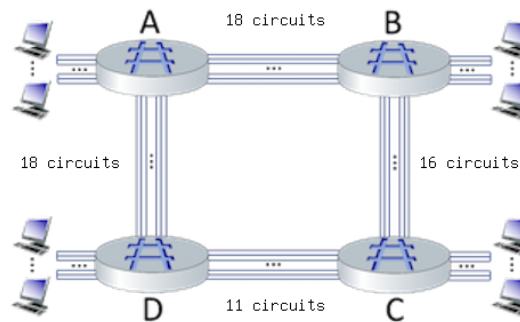


Aufgabe 1:

- a) Betrachten Sie das in der folgenden Abbildung dargestellte circuit-switched Netzwerk mit den Switches A, B, C und D. Angenommen, es gibt 18 Verbindungen zwischen A und B, 16 Verbindungen zwischen B und C, 11 Verbindungen zwischen C und D und 18 Verbindungen zwischen D und A.



- Wie hoch ist die Mindestanzahl an Verbindungen, die das System nicht bewältigen kann?

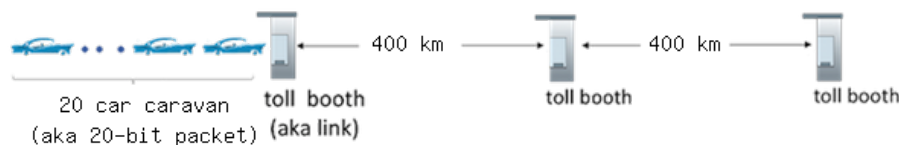
$$11+16+1 = 28$$

Die Verbindungen nach C sind das Bottleneck

- Angenommen, jede Verbindung erfordert 2 aufeinanderfolgende Sprünge, und die Verbindungen werden im Uhrzeigersinn aufgebaut. Zum Beispiel kann eine Verbindung von A nach C, von B nach D, von C nach A und von D nach B gehen. Wie hoch ist die maximale Anzahl der Verbindungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Netz bestehen können?

29

- b) Betrachten Sie die folgende Abbildung. Angenommen, die Karawane hat 20 Fahrzeuge und die Mautstelle bedient (d. h. überträgt) ein Fahrzeug mit einer Rate von einem Fahrzeug pro 5 Sekunden. Sobald ein Auto bedient wird, fährt es mit einer Geschwindigkeit von 20 Kilometern pro Sekunde zur nächsten Mautstelle, welche 400 Kilometer entfernt ist. Nehmen wir außerdem an, dass das erste Fahrzeug der Karawane, wenn es an einer Mautstelle ankommt, am Eingang der Mautstelle warten muss, bis alle anderen Fahrzeuge seiner Karawane angekommen sind und sich hinter ihm aufgereiht haben. Daher muss die gesamte Karawane an der Mautstelle abgestellt werden, bevor das erste Fahrzeug der Karawane seine Maut bezahlen und die Fahrt zur nächsten Mautstelle beginnen kann.



- Welcher Art der Verbindungsübertragung entspricht dieses Szenario? Erklären Sie warum.

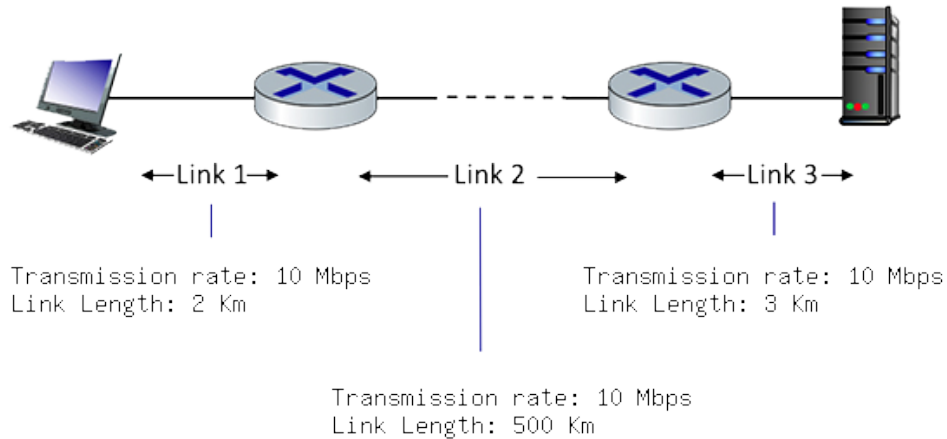
switching

- Wie lange dauert es, nachdem das erste Fahrzeug die Mautstelle verlassen hat, bis es an der nächsten Mautstelle in Betrieb genommen wird?

$$20s \text{ Fahrzeit} + 19 \cdot 5s = 115s$$

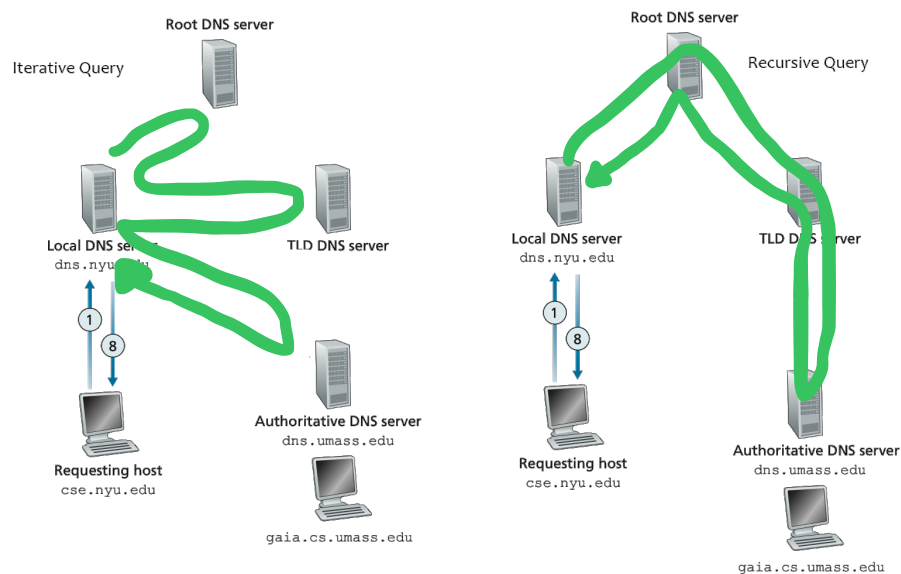
Aufgabe 2:

- a) Betrachten Sie die folgende Abbildung mit drei Verbindungen. Für jede Verbindung ist die Übertragungsrate und Verbindungslänge gegeben. Angenommen, die Länge eines Pakets beträgt 4000 Bit und die Ausbreitungsgeschwindigkeit auf jeder Verbindung beträgt $3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$:



- Wie hoch ist die Übertragungsverzögerung, die Ausbreitungsverzögerung und die Gesamtverzögerung von Verbindung 1?
 $\bar{U} = 4000 \text{ Bit} / 10 \text{ Mio bps}$
 $A = 2000 \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
 $G = \bar{U} + A$
- Wie hoch ist die Übertragungsverzögerung, die Ausbreitungsverzögerung und die Gesamtverzögerung der Verbindung 2?
 $\bar{U} = 4000 \text{ Bit} / 10 \text{ Mio bps} = 400 \mu\text{s}$
 $A = 500 \text{ km} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} = 5/3 \text{ ms}$
 $G = \dots$

- b) Betrachten Sie die nachstehende Abbildung zum iterativen und rekursiven DNS.



- Ergänzen Sie die Pfeile und Zahlen in der Grafik, die die Reihenfolge der Ausführung angeben.
- Im rekursiven DNS-Szenario wird angenommen, dass der autoritative DNS die IP-Adresse zurücksendet. Welcher Typ von DNS-Eintrag wird zurückgegeben?

A-Record

- Welcher Typ von DNS-Eintrag wird im rekursiven DNS-Szenario in Schritten 6 bis 8 zurückgegeben (nachdem der autoritative DNS die IP-Adresse zurückgesendet hat)?

A-Record

Aufgabe 3:

Angenommen, Sie klicken in Ihrem Webbrowser auf einen Link, um eine Webseite aufzurufen. Nehmen wir zunächst an, dass die mit dem Link verbundene Webseite genau ein Objekt enthält, das aus einer kleinen Menge HTML-Text besteht. Angenommen, die RTT zwischen dem lokalen Host und dem Webserver, der das Objekt enthält, beträgt $RTT_{HTTP} = 44 \text{ ms}$.

- a) Angenommen, das HTML-Objekt ist sehr klein und hat daher eine Übertragungszeit, die vernachlässigbar ist. Wie viel Zeit (in msec) vergeht dann vom Anklicken des Links bis zum Empfang des Objekts durch den Client?

$2 \cdot RTT = 88 \text{ ms}$

- b) Nehmen wir nun an, das HTML-Objekt verweist auf 7 sehr kleine Objekte auf demselben Server. Wie viel Zeit (in msec) vergeht, wenn der Client auf den Link klickt, bis das Basisobjekt und alle 7 zusätzlichen Objekte vom Webserver beim Client ankommen, wenn man nicht-persistentes HTTP und keine parallelen TCP-Verbindungen annimmt?

$8 \cdot 88 \text{ ms}$

- c) Angenommen, das HTML-Objekt verweist auf 7 sehr kleine Objekte auf demselben Server, aber der Client ist so konfiguriert, dass er maximal 5 parallele TCP-Verbindungen mit nicht-persistentem HTTP unterstützt.

$88 \text{ ms} + 88 \text{ ms} + 88 \text{ ms}$
HTML + 5 Objekte + 2 Objekte

- d) Angenommen, das HTML-Objekt verweist auf 7 sehr kleine Objekte auf demselben Server, aber angenommen, der Client ist so konfiguriert, dass er maximal 5 parallele TCP-Verbindungen mit persistentem HTTP unterstützt.

1 Verbindung öffnen + HTML + 4 Verbindungen und 1 Objekt + 5 Objekte + 1 Objekt
 $5 \cdot 44 \text{ ms}$
5 Verbindungen öffnen + HTML + 5 Objekte + 2 Objekte
 $4 \cdot 44 \text{ ms}$

- e) Wenn sich die Anzahl der Verweise im HTML-Objekt auf 8 erhöht, in welchen Fällen (a-d) ändert sich die Verzögerung NICHT?

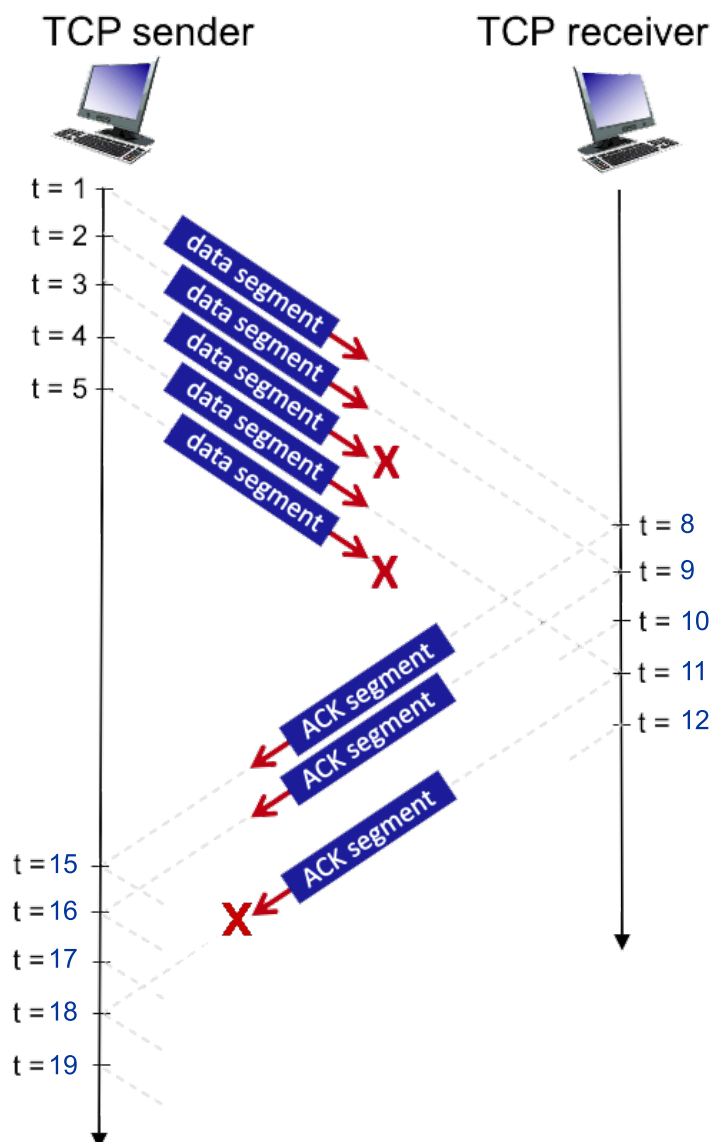
A, C, D

- f) Wie hoch ist die maximale Anzahl von Objektverweisen in den unter e) beantworteten Fällen, bei denen sich die Anzahl der Verzögerungen NICHT ändert?

A: egal
C: 10
D: 11 oder 10

Aufgabe 4:

- a) In der folgenden Abbildung kommunizieren ein TCP-Sender und ein Empfänger über eine Verbindung, bei der Segmente verloren gehen können. Der TCP-Sender möchte insgesamt 10 Segmente an den Empfänger senden und sendet jeweils ein Anfangsfenster von 5 Segmenten bei $t = 1, 2, 3, 4$ und 5 . Angenommen, der Anfangswert der Sequenznummer ist 130 und jedes Segment, das an den Empfänger gesendet wird, enthält 586 Bytes. Die Verzögerung zwischen Sender und Empfänger beträgt 7 Zeiteinheiten, so dass das erste Segment bei $t = 8$ beim Empfänger eintrifft und ein ACK für dieses Segment bei $t = 15$ eintrifft. Wie in der Abbildung zu sehen ist, gehen 2 der 5 Segmente zwischen Sender und Empfänger verloren. Auch eines der ACKs geht verloren. Nehmen wir an, dass es keine Zeitüberschreitungen gibt und dass alle nicht in der richtigen Reihenfolge empfangenen Segmente verworfen werden.



- Schreiben Sie die Zeiten (t) in das Diagramm.
- Wie lautet die Sequenznummer des bei $t=4$ gesendeten Segments?

- Welchen Wert hat das ACK, das bei $t=11$ gesendet wurde? Erklären Sie warum.

131

Wir bekommen 133 merken, dass 132 noch fehlt, verwerfen 133 und senden das letzte empfangene (131) nochmal als ack

- Wie hoch ist der Wert des ACK, das zum Zeitpunkt 16 empfangen wurde. Falls das Segment verloren ging, schreiben Sie 'x'.

x

b) Angenommen, die aktuellen TCP-Schätzwerte für die Round Trip Time (estimatedRTT) und die Abweichung der RTT (DevRTT) betragen 270 ms bzw. 10 ms. Weiters nehmen wir an, dass die nächsten drei gemessenen Werte der RTT 340 msec, 380 msec bzw. 310 msec betragen. Unter Verwendung der Werte von $\alpha = 0,125$ und $\beta = 0,25$:

- Wie hoch ist die geschätzte RTT nach der zweiten RTT?

$$\text{EstimatedRTT} = (1 - \alpha) * \text{EstimatedRTT} + \alpha * \text{SampleRTT}$$

$$0,875 * 270 + 0,125 * 340 = 287,75$$

$$0,875 * 287,75 + 0,125 * 380 = 291,41$$

- Wie groß sind die RTT-Abweichung und die TCP-Zeitüberschreitung für die zweite RTT?

$$\text{DevRTT} = (1 - \beta) * \text{DevRTT} + \beta * |\text{SampleRTT} - \text{EstimatedRTT}|$$

$$0,75 * 10 + 0,25 * (340 - 270) = 25$$

$$0,75 * 25 + 0,25 * (380 - 278,75) = 44,06$$

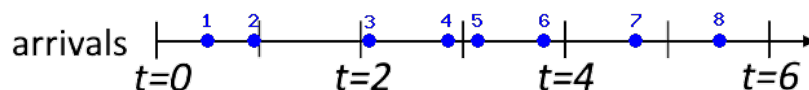
$$\text{TimeoutInterval} = \text{EstimatedRTT} + 4 * \text{DevRTT}$$

$$270 + 4 * 10 = 310$$

$$278,75 + 4 * 25 = 378,75$$

Aufgabe 5:

Betrachten Sie die Ankunft von 8 Paketen an einer Ausgangsverbindung an einem Router, wie in der Abbildung unten dargestellt. Wir betrachten die Zeit als „schlitzförmig“, wobei ein Schlitz bei $t = 0, 1, 2, 3$, usw. beginnt. Pakete können jederzeit während eines Zeitschlitzes eintreffen. Weiters können während eines Zeitschlitzes mehrere Pakete eintreffen. Zu Beginn jedes Time-Slot wählt der Paketplaner ein Paket aus den in der Warteschlange stehenden Paketen (falls vorhanden) für die Übertragung gemäß der unten beschriebenen Scheduling-Algorithmen aus. Jedes Paket benötigt genau einen Time-Slot für die Übertragung, so dass ein zum Zeitpunkt t für die Übertragung ausgewähltes Paket seine Übertragung zum Zeitpunkt $t+1$ abschließt. Zum Zeitpunkt $t+1$ wird ein anderes Paket aus den in der Warteschlange stehenden Paketen für die Übertragung ausgewählt.



Packets (#: class): 1: 1 , 2: 1 , 3: 2 , 4: 2 , 5: 1 , 6: 1 , 7: 3 , 8: 2

Weiters betrachten Sie die folgenden Algorithmen: FCFS, Priority und Round-Robin (RR). Es gibt drei Priority-Classes (1, 2, 3), wobei die niedrigeren Klassennummern im Falle des Prioritätsplans eine höhere Priorität haben oder im Falle von RR früher beginnen. Für alle Scheduling-Algorithmen sind die Reihenfolgen der gesendeten Pakete in der folgenden Form anzugeben (die ersten beiden Zeitfenster sind angegeben):

[Paket-Nummer zu $t=1$, Paket-Nummer zu $t=2$, ..., Paket-Nummer zu $t=8$]

Darüber hinaus schreiben Sie die gespeicherten Pakete in die Warteschlange zu jedem Zeitpunkt, nachdem das Paket gesendet wurde. Wenn die Warteschlange leer ist, schreiben Sie []. Die Warteschlange nach dem Senden der Pakete für die ersten beiden Zeitschlitzte ist unten angegeben.

a) FCFS:

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

Queue:

t1: [2], t2: [], t3: [4], t4: [5,6], t5: [6,7], t6: [7,8], t7: [8], t8: []

b) Priority:

[1, 2, 3, 5, 6, 4, 8, 7]

Queue:

t1: [2], t2: [], t3: [4], t4: [6,4], t5: [4,7], t6: [8,7], t7: [7], t8: []

c) Round-Robin:

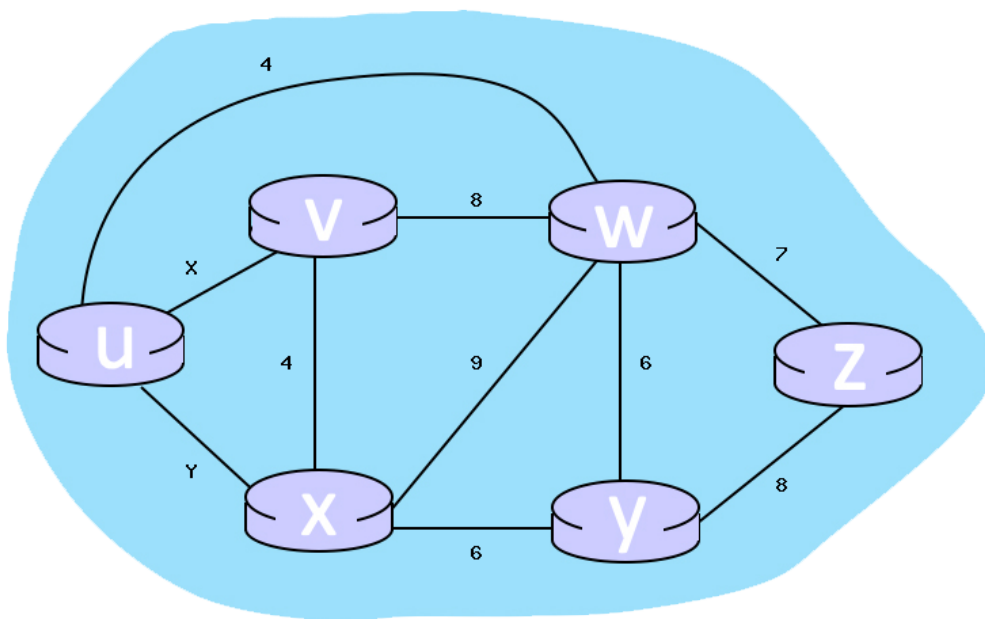
[1, 2, , , , ,]

Queue:

t1: [2], t2: [], t3: , t4: , t5: , t6: , t7: , t8:

Aufgabe 6:

Betrachten Sie das unten dargestellte unvollständige Netzwerk mit 6 Knoten und den gegebenen Verbindungskosten. Betrachten Sie die ausgefüllte Tabelle, die die kürzeste Entfernung zu allen Knoten von W aus beinhaltet:



a) Berechnen Sie den Wert von X und Y. Wenn die Antwort anhand der Informationen nicht bestimmt werden kann, antworten Sie mit „n/a“.

Node	Kürzeste Entfernung von W	Vorheriger Knotenpunkt
W	0	n/a
U	4	W
V	6	U
Y	6	W
Z	7	W
X	9	W

- b) Tragen Sie die ausgefüllte Tabelle für Knoten Z und V ein. Wenn die Antwort anhand der Informationen nicht ermittelt werden kann, antworten Sie mit „n/a“.

Y ist unbekannt, gehen wir davon aus, dass man y nicht verwenden kann?

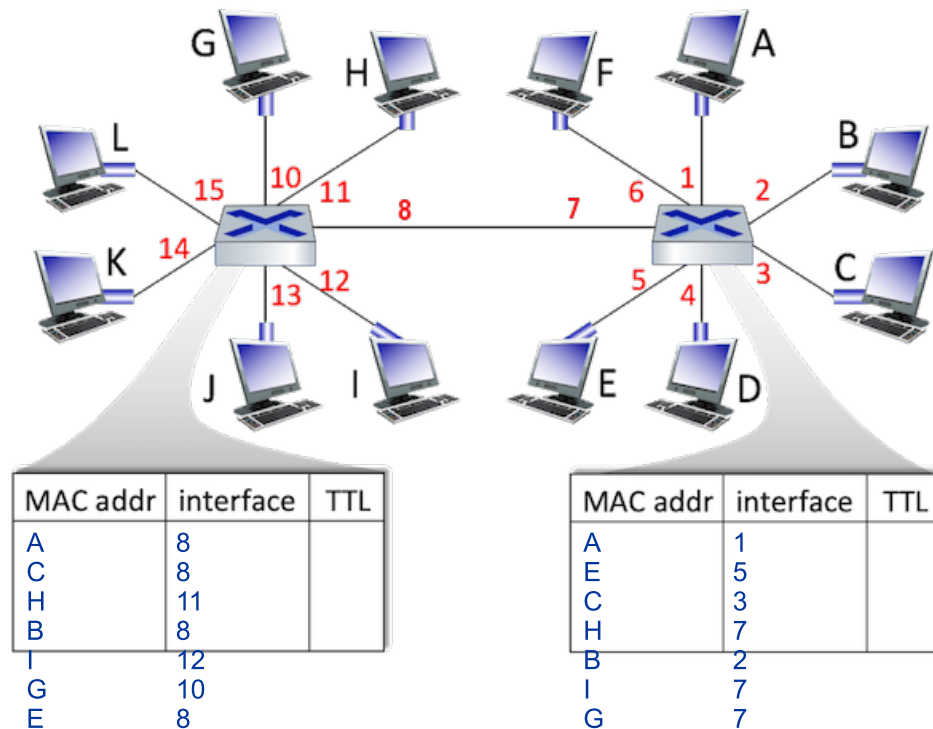
Node	Kürzeste Entfernung von Z	Vorheriger Knotenpunkt
Z	0	n/a
U		
V		
Y		
W		
X		

Node	Kürzeste Entfernung von V	Vorheriger Knotenpunkt
V	0	n/a
U		
W		
Y		
Z		
X		

Aufgabe 7:

- a) Betrachten wir den Algorithmus der zyklischen Redundanzprüfung (CRC). Nehmen wir an, dass der 4-Bit-Generator (G) 1001 ist, dass die Datennutzlast (D) 10011101 ist und dass $r = 3$. Berechnen Sie die CRC-Bits (R), die mit der Datennutzlast D verbunden sind?

- b) Betrachten Sie das folgende LAN, das aus 10 Computern besteht, die durch zwei selbstlernende Ethernet-Switches verbunden sind. Bei $t=0$ sind die Einträge in der Switch-Tabelle für beide Switches leer. Bei $t = 1, 2, 3$ und 4 sendet ein Quellknoten an einen Zielknoten wie unter der Grafik aufgelistet. Der Zielknoten antwortet sofort (lange vor dem nächsten Zeitschritt).



Angenommen, die folgenden Übertragungen finden statt (die Übertragungen als Antwort finden statt, sind aber in der Liste unten nicht aufgeführt). Füllen Sie die beiden Switch-Tabellen aus. Sie können die TTL leer lassen.

$t=1$: A \rightarrow E

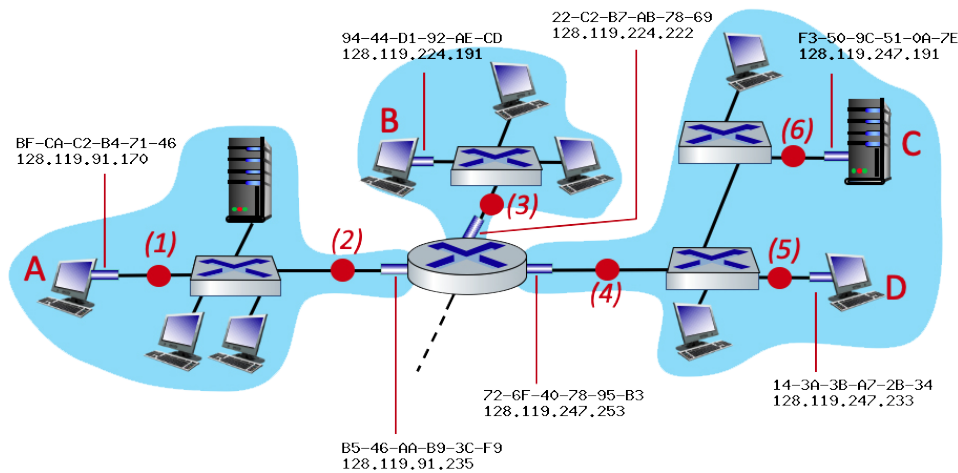
$t=2$: C \rightarrow H

$t=3$: B \rightarrow I

$t=4$: G \rightarrow E

Aufgabe 8:

- a) Betrachten Sie die folgende Abbildung. Die IP- und MAC-Adressen sind für die Knoten A, B, C und D sowie für die Schnittstellen des Router angegeben.



Nehmen wir an, ein IP-Datagramm wird von Knoten D an Knoten B gesendet.

- Wie lautet die Quell-Mac-Adresse an Punkt 5? **14-3A-3B-A7-2B-34**
- Wie lautet die Ziel-Mac-Adresse an Punkt 5? **72-6F-40-78-95-B3**
- Wie lautet die Quell-IP-Adresse an Punkt 5? **128.119.247.233**
- Wie lautet die Ziel-IP-Adresse an Punkt 5? **128.119.224.191**
- Wie lautet die Quell-Mac-Adresse an Punkt 3? **22-C2-B7-AB-78-69**
- Wie lautet die Ziel-Mac-Adresse an Punkt 3? **94-44-D1-92-AE-CD**

- b) Betrachten Sie einen Router und die drei angeschlossenen Teilnetze A, B und C. Die Anzahl der Hosts im Teilnetz A beträgt 31, im Teilnetz B 205 und im Teilnetz C 29. Die Subnetze teilen sich die 23 höherwertigen Bits des Adressraums: 20.196.228.0/23. Weisen Sie jedem der Subnetze (A, B und C) Subnetzadressen zu, so dass der zugewiesene Adressraum minimal ist und gleichzeitig ein möglichst großer zusammenhängender Adressraum für die Zuweisung verfügbar bleibt, wenn ein neues Subnetz hinzugefügt werden soll.

- Wie viele Hosts kann es in diesem Adressraum geben?

$$2^9 - 2$$

- Wie lauten die Subnetzadresse (CIDR-Notation), die Broadcast-, Start- und Endadresse von Subnetz A?
- Wie lauten die Subnetzadresse (CIDR-Schreibweise), die Broadcast-, Start- und Endadresse von Subnetz B?

Subnet B
205 + 2 braucht 8 bits => /24

Subnetzadresse 20.196.228.0/24
Broadcast 20.196.228.255
Startadresse 20.196.228.1
Endadresse 20.196.228.254

Subnet A
31 + 2 braucht 6 bits => /26

Subnetzadresse 20.196.229.0/26
Broadcast 20.196.229.63
Startadresse 20.196.229.1
Endadresse 20.196.229.62

Subnet C
29 + 2 braucht 5 bits => /27

Subnetzadresse 20.196.229.64/27
Broadcast 20.196.229.95
Startadresse 20.196.229.65
Endadresse 20.196.229.94