

Übung 4

Abgabe: 7. Juni 2021

Aufgabe 4.1: Datenrate bei Stop-and-Wait (1,5 + 1,5 + 1,5 = 4,5 Punkte)

Ein Knoten A möchte über einen Full-Duplex-Link Daten an einen Knoten B übertragen. Die Latenz des Links betrage 4 ms, die Datenrate des Links sei 100 Mbit/s.

Die tatsächlich erreichbare Datenrate, die (abhängig von den verwendeten Protokollen) höheren Schichten bereitgestellt werden kann, wird als *Nutzdatenrate* oder auch *Durchsatz* bezeichnet.

Es soll das *Stop-And-Wait-Protokoll* genutzt werden. Die Header- und Trailer-Informationen eines Rahmens seien insgesamt 12 Byte groß, ein Acknowledgment-Rahmen (ACK) habe eine Gesamtgröße von 12 Byte. Pro Rahmen können maximal 1600 Byte Nutzdaten übertragen werden.

- Berechnen Sie die *Nutzdatenrate*, die sich für die Datenübertragung von A nach B in diesem Szenario *maximal* erreichen lässt, wenn *keine Bitfehler* auftreten.
- Zusätzlich zu den positiven Bestätigungen (ACK) gebe es nun auch negative Bestätigungen (NAK), die der Empfänger eines Rahmens sendet, wenn der Rahmen Bitfehler enthält. NAK-Rahmen haben ebenfalls eine Gesamtgröße von 12 Byte. Es gehen grundsätzlich *keine Rahmen verloren*, d.h. auf jede Rahmenübertragung folgt entweder ein ACK oder ein NAK. Ein verfälschtes ACK werde ebenfalls als NAK interpretiert. Zur Vereinfachung sei angenommen, dass Bitfehler immer erkannt werden, so dass verfälschte Rahmen zuverlässig erkannt werden können und ein verfälschtes NAK nie als ACK interpretiert wird. Berechnen Sie die *mittlere Nutzdatenrate* bei einer *Bitfehlerrate* von 10^{-4} und *unveränderter Rahmengröße*.
- Nun werde anstelle von Stop-and-Wait ein Sliding-Window-Verfahren zur Flusskontrolle mit Selective Repeat zur Fehlerbehandlung eingesetzt. Die Nutzdatenrate ist somit nicht mehr durch das Stop-and-Wait-Verfahren begrenzt.

Beim Sliding-Window-Verfahren legt der Empfänger eine sogenannte *Fenstergröße* fest, d.h. die maximale Zahl an Rahmen, die er in seinem Buffer zwischenspeichern kann, bis sie verarbeitet werden können. Der Sender versieht die versendeten Rahmen mit fortlaufenden Sequenznummern; der Empfänger teilt dem Sender durch ACKs mit, bis zu welchem Rahmen die Daten erfolgreich verarbeitet werden konnten. Basierend auf Fenstergröße und dem letzten ACK kann der Sender ständig berechnen, wieviele weitere Rahmen er senden darf.

Wie groß muss das Fenster eines Sliding-Window-Protokolls mindestens gewählt werden, damit

- die Nutzdatenrate aus Teil a) erreicht werden kann?
- die maximal mögliche Nutzdatenrate des Kanals erreicht werden kann?

Begründen Sie jeweils Ihre Wahl.

Aufgabe 4.2: Sliding Window und Flusskontrolle (3,5 + 1 = 4,5 Punkte)

Sie designen ein Protokoll für die Sicherungsschicht für einen Übertragungskanal mit einer Datenrate von 1 Gbit/s über eine Glasfaser. Die Länge der Glasfaser beträgt hierbei 1.000 km. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht in dem Glasfaserkabel betrage 200.000 km/s.

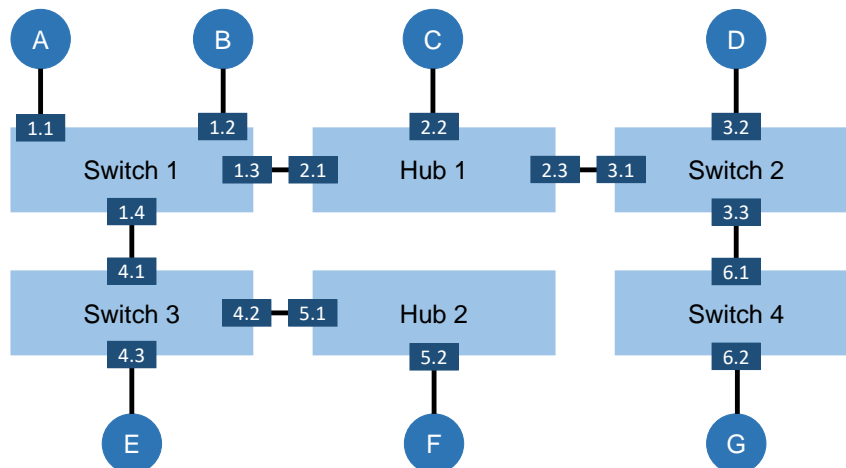
- Nehmen Sie an, dass die Größe eines Rahmens auf 2.500 B beschränkt ist. Bei der Übertragung werde das Sliding-Window-Verfahren verwendet.

- i) *Wie groß muss das Sliding-Window sein, damit dauerhaft gesendet werden kann?* Nehmen Sie an, dass der Empfänger ausreichend Buffer zur Verfügung stellt und dass die Sendezeit des ACK vernachlässigbar ist.
 - ii) Nehmen Sie an, dass Ihr Protokoll das *Sliding-Window-Verfahren* in Verbindung mit *Go-Back-N* nutzt. *Wie viele bits benötigt das Protokoll zur Repräsentation der Sequenznummer? Begründen Sie Ihre Antwort!*
 - iii) Nehmen Sie nun an, dass Sie *Selective-Repeat* anstelle von *Go-Back-N* verwenden. Alle anderen Eigenschaften bleiben unverändert. *Wie viele bits benötigen Sie nun zur Repräsentation der Sequenznummern? Begründen Sie Ihre Antwort!*
- b) Nehmen Sie nun an, dass Ihr Protokoll für Header- und Trailer-Informationen in Summe 50 B aufwenden muss, wodurch die maximale Payload-Größe auf 2450 B beschränkt wird. *Was ist die maximal mögliche Nutzdatenrate, wenn es keine Verluste gibt und das Sendefenster voll ausgenutzt wird?*

Aufgabe 4.3: Hubs und Switches (3 Punkte)

Um die Rahmenweiterleitung als Grundfunktionalität von Switches in einem Netzwerk nutzen zu können, braucht man sie im Allgemeinen nicht zu konfigurieren. Stattdessen überwachen Switches die Rahmen, die sie weiterleiten, lernen so automatisch die Adressen angeschlossener Geräte und bauen daraus ihre interne Weiterleitungstabelle auf.

Betrachten Sie folgendes Netzwerk, das aus mehreren Switches, zwei Hubs und den Rechnern A bis G besteht. Die dunklen Kästchen bezeichnen die Ports der jeweiligen Hubs/Switches. Die Switches sind reine Layer-2-Switches, verfügen also über keine Zusatzfunktionalität wie z.B. Routing oder Traffic-Analyse.



Die Weiterleitungstabellen der Switches seien leer, d.h., sie enthalten keinerlei Adressinformationen. Nun werden nacheinander folgende Rahmen gesendet:

1. A sendet an B
2. C sendet an A
3. G sendet an A

Wie sehen die Weiterleitungstabellen der Switches 1 bis 4 jeweils nach Versenden dieser Rahmen aus? *Geben Sie für jeden der drei versendeten Rahmen an, welche Switches und Hubs durchlaufen werden, welche Rechner den Rahmen sehen und welche Einträge die Switches in ihren Weiterleitungstabellen vornehmen.* Nehmen Sie dabei an, dass die Einträge nicht altern und daher zwischendurch nicht wieder entfernt werden.

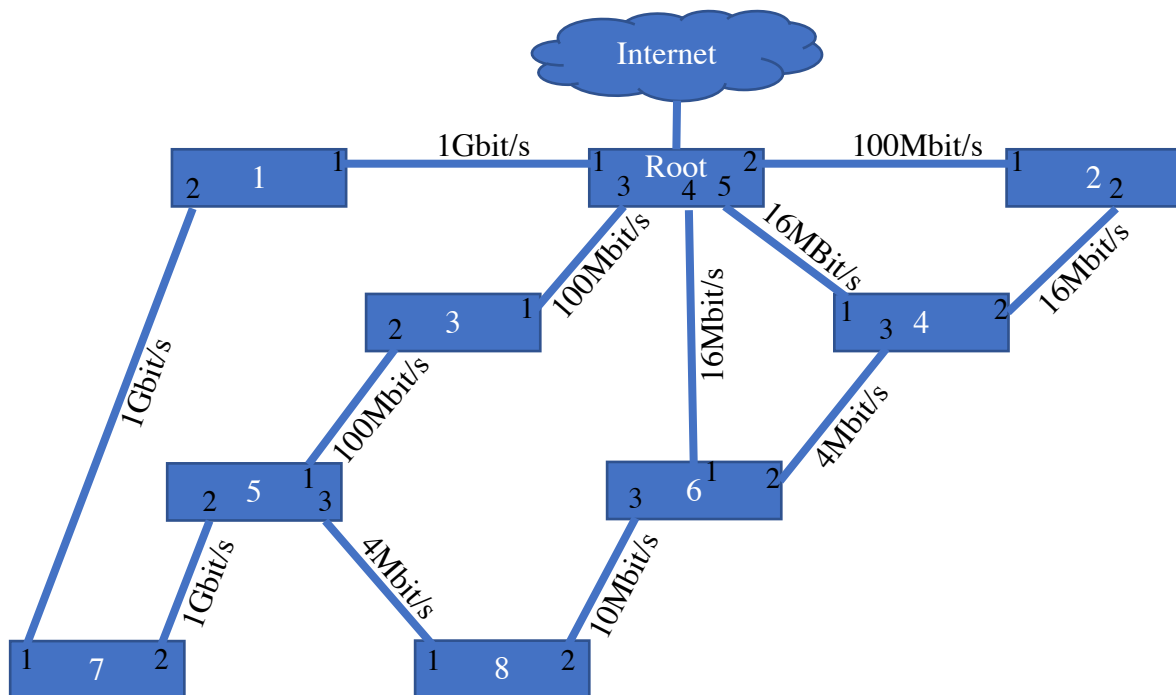
Aufgabe 4.4: Spanning Tree Protocol (1 + 2 = 3 Punkte)

Für ein Layer-2-Netzwerk ist es wichtig, dass es keine Schleifen (Loops) enthält, da ansonsten Broadcast Frames unendlich lange durch das Netzwerk geleitet werden und zudem das stabile Erlernen von Weiterleitungstabellen (Mac-Tabellen) der Switches erschwert wird. Zu diesem Zweck setzt man auf das Spanning Tree Protocol (STP) bzw. dessen Weiterentwicklungen.

Wie der Name vermuten lässt, erzeugt das STP einen Spannbaum des Netzwerks und garantiert Schleifenfreiheit, wenn Nutzdaten nur über die Links des Spannbaums übertragen werden.

Lesen Sie sich die Funktionsweise des STP¹ anhand der englischen Wikipediaseite durch: https://en.wikipedia.org/wiki/Spanning_Tree_Protocol.

Nehmen Sie im Weiteren an, dass Sie beauftragt wurden, für das untenstehende Netz das STP aufzusetzen.



Jeder Kasten repräsentiert einen Switch, jeder Link ist an einen Port mit der angegebenen ID angeschlossen.

- Wie würden Sie garantieren, dass der *Switch mit der Verbindung zum Internet* die *root Bridge* wird? Wieso kann es *sinnvoll* sein, diesen Switch als root Bridge zu wählen?
- Führen Sie das STP aus und *zeichnen Sie den resultierenden Spannbaum* auf, indem Sie *jeden Port entweder mit RP = Root Port, DP = Designated Port, BL = Blocking*, analog zu den bei Wikipedia vorgestellten Bedeutungen, beschriften. Nutzen Sie die bei Wikipedia für STP

¹Der ausführliche Standard über die RWTH erreichbar: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1389253>

(802.1D-1998) angegebenen Kosten für jeden Link. Die weiße Zahl im Switch entspricht der MAC-Adresse.