



Zitterbart

Telematik

Lösung: keine

Aufgabe 1 Allgemeine Fragen (7 Punkte)

a) Was versteht man unter *Head-of-Line-Blocking* in Routern und bei TCP?

7

1,0

b) Erläutern Sie kurz die Begriffe *Public Peering* und *Private Peering*.

1,0

c) Was signalisieren der Codepoint ECT und die Bits ECE, bzw. CWR bei Explicit Congestion Notification?

1,5

d) In der Vorlesung wurden verschiedene Leitungscodes mit Klassifizierung und Eigenschaften vorgestellt. Vervollständigen Sie die unten stehende Tabelle. In der Spalte "Ausgewählte Eigenschaften dieses Codes" muss nur eine charakteristische Eigenschaft angegeben werden. Es müssen insgesamt 8 Zellen ausgefüllt werden und kein Code darf doppelt auftauchen.

2

| Name des Codes | Klassifizierung | Ausgewählte Eigenschaften dieses Codes |
|---------------------|-----------------|--|
| | | Taktrückgewinnung bei langen 0- oder 1-Folgen nicht möglich und RDS geht gegen unendlich |
| Manchester Code | | |
| RZ (Return-to-Zero) | | |
| | | Taktrückgewinnung bei langen 0-Folgen nicht möglich aber bietet Gleichstromfreiheit |

- 1,5 e) Wie lange dauert die Suche nach einem Eintrag in einem *Content Addressable Memory* (CAM)? Worin besteht der Unterschied zwischen CAM und TCAM? Nennen Sie einen Nachteil beim Einsatz von TCAM.

Aufgabe 2 Sicherungsschicht bei ISDN und Ethernet (8,5 Punkte)

- a) Zwischen welchen Funktionseinheiten kommt bei ISDN ein Bus mit CSMA/CD zum Einsatz?

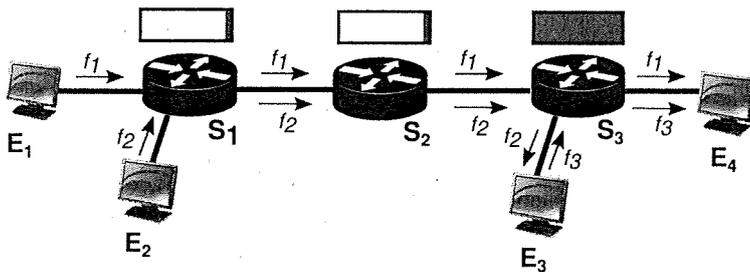
Im Folgenden wird der Einsatz von CSMA/CD bei Ethernet und ISDN gegenübergestellt.

- b) Wie wird bei ISDN-Sendern *Carrier Sense* realisiert? Wie wird eine Kollision erkannt? Nennen Sie diesbezüglich alle beteiligten Kanäle und erläutern Sie, wofür diese verwendet werden. Warum werden bei ISDN mehrere Kanäle für CSMA/CD benötigt? Was ist bei Ethernet anders?

- c) Zwei Systeme schicken gleichzeitig jeweils einen Rahmen, so dass eine Kollision auftritt. Wie viele Rahmen werden bei Ethernet und bei ISDN korrekt empfangen? Begründen Sie Ihre Antwort. Gehen Sie davon aus, dass die Kollision erkannt wird und dass keine anderen Fehler auftreten.

- d) Unterscheiden Sie nun zwischen Kontroll- und Nutzdaten. Welche dieser Daten sind jeweils bei Ethernet und bei ISDN von den Kollisionen betroffen? Begründen Sie Ihre Antwort.

- e) Betrachten Sie das folgende Szenario:



$$f_1 : E_1 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow E_4$$

$$f_2 : E_2 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow E_3$$

$$f_3 : E_3 \rightarrow S_3 \rightarrow E_4$$

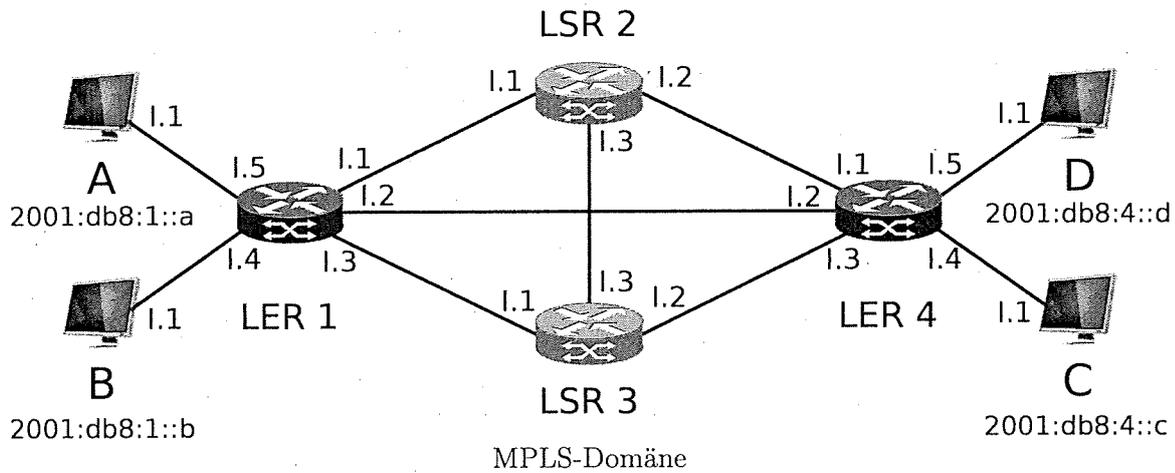
Über das Netz werden drei Flows f_1 , f_2 , und f_3 gesendet. Die Richtung der Flows ist durch Pfeile gekennzeichnet. Die Boxen zeigen die Pufferfüllung des Ausgangspuffers des entsprechenden Switches. Durch die Flows f_1 und f_3 wird der Switch S_3 überlastet, was man in der Abbildung anhand seines Pufferzustandes sehen kann. Um die Überlast zu reduzieren, soll S_3 die Senderate des Flows f_1 beeinflussen.

- Beschreiben Sie was passiert, wenn S_3 die Pause-Rahmen in Richtung S_2 sendet. Welche Auswirkung hat das auf den Flow f_2 ?
- Tritt dieses Problem auch bei QCN auf? Begründen Sie Ihre Antwort.

Gehen Sie davon aus, dass alle Systeme Pause-Rahmen und QCN unterstützen.

Aufgabe 3 Label Switching (9 Punkte)

Gegeben ist folgendes MPLS-Netz:



Die Weiterleitungstabelle von LER 1 enthält bereits die unten angegebenen Informationen, alle anderen Weiterleitungstabellen sind leer. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die *FECs* in einer gesonderten Tabelle dargestellt. Die Reihenfolge in der FEC-Tabelle gibt die Priorität an, d.h. es wird immer die oberste zutreffende Klasse genutzt.

| Eingangslabel / FEC | Ausgangslabel | Nächster Hop | Interface |
|---------------------|---------------|--------------|-----------|
| FEC: 1 | 42 | 4 | I.2 |
| FEC: 2 | - | - | I.4 |

Weiterleitungstabelle von LER 1

| ID | Dst IP | Dst Port |
|--------|---------------|----------|
| FEC: 3 | 2001:db8:4:* | 80 |
| FEC: 2 | 2001:db8:1::b | * |
| FEC: 1 | 2001:db8:4:* | * |

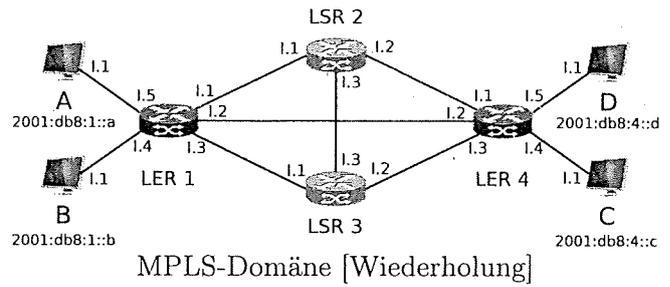
FEC-Tabelle

Beachten Sie: Um Uneindeutigkeiten bei der Korrektur auszuschließen, gehen Sie bei der Vergabe von Labels wie folgt vor: Wird ein *neues* Label benötigt, nehmen Sie hierfür jeweils den vordersten ungenutzten Wert aus der folgenden Liste: **3; 14; 1; 59; 26; 5; 35**. Jeder Wert darf in der gesamten Aufgabe nur *einmalig* aus der Liste entnommen werden.

LER 1 möchte mittels RSVP-TE einen neuen *Label Switched Path* etablieren und diesen für FEC: 3 nutzen. Hierzu generiert LER 1 folgende *Path Message*:

| | |
|-----------------|---------------------|
| Explicit Route: | 2, 3, 4 |
| Record Route: | 1 |
| Reservation: | 8 Gbit/s |
| Label: | "Request New Label" |

Path Message (generiert von LER 1)



2,5 a) Welche weiteren RSVP-TE Nachrichten werden von welchem LER oder LSR im Folgenden generiert?

| LER/LSR | Expl. Route | Rec. Route | Reservation | Label | Type |
|---------|-------------|------------|-------------|---------------------|--------------|
| 1 | 2, 3, 4 | 1 | 8 Gbit/s | "Request New Label" | Path Message |

b) Ergänzen Sie die Weiterleitungstabellen um den neuen Pfad.

2,5

| Eingangslabel / FEC | Ausgangslabel | Next Hop | Interface |
|---------------------|---------------|----------|-----------|
| FEC: 1 | 42 | 4 | I.2 |
| FEC: 2 | — | — | I.4 |
| | | | |
| | | | |

Weiterleitungstabelle von LER 1

| Eingangslabel / FEC | Ausgangslabel | Next Hop | Interface |
|---------------------|---------------|----------|-----------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Weiterleitungstabelle von LSR 2

| Eingangslabel / FEC | Ausgangslabel | Next Hop | Interface |
|---------------------|---------------|----------|-----------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Weiterleitungstabelle von LSR 3

| Eingangslabel / FEC | Ausgangslabel | Next Hop | Interface |
|---------------------|---------------|----------|-----------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Weiterleitungstabelle von LER 4

In der folgenden Aufgabe sollen Pakete gezeichnet werden. Pakete werden wie folgt dargestellt:

| | | | | | |
|----------|-----------------|----------------|--------------|-------------|-----------|
| Ethernet | IP | | TCP | | Nutzdaten |
| | [Quell-Adresse] | [Ziel-Adresse] | [Quell-Port] | [Ziel-Port] | |

Es sind folgende Kurzschreibweisen möglich: Namen der Schichten (obere Zeile): **E, IP, TCP, P**. IP-Adressen dürfen durch die Namen der Endsysteme abgekürzt werden. Wenn alle dargestellten Felder einer Schicht unverändert bleiben, kann die untere Zeile der Schicht weggelassen werden.

Beispiele:

| | | | | |
|---|----|---|-----|---|
| E | IP | | TCP | P |
| | A | D | | |

| | | | |
|---|----|-----|---|
| E | IP | TCP | P |
|---|----|-----|---|

Sollte das Paketformat Ihrer Meinung nach auf Teilen des Pfades abweichen, passen Sie die Darstellung der Pakete entsprechend an.

4 c) Nachdem der neue Pfad etabliert ist, sendet Endsystem A drei Pakete (die Pakete sind jeweils in den Aufgabenfeldern dargestellt).

Stellen Sie die Paketweiterleitung durch die MPLS-Nodes anhand der gegebenen Tabelle dar. Geben Sie hierzu an, an welchem LER/LSR ein gesendetes Paket jeweils empfangen wird und zeichnen Sie die Pakete, die daraufhin den jeweiligen LER/LSR verlassen. Geben Sie außerdem das Ausgangs-Interface an.

| Sender | Ausgehendes Paket | | | | Interface | | |
|--------|-------------------|---------------|---------------|------|-----------|-----------|-----|
| A | Ethernet | IP | | TCP | | Nutzdaten | I.1 |
| | | 2001:db8:1::a | 2001:db8:4::d | 2718 | 80 | | |

Aufgabe 4 OSPF (7 Punkte)

a) Erklären Sie das Grundprinzip eines *Link-State-Routing-Protokolls*.

b) Welche Aufgabe hat das Hello-Protokoll in OSPF? Beschreiben Sie den groben Ablauf des Hello-Protokolls zwischen zwei Routern, die über einen Punkt-zu-Punkt Link verbunden sind. Welches Ereignis führt zur Erkennung eines Ausfalls von einem Link bzw. Router.

7
1
1,5

Aufgabe 5 Tries (12 Punkte)

12

4

a) Gegeben sei die unten stehende Liste mit sechs Präfixen. Zeichnen Sie den Trie, der entsteht, wenn diese sechs Präfixe in den Trie eingetragen wurden. Wenden Sie dabei das in der Vorlesung vorgestellte *Path Compression* Verfahren an. Beschriften Sie die Kanten und tragen Sie ein, in welchem Knoten welches Präfix (P1-P6) abgespeichert wird. Machen Sie in der Skizze außerdem deutlich, welche zusätzlichen Informationen für Path Compression verwendet werden.

Liste mit Präfixen

| Name | Präfix |
|------|------------|
| P1 | 01010010* |
| P2 | 111000* |
| P3 | 110001* |
| P4 | 10* |
| P5 | 11* |
| P6 | 110000011* |

b) Gegeben sei der Trie mit Path Compression aus dem vorherigen Aufgabenteil und das 10-bit lange Suchwort **1100011001**. Erklären Sie den Ablauf des Lookup-Algorithmus für die oben gegebene Kombination aus Trie und Suchwort schrittweise in Textform. Geben Sie hierzu an, welche Informationen genutzt werden, welche Vergleiche stattfinden, welcher Pfad genommen wird und wann der Prozess terminiert. Geben Sie außerdem in der dafür vorgesehenen Spalte an, welches zum jeweiligen Zeitpunkt der *Best Match* ist.

3

Hinweis: Es ist möglich, dass weniger als 7 Schritte benötigt werden.

| Schritt | Erklärung | Best Match |
|---------|-----------|------------|
| 1 | | |

c) Unter welchen Bedingungen kann das Path Compression Verfahren effizient zur Anwendung kommen? Begründen Sie ihre Antwort.

1

d) Gegeben sei nun eine neue Liste mit fünf Präfixen. Zeichnen Sie den Multibit-Trie, der entsteht, wenn diese fünf Präfixe in den Trie eingetragen wurden. Beschriften Sie die Kanten des Tries und tragen Sie ein, in welchem Knoten welches Präfix (P1-P5) abgespeichert wird. Nehmen Sie an, dass der Stride fest auf $k = 2$ gesetzt ist. Verwenden Sie falls nötig das Prefix Expansion Verfahren.

4

Liste mit Präfixen

| Name | Präfix |
|------|--------|
| P1 | 101* |
| P2 | 1100* |
| P3 | 1* |
| P4 | 000* |
| P5 | 11* |

Aufgabe 6 TCP Acknowledgements (10 Punkte)

Das Protokoll TCP bietet einen zuverlässigen Dienst. Hierzu kommen *Sequenznummern* (SEQ) und *Quittungen/Acknowledgements* (ACK) zum Einsatz.

10

a) Üblicherweise verwendet TCP kumulative Quittungen (*Cumulative Acknowledgements*).

2,5

- Beschreiben Sie, was dies bedeutet und welche Information dadurch mit einem ACK übertragen wird.
- Nennen Sie Vor- und Nachteile von kumulativen Quittungen. Ziehen Sie hierfür zum Vergleich ein einfaches Verfahren heran, bei dem jedes Paket genau einmal mit einer nicht-kumulativen Quittung quittiert wird.

b) In der Vorlesung wurde die TCP Erweiterung *Selective ACK* (SACK) vorgestellt. Welche neue Fähigkeit ergibt sich dadurch, bzw. was wird durch SACK ermöglicht? Beschreiben Sie kurz das Quittungsverhalten von *TCP mit SACK*. Welche der in a) genannten Vor- und Nachteile treffen auf *TCP mit SACK* zu?

1,5

c) Es ist nicht immer möglich, alle aktuell gültigen SACK-Informationen in einem einzelnen ACK zu übertragen.

3

- Beschreiben Sie kurz, wie (und wo) die SACK-Informationen übertragen werden.
- Geben Sie ein konkretes Beispiel (mit Skizze und kurzer Erklärung) an, bei dem nicht alle SACK-Informationen in einem einzelnen ACK übertragen werden können.
- Beschreiben Sie, wie SACK tatsächlich realisiert wurde und wieso das Problem dadurch gelöst wird. An welcher Stelle wird hier ein Kompromiss eingegangen?

d) Vergleichen Sie zwei mögliche Varianten von TCP. Variante A nutzt die regulären kumulativen Quittungen. Variante B nutzt SACK.

3

Alle gesendeten Segmente nutzen die volle MSS von 1000 Byte. Nach jedem empfangenen Segment wird eine Quittung gesendet. Mögliche Sendewiederholungen werden in dieser Aufgabe nicht betrachtet.

In einem ACK können maximal drei SACK-Felder übertragen werden.

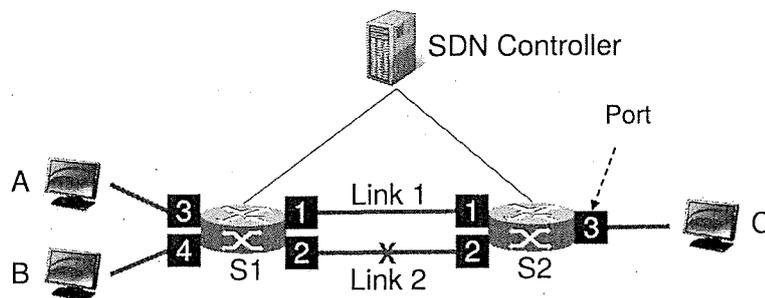
Gegeben sind alle empfangenen Segmente. Vervollständigen Sie die Tabelle (ACK und SACK Felder).

| Segment | Variante A | Variante B (SACK) |
|--------------|--------------|---------------------------------|
| Seq = 9 000 | Ack = 10 000 | Ack = 10 000, Sack = (), (), () |
| Seq = 10 000 | Ack = | Ack = , Sack = |
| Seq = 14 000 | Ack = | Ack = , Sack = |
| Seq = 16 000 | Ack = | Ack = , Sack = |
| Seq = 15 000 | Ack = | Ack = , Sack = |
| Seq = 12 000 | Ack = | Ack = , Sack = |

Aufgabe 7 Software Defined Networking (6,5 Punkte)

Das dargestellte Netz mit den Switches S1 und S2 wird zentral von einem SDN Controller durch das *OpenFlow*-Protokoll gesteuert. Außerdem sind die drei Endsysteme A, B und C an das Netz angebunden. Auf Schicht 2 wird Ethernet eingesetzt.

6,5



Um eine Weiterleitung von Rahmen zu adressierten Endsystem auf Schicht 2 zu ermöglichen, wird eine *Learning Switch App* verwendet. Mit deren Hilfe wird die Assoziation zwischen MAC-Adressen von Endsystemen und Ports, an denen diese angeschlossen sind, automatisch erlernt. Die App verwendet auf jedem Switch zwei Tabellen: Flowtable 0 leitet Rahmen mit bislang unbekanntem MAC-Adressen an den SDN Controller weiter. Flowtable 1 bewerkstelligt die Weiterleitung in der Datenebene.

Gehen Sie von folgender Ausgangssituation aus:

1. Link 2 ist zunächst deaktiviert.
2. Es wurde bereits ein Rahmen von A an B gesendet.
3. Die Flowtables von S1 enthalten demnach die folgenden Flows:

| Priority | Match | Action |
|----------|---------|--------------|
| High | Src = A | Goto-Table 1 |
| Low | * | Controller |

| Priority | Match | Action |
|----------|---------|------------|
| High | Dst = A | Output 3 |
| Low | * | Output ALL |

Anmerkung: Anstelle expliziter MAC-Adressen werden in dieser Aufgabe stets die Namen (A, B und C) der Endsysteme verwendet.

a) Erläutern Sie zunächst kurz, was unter der Trennung von Kontroll- und Datenebene im Kontext von SDN zu verstehen ist. / 1

1,5 b) Endsystem B sendet nun einen Rahmen an Endsystem A. Ergänzen Sie die Flowtables von S1 und S2 um alle fehlenden Einträge, die von der Learning Switch App programmiert wurden, nachdem beide Rahmen vollständig weitergeleitet wurden.

Hinweis: Beim Fluten werden Pakete nicht auf dem Port weitergeleitet, auf dem sie von einem Switch empfangen wurden, auch dann nicht, wenn sie durch eine *Packet-Out*-Nachricht geflutet werden.

Switch S1, Flowtable 0

| Priority | Match | Actions |
|----------|---------|--------------|
| High | Src = A | Goto-Table 1 |
| | | |
| Low | * | Controller |

Switch S1, Flowtable 1

| Priority | Match | Actions |
|----------|---------|------------|
| High | Dst = A | Output 3 |
| | | |
| Low | * | Output ALL |

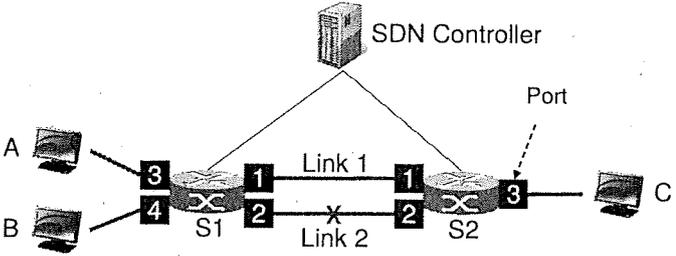
Switch S2, Flowtable 0

| Priority | Match | Actions |
|----------|-------|------------|
| | | |
| | | |
| Low | * | Controller |

Switch S2, Flowtable 1

| Priority | Match | Actions |
|----------|-------|------------|
| | | |
| | | |
| Low | * | Output ALL |

c) Link 2 wird nun aktiviert. Anschließend sendet Endsystem C einen Rahmen, der an Endsystem A adressiert ist. Skizzieren Sie die Weiterleitung dieses Rahmens bei der Verwendung der Learning Switch App in dem folgenden Weg-Zeit-Diagramm. Berücksichtigen Sie Weiterleitungen zum oder vom SDN Controller sowie eventuell auftretende Duplizierungen. Wenn mehrere Rahmen an das gleiche Endsystem gesendet werden, dann geben Sie deren Anzahl am jeweiligen Pfeil an. Gehen Sie davon aus, dass die Zeit zur Verarbeitung von Rahmen und zur Programmierung von Flows vernachlässigbar ist.



Hinweis: Bei *OpenFlow* wird ein Paket verworfen, wenn es auf dem Port ausgegeben werden soll, auf dem es empfangen wurde.

