

Rechnernetze: Übungen zur Sicherungsschicht

3.1	Übungsaufgabe: Rahmenbildung.....	2
3.2	Übungsaufgabe: Hamming-Abstand.....	2
3.3	Übungsaufgabe: Hamming-Code.....	3
3.4	Übungsaufgabe: Zweidimensionale Parität.....	3
3.5	Übungsaufgabe: CRC	4
3.6	Übungsaufgabe: CRC-Generatorpolynom & Fehlererkennung	4
3.7	Übungsaufgabe: Analyse Ethernet-Rahmen	4
3.8	Übungsaufgabe: Binärer exponentieller Backoff-Algorithmus	4
3.9	Übungsaufgabe: Minimale Rahmengröße	5
3.10	Übungsaufgabe: Ethernet-Rahmengröße	5
3.11	Übungsaufgabe: Ethernet Capture Effekt.....	6
3.12	Übungsaufgabe: Ethernet Rahmengröße und Verzögerungszeiten	7
3.13	Übungsaufgabe: CSMA / CD – effektive Datenübertragungsrate	7
3.14	Übungsaufgabe: Broadcast- und Kollisionsdomänen & VLANs.....	8
3.15	Übungsaufgabe: Selbstlernende Bridges.....	9
3.16	Übungsaufgabe: Fehlerrate IEEE 802.11	10
3.17	Übungsaufgabe: WLAN & Wireshark	10
3.18	Übungsaufgabe: WLAN: SSID und BSSID.....	10

3.1 Übungsaufgabe: Rahmenbildung

- a) In einem Protokoll der Sicherungsschicht wird die folgende Zeichenkodierung verwendet:
A: 01000111, B: 11100011; FLAG: 01111110, ESC: 11100000
Sie wollen die vier Zeichen A B ESC FLAG innerhalb der Payload eines Rahmens übertragen. Geben Sie die resultierende Bit- bzw. Byte-Folge inklusive der begrenzenden FLAG-Bytes und ohne Header und Trailer an, wenn
- Byte Stuffing
 - Bit Stuffing
- verwendet wird.
- b) Warum wird bei Rahmenbildung nach Byte- und Bit-Stuffing das FLAG-Byte zu Beginn und am Ende des Rahmens verwendet? Was spricht dagegen, nur den Beginn des Rahmens mit dem FLAG-Byte zu markieren?

3.2 Übungsaufgabe: Hamming-Abstand

Gegeben sei der folgende Code, der nur vier gültige Codewörter hat:

0000000000, 0000011111, 1111100000, 1111111111

- Erstellen Sie eine Tabelle mit allen möglichen Hamming-Abständen zwischen den einzelnen Codewörtern dieses Codes.
- Welchen Hamming-Abstand hat dieser Code?
- Welche Fehler können erkannt und welche korrigiert werden?
- Wie ist das Verhältnis zwischen Daten-Bits und redundanten Bits / Parity-Bits bei diesem Code?

3.3 Übungsaufgabe: Hamming-Code

- a) Gegeben sind die folgenden Daten-Bits einer Nachricht: 1101001100110101.
- Fügen Sie die benötigten Parity-Bits an der passenden Stelle ein und zeigen Sie, wie Sie die Parity-Bits berechnet haben. Vervollständigen Sie dazu die abgebildete Tabelle aus.
 - Wie lauten die kompletten Code-Bits?
 - Angenommen das 10. Code-Bit kippt (d.h. aus 0 wird 1, bzw. aus 1 wird 0) im übertragenen Bitmuster. Zeigen Sie, wie der Fehler korrigiert werden kann.

- b) Wie ist das Verhältnis im Allgemeinen beim Hamming-Code zwischen Daten-Bits und Parity-/ „redundanten“ Bits?

- c) Durch Anwendung des Hamming-Codes werden jeweils 4 Bits mit 7 Bits codiert. Drei solcher 7-Bit-Codewörter werden wie folgt übertragen: zuerst jeweils das erste Bit der drei Codewörter, dann jeweils das zweite Bit der drei Codewörter usw. Auf Empfängerseite wird die Matrix von links nach rechts befüllt. Empfangen wurde folgende Bitfolge:

1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0

Korrigieren Sie die empfangenen Bits. Wie lautet die Ausgangsnachricht (korrigiert und ohne Parity-Bits)?

Bündelfehler bis zu welcher Länge können mit diesem Verfahren korrigiert werden?

Code-Bits	C1	C2	C3	...			
Binäre Darstellung des Index	0001	0010	0011	...			
Parity- und Datenbits	p ₁	p ₂	d ₁	p ₃	d ₂	d ₃	...
Wert des Parity-/ Datenbits			1		1	0	...
Berechnung p ₁	X		X		X		
Berechnung p ₂		X	X			X	
Berechnung p ₃				X	X	X	
...							

3.4 Übungsaufgabe: Zweidimensionale Parität

- a) Zeigen Sie, dass man mittels der zweidimensionalen Parität alle 3-Bit-Fehler erkennt.
- b) Geben Sie ein Beispiel eines 4-Bit-Fehlers an, den die zweidimensionale Parität nicht erkennen würde.
- c) Erklären Sie, warum die zweidimensionale Parität dem Empfänger ausreichend Informationen liefert, um einen 1-Bit Fehler zu korrigieren (unter der Annahme, dass der Empfänger weiß, dass nur ein Bit fehlerhaft ist).
- d) Erklären Sie, warum die zweidimensionale Parität dem Empfänger nicht genügend Informationen liefert, um einen 2-Bit Fehler zu korrigieren.

3.5 Übungsaufgabe: CRC

Sie wollen die Bits 10011101 CRC-geschützt unter Verwendung des Generator-Polynoms $C(x) = x^3 + 1$ übertragen.

- Welche Bits übermitteln Sie? Wie berechnen sich diese?
- Was berechnet der Empfänger, wenn die Nachricht unverändert bei ihm eintrifft?
- Das hochwertigste Bit (ganz links) der Nachricht wird durch Rauschen invertiert. Geben Sie das Fehlerpolynom $E(x)$ an. Wie lautet das Ergebnis für die CRC-Berechnung des Empfängers? Woher weiß der Empfänger, dass ein Fehler aufgetreten ist?
- Welche Fehler erkennt das Generator Polynom $C(x)$?
- Geben Sie ein Beispiel für einen Fehler an, der nicht erkannt wird.

3.6 Übungsaufgabe: CRC-Generatorpolynom & Fehlererkennung

Eine 1024 Bit-Nachricht, die aus 992 Datenbits und 32 CRC-Bits besteht, wird gesendet. Der CRC-Wert wird mithilfe des in IEEE 802 standardisierten Generatorpolynoms vom Grad 32 berechnet. Erklären Sie für die folgenden Fälle, ob die Fehler erkannt werden:

- Es gab einen Einzelfehler
- Es gab zwei isolierte Bitfehler
- Es gab 18 isolierte Bitfehler
- Es gab 47 isolierte Bitfehler
- Es gab einen 24 Bit langen Burstfehler
- Es gab einen 35 Bit langen Burstfehler.

Quelle: Tanenbaum

3.7 Übungsaufgabe: Analyse Ethernet-Rahmen

Erzeugen Sie in einem geeignetem Netzwerkszenario Ethernet-Traffic und zeichnen Sie diesen mit Wireshark auf.

- Finden Sie die Source und Destination MAC-Adresse im Ethernet-Header. Von welchem Hersteller stammen die Netzwerkkarten?
- Erzeugen Sie Unicast und Broadcast-Traffic. Woran erkennen Sie den Unterschied im Ethernet-Header?
- Welches Vermittlungsschicht-Protokoll ist in den Ethernet-Rahmen enthalten? Wo finden Sie diese Information im Ethernet-Header?
- Finden Sie alle Rahmen, bei denen Padding verwendet wurde. Wie groß ist der Rahmen?

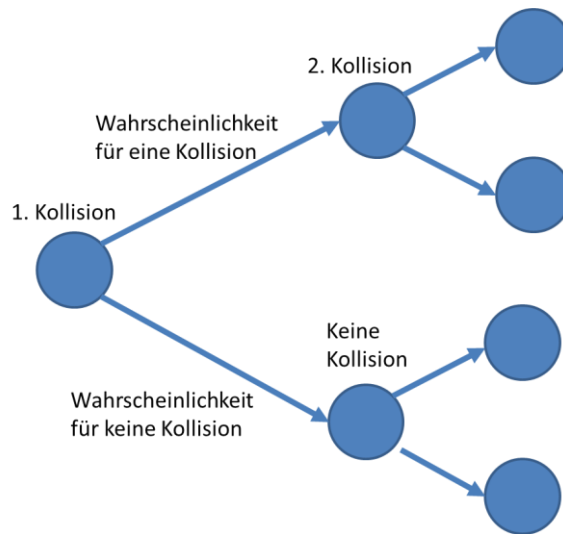
3.8 Übungsaufgabe: Binärer exponentieller Backoff-Algorithmus

Zwei CSMA / CD Stationen konkurrieren nach der Übertragung eines Rahmens um die Benutzung des Kanals und verwenden dazu den binären exponentiellen Backoff-Algorithmus.

- Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Konkurrenz nach n Kollisionen endet?
Hinweis: Verwenden Sie einen Wahrscheinlichkeitsbaum (s.u.) , tragen Sie die

Anzahl der Kollisionen 1,2,3,4,5 dort ein, berechnen die Wahrscheinlichkeiten und verallgemeinern Sie dann die Ausführungen.

b) Wie hoch ist die mittlere Anzahl Kollisionen in der Konkurrenzperiode?



3.9 Übungsaufgabe: Minimale Rahmengröße

Betrachten Sie das Design eines CSMA/CD-Netzes, das mit 1 Gbit/s über ein 1 km langes Kabel ohne Repeater läuft. Die Signalgeschwindigkeit im Kabel ist 200.000 km/s. Wie lautet die minimale Rahmengröße?

3.10 Übungsaufgabe: Ethernet-Rahmengröße

Ein IP-Paket, das über Ethernet (ohne LLC) übertragen werden soll, ist 60 Byte lang einschließlich aller Header. Muss der Ethernet-Rahmen mit Padding aufgefüllt werden, um die minimale Rahmengröße zu erreichen? Wenn ja, um wie viele Bytes?

3.11 Übungsaufgabe: Ethernet Capture Effekt

Zwei Stationen A und B versuchen, über ein Ethernet zu übertragen. Beide haben ständig sendebereite Frames anstehen. Die Frames von A werden im Folgenden mit A1, A2, ... durchnummeriert, die von B auf analoge Weise. Mit T bezeichnen wir die Basis-Wartezeit im binären exponentiellen Backoff-Algorithmus ($51,2 \mu\text{s}$).

Wir nehmen an, dass A und B gleichzeitig ihren ersten Frame (A1 bzw. B1) senden. Natürlich kollidieren A1 und B1, so dass A und B gemäß dem binären exponentiellen Backoff-Algorithmus warten und es dann erneut versuchen. Wir nehmen an, dass A (zufällig) eine Wartezeit von $0 \times T$ und B eine Wartezeit von $1 \times T$ gewählt hat. Das bedeutet, dass A das Rennen gewinnt und A1 übertragen kann, während B wartet. B versucht am Ende dieser Übertragung erneut, B1 zu übertragen, während A nun versucht, A2 zu übertragen. Diese Frames kollidieren wiederum, jetzt wählt A aber erneut zufällig eine Wartezeit von $0 \times T$ oder $1 \times T$ während B zufällig eine Wartezeit von $0 \times T$, ..., $3 \times T$ wählt (da es für A2 die erste, für B1 dagegen die zweite Kollision ist).

- Ermitteln Sie die Wahrscheinlichkeit, dass A dieses zweite Rennen gewinnt, d.h., die von A gewählte Wartezeit $k \times T$ also kleiner ist als die von B gewählte Zeit $l \times T$. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass B gewinnt?
- Angenommen, A gewinnt auch das zweite Rennen und überträgt A2. Wenn A fertig ist, kollidieren A und B wieder, weil A nun versucht, einen neuen Frame A3 zu übertragen, während B immer noch B1 senden will. Mit welcher Wahrscheinlichkeit gewinnt A dieses dritte Rennen? Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass B gewinnt?
- Angenommen, A hat die Rennen 1, ..., $n - 1$ bereits gewonnen, wie hoch ist dann die Wahrscheinlichkeit, dass A auch das n -te Rennen gewinnt?
- Was passiert in diesem Szenario letztlich mit Frame B1?
- Nach jedem erfolgreichen Übertragungsversuch wartet ein Host nun einen oder zwei Zeitschlitze, bevor er mit einer Neuübertragung beginnt, andernfalls nutzt er die bekannte Weise.
 - Erklären Sie, warum der Capture-Effekt jetzt weniger wahrscheinlich ist.
 - Erläutern Sie, auf welche Weise diese neue Strategie dazu führen kann, dass zwei Hosts das Ethernet in Beschlag nehmen, also abwechselnd übertragen und einen dritten Host aussperren.

3.12 Übungsaufgabe: Ethernet Rahmengröße und Verzögerungszeiten

Ein Ethernet-Netzwerk besteht aus einem Hub und zwei Arbeitsstationen A1 und A2, die über max. 100 m lange Leitungen angeschlossen sind. Die Paketgröße beträgt mindestens 64 Bytes. Die Daten werden mit 10 Mbit/s übertragen. Das Signal pflanzt sich auf den Leitungen mit 2/3 Lichtgeschwindigkeit fort.

A1 ===== HUB ===== A2

- Über welchen Mindestzeitraum wird eine sendende Station (i) nach dem Ethernet-Standard bzw. (ii) nach den obigen Vorgaben Kollisionsüberwachung betreiben?
- Welche Verzögerungszeit darf der Hub zwischen zwei Anschlüssen maximal haben, damit eine sichere Kollisionserkennung gewährleistet ist?
- Wir haben gesehen, dass beim 10 Mbit/s Ethernet mit einer RTT von 51,2 μ s die minimale Framegröße 512 Bit betragen muss, damit Kollisionen sicher erkannt werden können. Wenn diese Zeit unverändert übernommen würde, welche minimale Rahmengröße ergäbe sich dann für die neuen Ethernet-Generationen mit 100 MBit/s und 1 GBit/s?

Welche Nachteile ergeben sich durch die neuen minimalen Rahmengrößen?

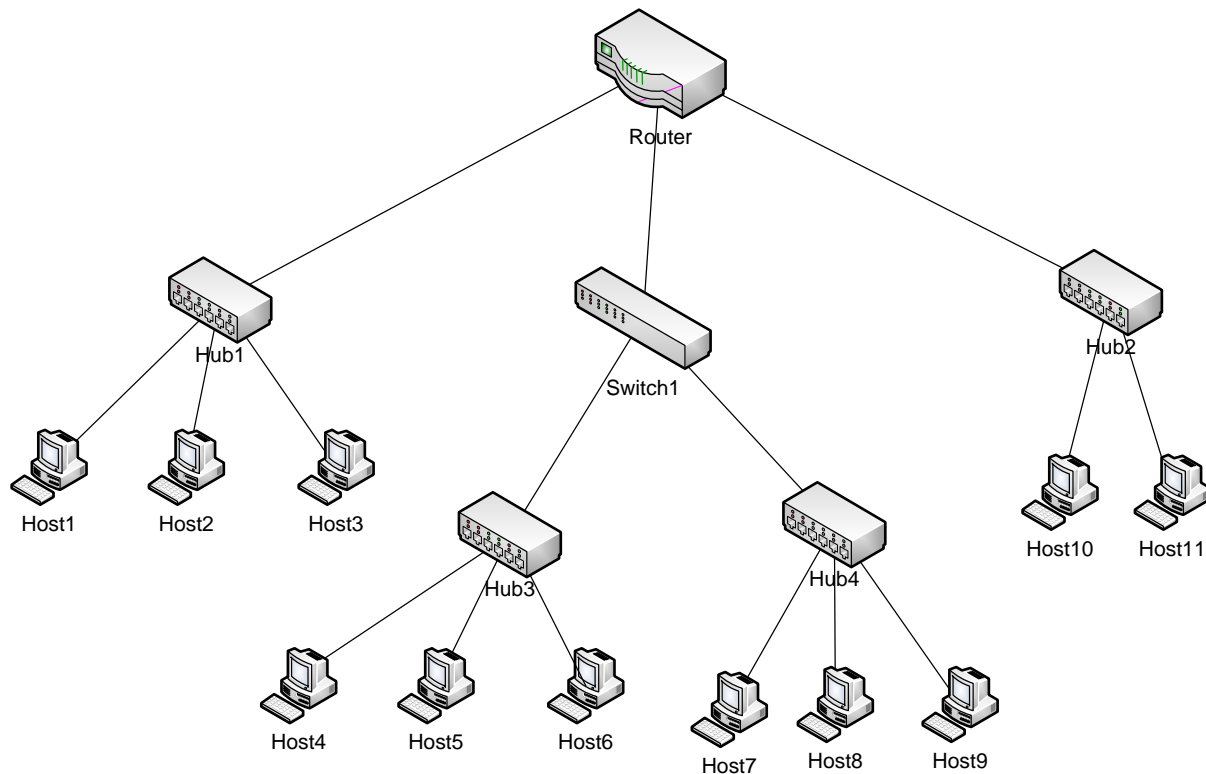
3.13 Übungsaufgabe: CSMA / CD – effektive Datenübertragungsrate

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit in einem 1 km langen CSMA/CD-LAN (kein Ethernet) mit 10 Mbit/s beträgt 200 m/ μ s. Repeater werden nicht verwendet. Die Rahmen sind 256 Bit lang, inkl. 32 Bit für Header, Prüfsumme und sonstigen Overhead. Der erste Zeitschlitz nach jeder erfolgreichen Übertragung ist für den Empfänger reserviert, der dann den Kanal belegt und einen 32 Bit-Bestätigungsrahmen sendet.

Wie hoch ist die effektive Datenübertragungsrate ohne den Overhead unter der Annahme, dass keine Kollisionen auftreten?

3.14 Übungsaufgabe: Broadcast- und Kollisionsdomänen & VLANs

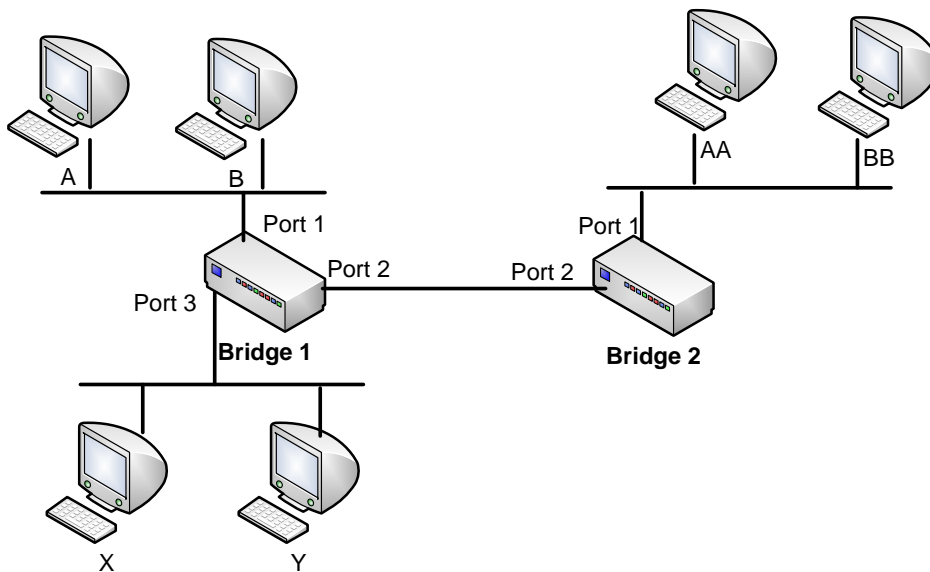
- Zeichnen Sie in das angegebene Netz alle Kollisions- und alle Broadcastdomänen der Sicherungsschicht ein.
- Wiederholen Sie Teilaufgabe a) unter der Voraussetzung, dass alle Hubs durch Switche ersetzt wurden und Host 4,8 in einem virtuellen LAN VLAN1 und 5, 6,7,9 in VLAN2 sind.
- Führen Sie wichtigste Vor- und Nachteile von VLANs auf und diskutieren Sie diese.



3.15 Übungsaufgabe: Selbstlernende Bridges

Eine Bridge verbindet zwei oder mehr Teilnetze und leitet die empfangenen Rahmen an alle ihre Ports weiter, außer an den Eingangsport. Die folgende Abbildung zeigt zwei selbstlernende Bridges, d.h., immer wenn sie einen Rahmen empfangen, merken sie sich den Sender und die Portnummer des Empfangs.

Die Bridges kennen zunächst keine Zuordnungen. Es findet jetzt die Kommunikation statt, wie in der Tabelle dargestellt. Angegeben sind jeweils Sender und Empfänger des Rahmens. Die Bridges senden nun je nach Lernstatus den Rahmen an einen, mehrere oder keinen der Ausgabeports. Geben Sie zu jeder Sendung an, zu welchen/m Port(s) die Übertragung kopiert wird und was die Bridges dabei lernen. Füllen Sie dazu die Tabelle aus. Die erste Zeile gibt ein Beispiel.



Sender	Empfänger	Weitergabe an Bridge 1 Port 1	Weitergabe an Bridge 1 Port 2	Weitergabe an Bridge 1 Port 3	Weitergabe an Bridge 2 Port 1	Weitergabe an Bridge 2 Port 2	Gelernt
A	B	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	B1: A an P1 B2: A an P2
AA	B						
X	A						
Y	BB						
BB	AA						
B	X						
AA	B						

3.16 Übungsaufgabe: Fehlerrate IEEE 802.11

Angenommen ein IEEE 802.11b-LAN mit 11 Mbit/s überträgt 64-Byte-Rahmen direkt hintereinander über einen Funkkanal mit der Fehlerrate 10^{-7} pro Bit. Wie viele Rahmen pro Sekunde werden im Durchschnitt beschädigt?

3.17 Übungsaufgabe: WLAN & Wireshark

Verwenden Sie Wireshark und das über StudIP zur Verfügung gestellte WLAN-Capture zum Beantworten der folgenden Aufgaben. Betrachten Sie dazu die einzelnen IEEE 802.11-Rahmen.

- Wie lauten die verwendeten BSSIDs?
- Wie lauten die verwendeten SSIDs?
- Finden Sie einen Rahmen mit drei unterschiedlichen MAC-Adressen und erklären Sie, warum drei Adressen verwendet werden.
- Zeigen Sie die Checksum eines Rahmens.
- Finden Sie Rahmen, die einen unterschiedlichen Typ und Subtyp aufweisen. Welche Typen und Subtypen finden Sie?
- Welche Duration haben ACK-Rahmen?
- Welcher Rahmen hat die längste Duration?
- Zeigen Sie Rahmen, in denen eine Station in den Stromsparmodus gehen will.
- Zeigen Sie alle Rahmen mit gesetztem "Protected Flag".

3.18 Übungsaufgabe: WLAN: SSID und BSSID

Verwenden Sie folgenden Befehl auf einem Rechner mit WLAN-Karte und interpretieren Sie die Ergebnisse:

```
netsh wlan show networks mode=BSSID
```

Hinweis: Der Befehl gilt für Windows 7, bei anderen Betriebssystemen ähnlich.