

Kommunikationssysteme WS 23/24

Übungsblatt 4

Maximilian Amthor

Themen

- ❑ Fragmentierung von Paketen
- ❑ IP Adressen

Aufgabe 4.1

- ❑ Was ist der Hauptvorteil bei der Verwendung von virtuellen Paketen an Stelle von Frames?

- ❑ Vorteile virtueller Pakete:
 - ❖ Pakete dienen dem gleichen Zweck im Internet wie Frames im LAN
 - ❖ Pakete haben ein uniformes, hardwareunabhängiges Format
 - ❖ Pakete ermöglichen die kombinierte Sammlung physischer Netzwerke in ein einzelnes virtuelles Netzwerk
 - ❖ Virtuell (nicht an spezifische Hardware gebunden)
 - ❖ Universell (jeder Host/Router implementiert Protokolle, die Pakete interpretieren)

Aufgabe 4.2

- a) Warum wird Fragmentierung für das Internet aber nicht für ein typisches WAN benötigt?
- b) Warum werden Fragmente erst beim Empfänger wieder verschmolzen und nicht bereits an einem Router (soweit die MTU dies zulässt)?
- c) Nehmen Sie an, dass ein Datagram N Router passiert. Wie viele Male wird das Datagram eingekapselt?

Aufgabe 4.2 a)

- a) Warum wird Fragmentierung für das Internet aber nicht für ein typisches WAN benötigt?
- ❑ Internet ermöglicht Kommunikation zwischen **heterogenen Netzwerken** (verschiedene Hardware Technologien und dementsprechend unterschiedliche Frame Formate)
 - ❑ Jedes Frame Format definiert unterschiedliche **maximum transmission unit (MTU)**
 - ❑ Fragmentierung wird benötigt, um zu große Datagramme entsprechend der MTU aufzuteilen
 - ❑ Typisches WAN ist ein **homogenes Netzwerk** (nur eine MTU, keine Fragmentierung notwendig), das viele Sites über große Distanzen verbindet

Aufgabe 4.2 b)

- b) Warum werden Fragmente erst beim Empfänger wieder verschmolzen und nicht bereits an einem Router (soweit die MTU dies zulässt)?
- ❑ Router soll Pakete schnellstmöglich weiterleiten und nicht mit zusätzlichen Aufgaben belastet werden
 - ❑ Router muss auf diese Weise nicht zwischen kompletten Paketen und Fragmenten unterscheiden
 - ❑ Einzelne Fragmente können über verschiedene Routen das gemeinsame Ziel erreichen (dynamische Routenanpassung) (Verschmelzung beim Router würde erfordern, dass alle Fragmente die gleiche Route nehmen)

Aufgabe 4.2 c)

- c) Nehmen Sie an, dass ein Datagramm N Router passiert. Wie viele Male wird das Datagramm eingekapselt?
- ❑ Sender kapselt Datagramm in netzwerkspezifisches Paket und überträgt Datagramm zum Next-Hop
 - ❑ Next-Hop extrahiert Datagramm, verwirft Frame und kapselt Datagramm in neues Paket für die Übertragung zum Next-Hop über ein anderes Netzwerk bis Ziel erreicht ist
 - ❑ Insgesamt bei N Routern: $N + 1$ Einkapselungen

Aufgabe 4.3

- a) Wie werden im IP Standard die Fehler Duplikate, Verlust und Reihenfolgenvertauschung von Fragmenten erkannt und behoben?
- b) Warum kann der Verlust eines Fragments nicht einfach durch wiederholtes Senden behoben werden?
- c) Was versteht man unter ICMP?

Aufgabe 4.3 a)

- a) Wie werden im IP Standard die Fehler Duplikate, Verlust und Reihenfolgenvertauschung von Fragmenten erkannt und behoben?
- ❑ Fragment wird eindeutig anhand IP-Identifikationsnummer, Flag und Fragment Offset identifiziert
 - ❖ Reassembly mit diesen Daten und SourceAddress möglich
 - ❖ Duplikate und Reihenfolgenvertauschung deshalb problemlos lösbar

Aufgabe 4.3 a)

a) Wie werden im IP Standard die Fehler Duplikate, Verlust und Reihenfolgenvertauschung von Fragmenten erkannt und behoben?

□ Timer für ankommende Fragmente

- ❖ Verwerfen eines Frames, falls nicht alle Fragmente innerhalb des Timeouts komplett eingetroffen
- ❖ Verlust eines Fragments wird behandelt wie Verlust des kompletten Datagramms

Aufgabe 4.3 b)

b) Warum kann der Verlust eines Fragments nicht einfach durch wiederholtes Senden behoben werden?

- ❑ Sender kennt Fragmentierung u.U. nicht
- ❑ Fragmente können weiter fragmentiert werden
- ❑ Fragmente können unterschiedliche Pfade mit unterschiedlichen MTUs nehmen -> könnte bei erneutem Senden unterschiedlich (erneut) fragmentiert werden

Aufgabe 4.3 c)

c) Was versteht man unter ICMP?

- ❑ In IP integriertes Protokoll zur Übertragung von Fehler- und Informationsnachrichten
- ❑ ICMP Nachrichten sind in IP-Payload gekapselt
- ❑ Beispiele für ICMP Nachrichten:
 - ❖ Ziel unerreichbar
 - ❖ Fragmentierung notwendig

Ergänzung

- Ist die Anzahl der Fragmente eines IP-Pakets unbegrenzt oder begrenzt?

IP Datagram Header

0	4	8	16	19	24	31
VERS	H. LEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH			
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET		
TIME TO LIVE		TYPE	HEADER CHECKSUM			
SOURCE IP ADDRESS						
DESTINATION IP ADDRESS						
IP OPTIONS (MAY BE OMITTED)					PADDING	
BEGINNING OF DATA : :						

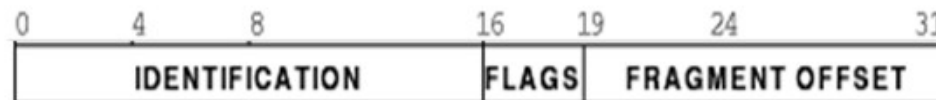
- ❑ VERS: IP-Version (e.g. 4)
- ❑ H.LEN: Header Länge (in 32-Bit-Einheiten)
- ❑ SERVICE TYPE: Senderwunsch nach geringerer Latenz, hoher Zuverlässigkeit (selten benutzt)
- ❑ TOTAL LENGTH: Anzahl der Oktetts im Datagramm
- ❑ IDENT (16 Bits), FLAGS (3 Bits), FRAGMENT OFFSET (13 Bits):
 - ❑ wird benutzt bei Fragmentierung
- ❑ TTL: Time to Live - wird in jedem Router dekrementiert, Datagramm wird bei TTL=0 verworfen
- ❑ TYPE: Protokolltyp des Folgeprotokolls, Z.B. UDP (Wert 17), TCP (Wert 6)
- ❑ HEADER CHECKSUM: Einerkomplement der Einerkomplementsumme des Headers
- ❑ SOURCE IP ADDRESS, DESTINATION IP ADDRESS: IP_Adresse Sender, Empfänger
- ❑ IP OPTIONS: Zusatzinformationen (z.B. Time Stamp,...)
- ❑ PADDING: Auffüllen mit 0 bis zur 32-Bit-Grenze

Ergänzung

- ❑ Ist die Anzahl der Fragmente eines IP-Pakets unbegrenzt oder begrenzt?
- ❑ IDENTIFICATION: 16-Bit-Zahl
 - ❖ Identifiziert IP-Datagramm eindeutig (Fragmente eines Datagramms erhalten dieselbe Identifikationsnummer)
- ❑ FLAGS: 3-Bit-Feld

Bit 0	Bit 1	Bit 2
Reserviert	0 Fragmentierung erlaubt 1 Fragmentierung verboten	0 letztes Fragment 1 weitere Fragmente

- ❑ FRAGMENT OFFSET: 13-Bit-Feld
 - ❖ Enthält die Größe des Offsets gemessen in Fragment Blöcken



Ergänzung

- ❑ In wie viele Fragmente kann ein einzelnes IP Paket höchstens unterteilt werden?

- ❑ FRAGMENT OFFSET: 13-Bit-Feld
 - ❖ Größe des Offsets in Fragment-Blöcken
 - ❖ Fragment Block ist eine Einheit von 8 Byte (64 Bit)
 - ❖ Fragment Offset 13 Bit $\rightarrow 2^{13} \rightarrow 8192$ Fragment Blöcke adressierbar

- ❑ D.h.: maximale Datagrammlänge von 65535 Bytes kann adressiert werden

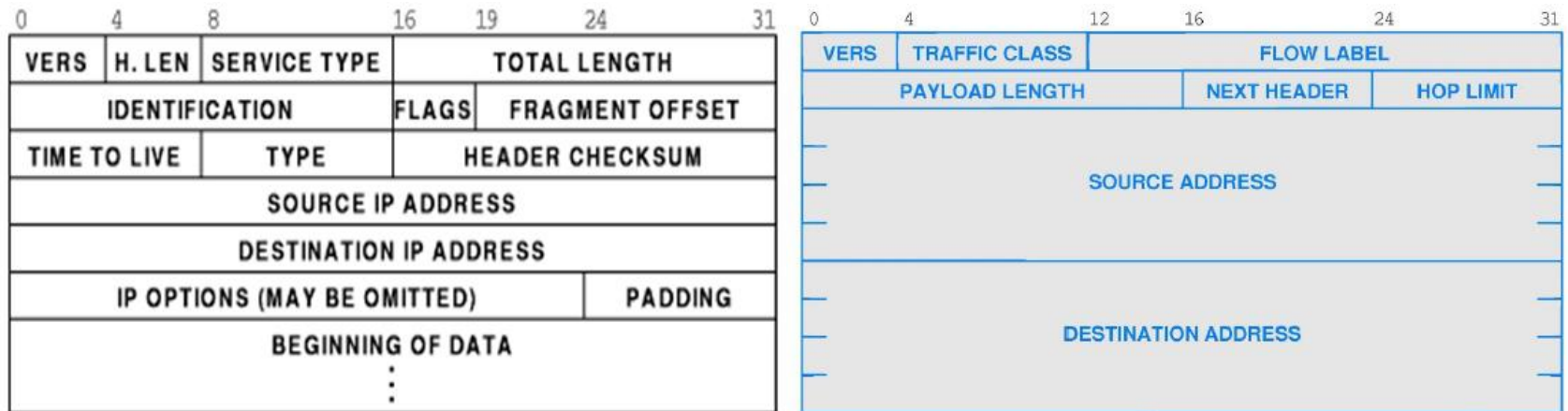
Beispiel

- Fragmentierung eines 4000 Byte Datagrams im Ethernet mit 1500 Byte MTU

Fragment	Payload	ID	Flag	Offset
Original	3980	777	000	0
1. Fragment	1480	777	001	0
2. Fragment	1480	777	001	185
3. Fragment	1020	777	000	370

Ergänzung IPv6

□ Unterschiede zwischen IPv4 und IPv6?



- Overhead doppelt so groß bei IPv6
 - 40 Byte Header vs. 20 Byte Header
- Keine Fragmentierung bei IPv6 (an den Routern)
- Keine Prüfsumme bei IPv6

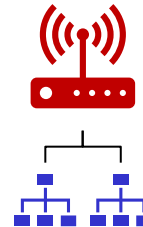
Aufgabe 4.4

- a) Wenn ein gegebener Router maximal K Netzwerke verbinden kann, wie viele Router R werden dann benötigt, um N Netzwerke zu verbinden? Geben Sie in Tabellenform die Anzahl R an, falls $K = 2, 3, 4, 5$ und $N = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ ist.
- b) Leiten Sie eine Formel her, die R für gegebenes K und N berechnet!

Aufgabe 4.4 a)

- Bis zu $K = 2$ Netzwerke am Router
- $N = 2$ Netzwerke

- $R = 1$ Router notwendig



Geht mehr? (also $N > 2$)

- Nein
 - ❖ Jeder weitere Router „kostet“ 2 Anschlüsse, fügt aber auch nur 2 hinzu

Aufgabe 4.4 a)

□ Tabellen für $K \geq 3$

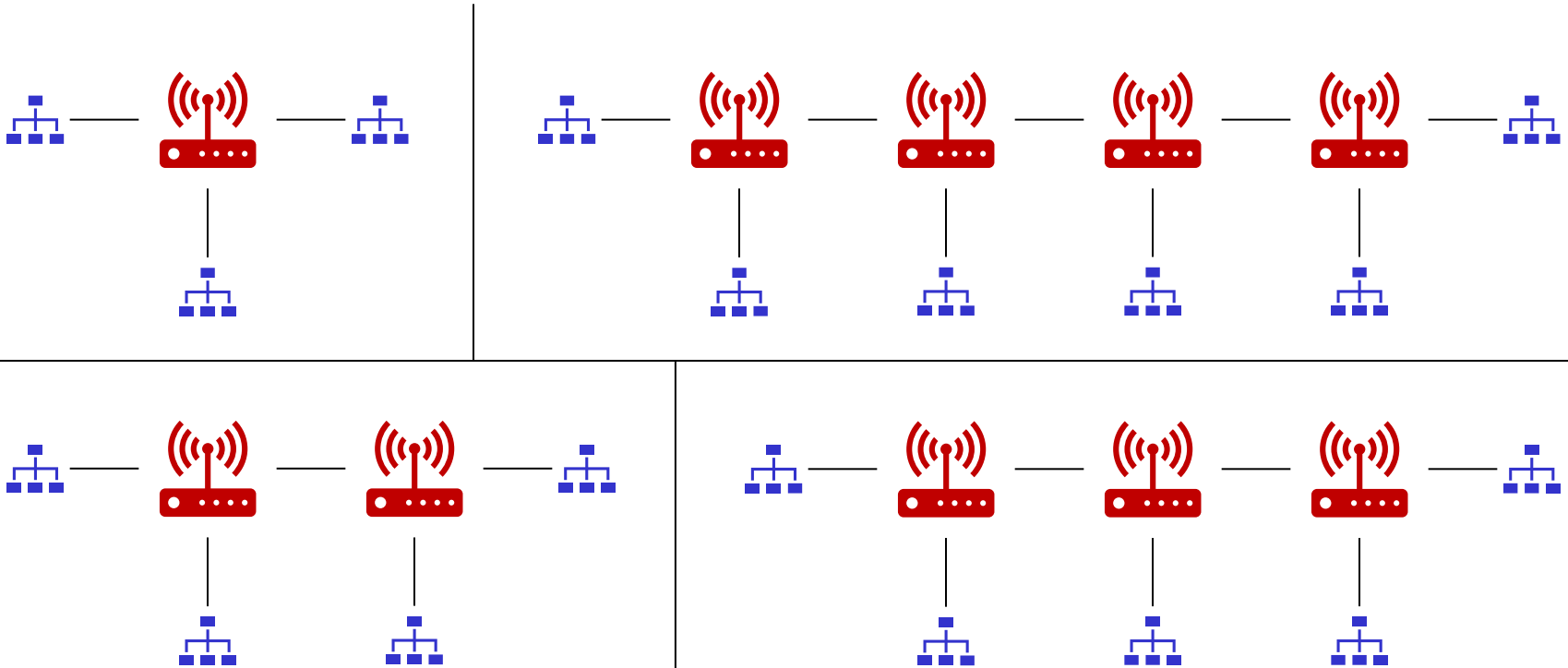
K	N	R
3	≤ 3	1
	4	2
	5	3
	6	4
	7	5
	8	6
	9	7
	10	8
	11	9
	12	10

K	N	R
4	≤ 4	1
	5	2
	6	
	7	3
	8	
	9	4
	10	
	11	5
	12	

K	N	R
5	≤ 5	1
	6	2
	7	
	8	
	9	3
	10	
	11	
	12	4

Aufgabe 4.4 a)

- Bis zu $K = 3$ Netzwerke am Router
- $N = 3, 4, 5, 6, \dots$ Netzwerke



Aufgabe 4.4 b)

- Zusammenfassung
- Angenommen jeder Router kann K Netzwerke verbinden
- Für die ersten K Netzwerke wird ein Router benötigt
- Jeder weitere Router kann $K - 2$ Netzwerke einbinden
 - ❖ Es sind je 2 Anschlüsse zum Verbinden der Router erforderlich
- Die 2 Enden der „Router-Kette“ sind frei
 - ❖ Stehen für Netzwerke zur Verfügung

Aufgabe 4.4 b)

□ Als Formel:

Für $N \leq K$ und $K > 2$:

$$R = 1$$

Für $N > K$ und $K > 2$:

$$R = \left\lceil \frac{N - 2}{K - 2} \right\rceil$$

ceiling-Operator: kleinste Ganzzahl, größer oder gleich dem übergebenen numerischen Ausdruck

Ergänzung

- Angenommen, ein TCP/IP Internet besteht aus zwei durch einen Router verbundenen Netzwerken. An jedes Netzwerk sei ein Computer angeschlossen. Geben Sie an, welchen Protokollstapel die Computer und der Router jeweils verwenden!

Protokollstapel		
Netzwerk 1 Computer 1	Router	Netzwerk 2 Computer 2

Ergänzung

- Angenommen, ein TCP/IP Internet besteht aus zwei durch einen Router verbundenen Netzwerken. An jedes Netzwerk sei ein Computer angeschlossen. Geben Sie an, welchen Protokollstapel die Computer und der Router jeweils verwenden!

Protokollstapel		
Netzwerk 1 Computer 1	Router	Netzwerk 2 Computer 2
5		5
4		4
3	3	3
2	2	2
1	1	1

Aufgabe 4.5

- a) Sie bekommen einen /28 IPv4 Adressblock von ihrem ISP zugeteilt. Wie vielen Computern können Sie aus diesem Block Adressen zuweisen? Wie würde ein gleichgroßer Adressblock für IPv6 bezeichnet werden?
- b) Ein ISP besitzt einen /22 IPv4 Adressblock. Ist es möglich 6 Kunden mit jeweiligen Anforderungen von 9, 15, 20, 41, 128 und 260 Computern einen entsprechenden Adressraum zur Verfügung zu stellen? Erklären Sie ihre Antwort.

Aufgabe 4.5 a)

- ❑ Was bedeutet „/28“?
- ❑ /28 bedeutet: Die ersten 28 Bits der Adresse sind der Netzanteil
- ❑ Subnetzmaske: 255.255.255.240

11111111.11111111.11111111.11110000

$$2^4 = 16$$

Aufgabe 4.5 a)

- ❑ Wie vielen Computern können Sie aus diesem Block Adressen zuweisen?
- ❑ 4 Bit, also $2^4 = 16$ Maschinen
- ❑ Davon abziehen:
 - ❖ Network (alle Hostanteil-Bits auf „0“)
 - ❖ Broadcast (alle Hostanteil-Bits auf „1“)
- ❑ Es verbleiben **14 Computer**

Aufgabe 4.5 a)

- ❑ Wie würde ein gleichgroßer Adressblock für IPv6 bezeichnet werden?

- ❑ IPv6-Adresse besteht aus 128 Bits
- ❑ 4 Bits sollen wieder für Subnetz reserviert werden ($128 - 4 = 124$)

- ❑ **/124**

Aufgabe 4.5 b)

- /22-Block; 6 Kunden mit je 9, 15, 20, 41, 128, 260 möglich?

- /22 bedeutet Subnetzmaske 255.255.252.0
 - ❖ Es bleiben 10 Bit → 1024 Maschinen

- $9 + 15 + 20 + 41 + 128 + 260 = 473 \leq 1024$
 - ❖ Sollte problemlos passen

Ja/Nein und warum?

Aufgabe 4.5 b)

□ /22-Block; 6 Kunden mit je 9, 15, 20, 41, 128, 260 - tatsächliche Aufteilung

□ Also:

- ❖ $9 \rightarrow 16$
- ❖ $15 \rightarrow 32$ (warum nicht 16?)
- ❖ $20 \rightarrow 32$
- ❖ $41 \rightarrow 64$
- ❖ $128 \rightarrow 256$ (warum nicht 128?)
- ❖ $260 \rightarrow 512$

Aufgabe 4.5 b)

□ /22-Block; 6 Kunden mit je 9, 15, 20, 41, 128, 260 - tatsächliche Aufteilung

□ Also:

- ❖ $9 \rightarrow 16$
- ❖ $15 \rightarrow 32$ (warum nicht 16?)
- ❖ $20 \rightarrow 32$
- ❖ $41 \rightarrow 64$
- ❖ $128 \rightarrow 256$ (warum nicht 128?)
- ❖ $260 \rightarrow 512$

□ $512 + 256 + 64 + 32 + 32 + 16 = \mathbf{912} \leq \mathbf{1024}$

Aufgabe 4.5 b)

- /22-Block; 6 Kunden mit je 9, 15, 20, 41, 128, 260 - mögliche Aufteilung

Rest der IP	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	Anzahl PCs
?	0	0	0	0	0	.	.	.	.	.	15
?	0	0	0	0	1	.	.	.	.	.	20
?	0	0	0	1	.	.	.	.	.	.	41
?	0	0	1	0	0	0	.	.	.	.	9
?	0	1	.	.	.	.	.	.	.	.	128
?	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	260