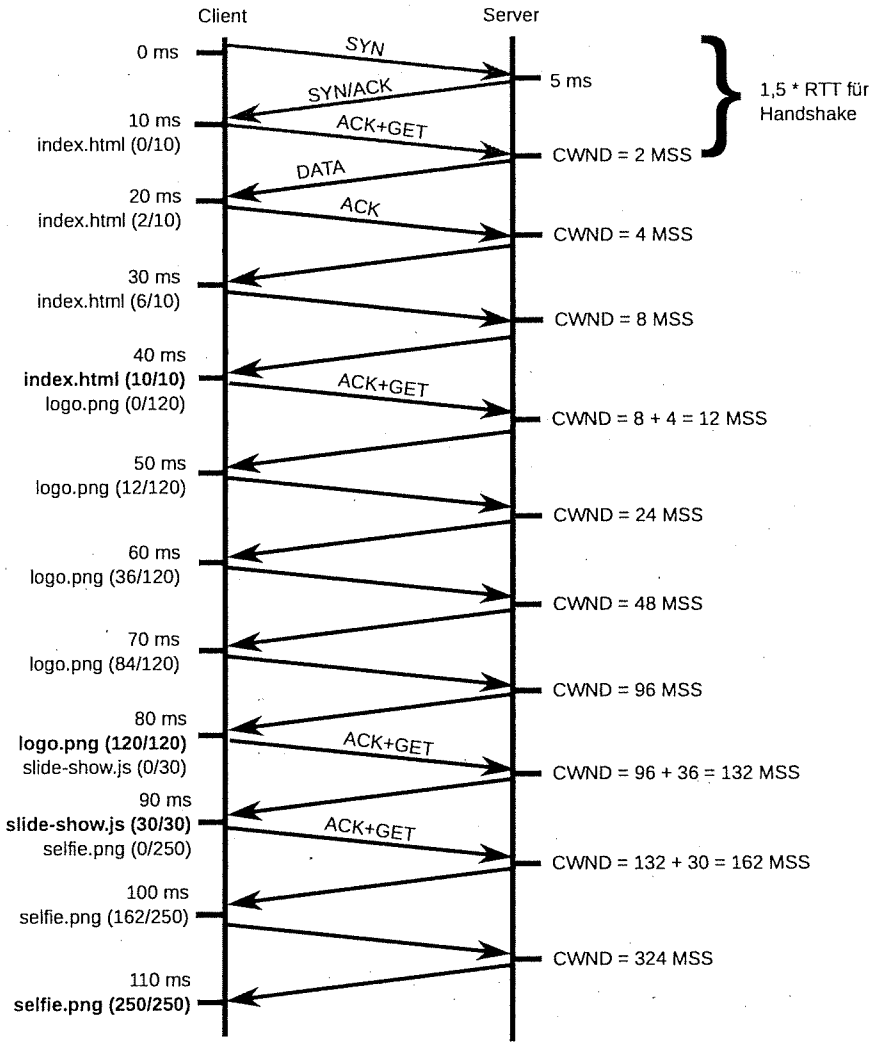
Variante A: Für jede Datei eine neue TCP Verbindung



tracker.js ist auch nach 5 RTTs fertig, aber zu Server B gibt es eine höhere RTT von 20 ms.
Index.html: 40 ms
logo.png: 40 ms + 70 ms = 110 ms
slide-show.js: 40 ms + 50 ms = 90 ms
selfie.png: 90 ms + 80 ms = 170 ms
tracker.js: 40 ms + 5 * 20 ms = 40 ms + 100 ms = 140 ms

gesamt: max(obigen) = 170 ms

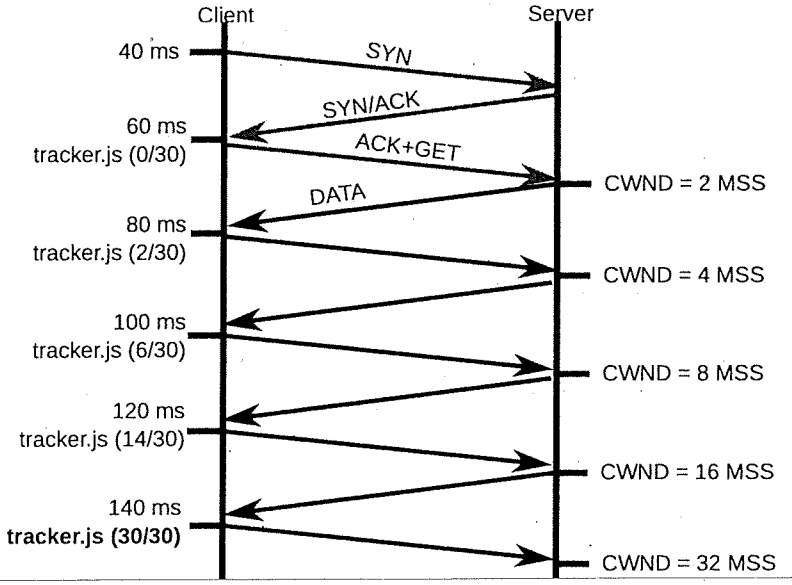
Variante B: Eine einzige TCP Verbindung für Server A



Index.html: 40 ms
logo.png: 80 ms
slide-show.js: 90 ms
selfie.png: 110 ms
tracker.js: 40 ms + 5 * 20 ms = 140 ms

gesamt: max(obigen) = 140 ms

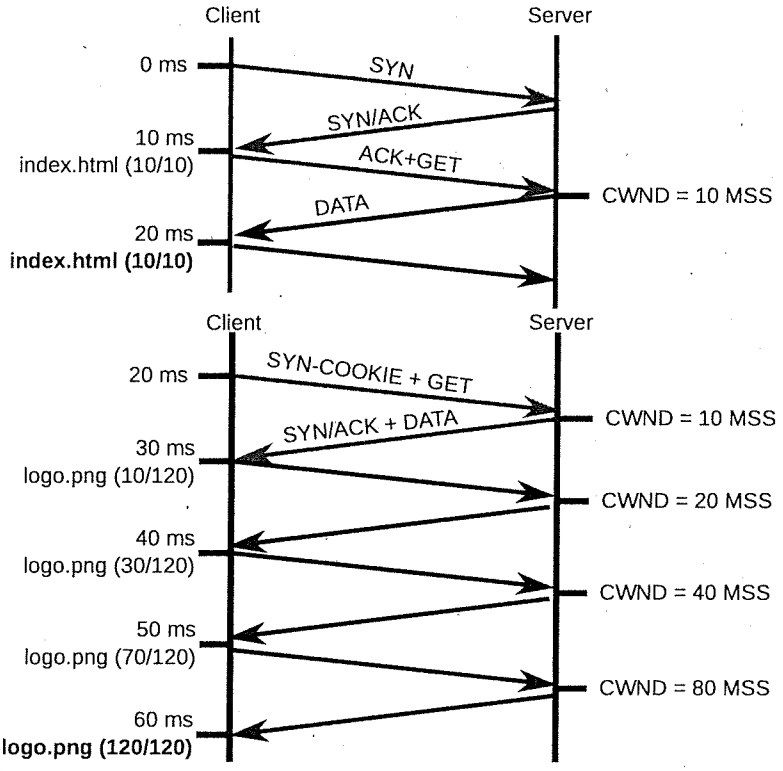
Tracker.js (A + B)



Erläuterung von TCP Fast Open:
TCP Fast Open ist ein Mechanismus, der es dem Client erlaubt, Daten zu senden, bevor der Handshake abgeschlossen wurde. Dazu wartet er nicht die SYN-ACK-Nachricht des Server ab, sondern sendet sofort mit der SYN-Nachricht die ersten Daten mit.

Sicherheitsproblem:
TCP Fast Open ist anfällig für Denial of Service Attacken. Ein Angreifer kann einen SYN-Flooding Angriff starten und damit den Server überlasten, weil dieser vor dem Abschluss des Handshakes beginnt, die Daten zu verarbeiten.

Absicherung von TCP Fast Open:
Das Problem lässt sich mit Cookies lösen. Dazu fordert der Client zunächst über einen normalen 3-Way-Handshake ein Cookie an (z. B. die verschlüsselte IP-Adresse des Clients). Bei späteren Verbindungen gibt der Client das Cookie mit der SYN-Nachricht an. Damit wird verhindert, dass der Server für unbekannte Clients Ressourcen verschwendet.



Aufgabe 4 Routing (10 Punkte)

Begriff	Bedeutung	Beispiel
Area 0	Definiert bei OSPF das Backbone, das mit allen anderen Areas verbunden sein muss	Besteht hier aus R3-R7
ABR	Area Border Router; gehören zum Backbone und zu einer weiteren Area und realisieren Inter-Area Forwarding	R3, R4, R7
IBGP	Wird eingesetzt, um die BGP-Router innerhalb des ASes zu synchronisieren	R10, R12 (+ R11, aber muss nicht genannt werden)
Transit Provider	Stellt Konnektivität ins Internet gegen Geld bereit	AS 33

Stub AS	AS das nur mit einem einzelnen Upstream AS verbunden ist	AS1 oder AS2
Summary LSA	Enthält Routingtabelle einer Area die vom ABR entweder zum Backbone oder in eine (andere) Area weitergeleitet wird	Wird hier z.B. von R3/R4 verwendet um die erreichbaren Ziele der "linken" Area (mit R1 und R2) im Backbone bekannt zu geben

Router R1	Router R6	Router R10
OSPF	OSPF und BGP	BGP

Möglichkeit 1: R13 hat die Erreichbarkeitsinformationen per BGP in AS2 verteilt (setzt voraus, dass R14 und R15 auch BGP sprechen)
Möglichkeit 2: Es gibt in R14 eine default Route zum nächsten BGP Router (hier R13)

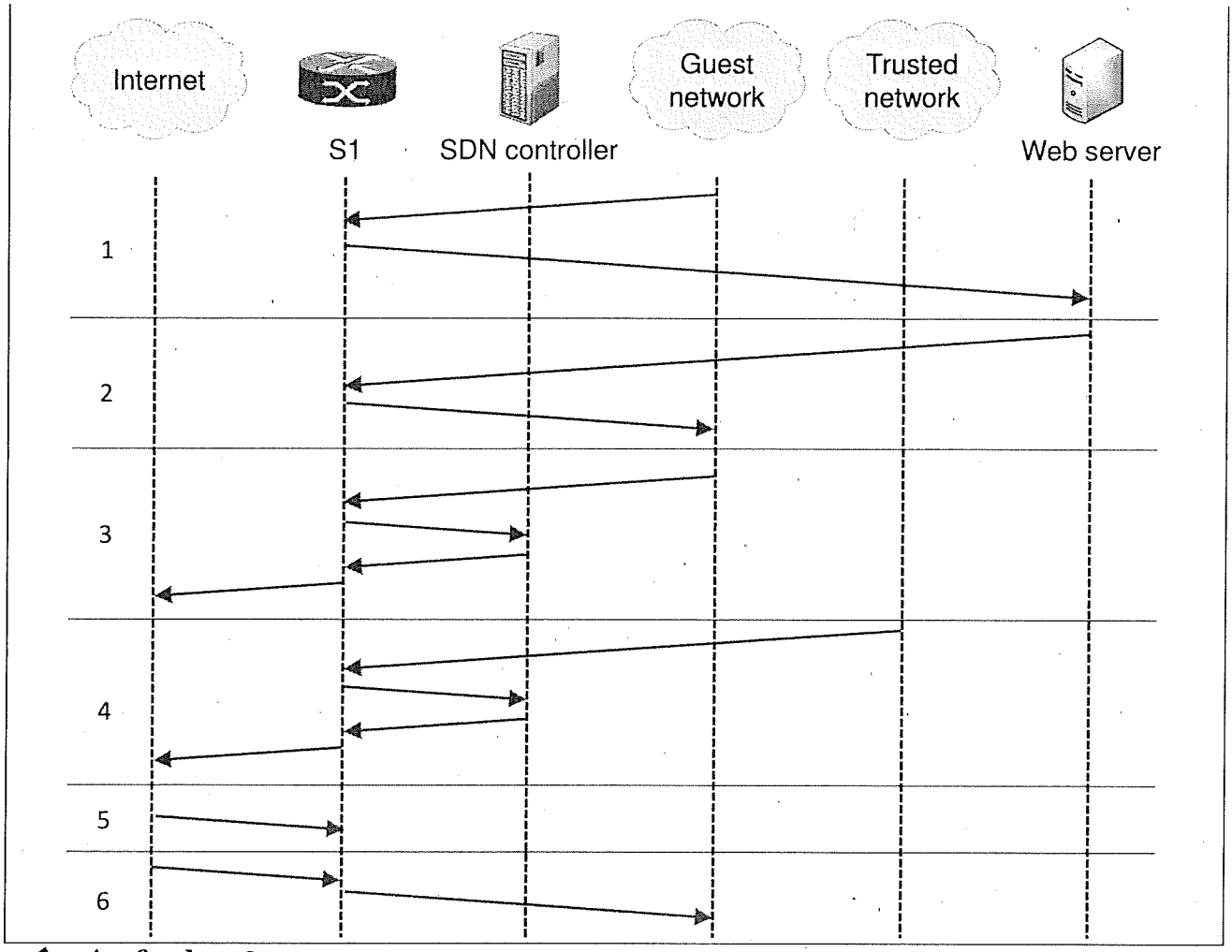
R12 hat R13 per BGP die Erreichbarkeit /das Präfix von AS1 (in dem sich Alice befindet) zusammen mit dem richtigen Next Hop (R12) mitgeteilt

Aufgabe 5 Software Defined Networking (10 Punkte)

Flowtable von S1

Priorität *(priority)*	Match-Felder *(match fields)*	Aktion *(action)*
2	`IN_PORT = 2, TCP_DST = 80`	`Output 1`
1	`IN_PORT = 1`	`Output 2`
1	`IN_PORT = 2`	`Controller`
1	`IN_PORT = 3`	`Controller`
0	*	`Drop`

```
import registered

onPacketIn(packet, switch, inport) {
  if (inport == 3 or (inport == 2 and registered(packet.IP_SRC))) {
    r1, r2 = Rule()

    r1.MATCH('IN_PORT', inport)
    r1.MATCH('IP_SRC', packet.IP_SRC)
    r1.ACTION('Output', 4)
    r1.PRIORITY(3)

    r2.MATCH('IN_PORT', 4)
    r2.MATCH('IP_DST', packet.IP_SRC)
    r2.ACTION('Output', inport)
    r2.PRIORITY(3)

    send_rule(r1, switch)
    send_rule(r2, switch)
    send_packet(packet, switch)
  }
}
```



Aufgabe 6 Ethernet (10 Punkte)

Ein Zeitschlitz entpricht der doppelten maximalen Ausbreitungsverzögerung auf dem Medium.

Durch Abhören des Mediums während des Sendens innerhalb eines Zeitschlitzes wird erkannt, ob der gesendete Datenstrom verfälscht wurde, d.h. ob eine Kollision aufgetreten ist.

Die Wahrscheinlichkeit A, dass System S_1 kollisionsfrei innerhalb eines Zeitschlitzes sendet beträgt:

$$A = p_1 \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3) = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4} = \frac{1}{4}.$$

Unter Verwendung der Wahrscheinlichkeit A aus Aufgabenteil b) ergibt sich die Wahrscheinlichkeit, dass System S_1 genau im dritten Zeitschlitz kollisionsfrei sendet und in den beiden vorherigen Zeitschlitzen Kollisionen auftreten, zu:

$$B = (1 - A)^2 \cdot A = \left(\frac{3}{4}\right)^2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{9}{64}.$$

Carrier Extension sendet zusätzliche Bytes nach dem Ende eines Ethernet Rahmens, um Kollisionserkennung bei höheren Datenraten (1 Gbit/s) zu ermöglichen.

Beibehaltene Eigenschaften:

- Minimale Länge eines Ethernet-Rahmens
- Maximale Länge eines Ethernet-Segments

Frame Bursting erhöht den Durchsatz beim Senden kurzer Ethernet Rahmen bei hohen Datenraten (1 Gbit/s).

Frame Bursting gestattet es, kurze Ethernet Rahmen unmittelbar aufeinander folgend zu senden.

Bridges trennen den Intra-Netz-Verkehr (*intra-network traffic*) verschiedener LANs, wodurch weniger Kollisionen innerhalb der LANs verursacht werden.

TRILL Header

Outer Ethernet		TRILL		Inner Ethernet	
SRC	DST	SRC	DST	SRC	DST
MAC E	MAC F	TA	TC	MAC A	MAC H